Governador do Estado
Mário Covas

Secretário de Agricultura e Abastecimento
Antonio Cabrera Mano Filho

Secretário Adjunto
Rodrigo Garcia

Chefe de Gabinete
Luiz Carlos Giotto Pannunzio

Coordenador/Assistência Técnica Integral
José Roberto Graziano

Diretor/Centro de Comunicação Rural
Persival dos Santos (substituto)

APRESENTAÇÃO

A agricultura do Estado de São Paulo vem-se desenvolvendo num quadro de negligência com os seus recursos naturais. Da cobertura vegetal original de florestas naturais, hoje restam somente 5%. Cerca de 62% do solo agrícola do Estado vem sendo cultivado, intermitentemente, por diversas gerações. Em conseqüência, problemas como a compactação do solo, a erosão, a excessiva perda de água por escorrimento, o surgimento de voçorocas e assoreamento dos rios e córregos que abastecem os centros urbanos, vêm preocupando tanto os produtores agrícolas quanto o governo. Além disso, o aumento dos custos de produção, com as perdas de nutrientes, cuja reposição onera o agricultor, gera a queda da rentabilidade agrícola e, conseqüentemente, queda da qualidade de vida do agricultor, obrigando-o a deixar a atividade agrícola, consumando-se o êxodo rural.

Com a erosão, São Paulo perde a cada ano 194 milhões de toneladas de terras férteis, sendo 40 milhões de toneladas para fundo de rios, lagos, etc. Isso representa a perda de 20cm de solo de uma área de 100.000ha (cerca de 500 fazendas de 200ha). Em termos de nutrientes que são perdidos nessas terras, equivale em termos de fertilizantes da ordem de U$ 200 milhões.

A erosão representa perdas de 10kg de solo para cada quilo de soja produzida, ou 12kg de solo para a produção de 1 quilo de algodão, ou 5kg de solo para a produção de 1 quilo de milho.

Em termos de água, perde-se por ano em forma de enxurrada um volume de 10 bilhões de metros cúbicos por ano, ou seja, o equivalente a um rio com vazão de $314 m^3/s$ durante um ano, ou um lago de 90km x 5km x 20m, dando para abastecer 100 milhões de habitantes em um ano.

Através do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas, os governos Estadual e Municipal e as associações de agricultores estão iniciando um trabalho visando adequar o aumento da produção de alimentos para atender ao consumo interno e gerar excedentes para o mercado externo, melhorando o padrão de vida do agricultor e, ao mesmo tempo, utilizando de modo racional e integrado os recursos naturais - solo, água, flora e fauna.

Pretende-se, neste manual, apresentar de maneira sucinta os problemas que vêm ocorrendo com nossos recursos naturais e as soluções cabíveis com base nas tecnologias disponíveis, desenvolvidas ou adaptadas para as condições físicas e socioeconômicas do Estado de São Paulo.

Os coordenadores esperam que este manual seja útil a todos os envolvidos no Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas e servir como um guia para melhor utilização dos recursos naturais.

É desejo sincero que este manual propague os princípios da conservação do solo e ajude a despertar a mentalidade conservacionista.

Francisco Lombardi Neto
Mário Ivo Drugowich
coordenadores do Manual

GOVERNADOR DO ESTADO
Mário Covas

SECRETÁRIO DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
Antonio Cabrera Mano Filho

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL
Coordenador - José Roberto Graziano

COORDENADORIA DA PESQUISA AGROPECUÁRIA
Coordenador - Ondino Cleante Bataglia

COORDENADORIA SÓCIO-ECONÔMICA
Coordenador - Natanael Miranda dos Anjos

COORDENADORIA DO ABASTECIMENTO
Coordenadora - Zuleica Maria Lisboa Perez

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA DE SÃO PAULO
Presidente - Antônio Fernando dos Reis

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO
Diretor Presidente - Massahaki Shimada

CÂMARA TÉCNICA DO PROGRAMA ESTADUAL DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

Gerente Estadual: João Sálvio Netto
Gerente Técnico: Dorival Bertolini
Gerente Administrativo - Financeiro: Neusa Marcondes Donatti
Responsáveis pelos componentes:
- Extensão Rural: Eduardo Lara Campos (CATI/DEXTRU-CTRN)
- Pesquisa Adaptativa e Mapeamento Agrícola: Francisco Lombardi Neto (CPA/IAC) e Pedro Luiz Donzelli (CPA/IAC)
- Adequação de Estradas Rurais: Luiz Ricardo Viegas de Carvalho (CODASP)
- Desenvolvimento Florestal e Fiscalização Estadual do Meio Ambiente: Rames Elias (CATI/DSMM-CPM)
- Fundo de Incentivo para o Manejo e Conservação do Solo e Controle da Poluição: Neusa Marcondes Donatti (GSAA) e Dorival Bertolini (CATI)
- Treinamento e Comunicação: Arlei Arnaldo Madeira (CATI/CETATE) e Persival dos Santos (CATI/CECOR)
- Administração, Acompanhamento e Avaliação: Marlene Teixeira de Souza (GSAA) e Bastian Reydon (Unicamp)
- Infra-Estrutura de Distribuição de Calcário: Mário Ivo Drugowich (CATI/DEXTRU-CTRN)

SUMÁRIO GERAL

VOLUME I

EMBASAMENTO TÉCNICO DO PROGRAMA ESTADUAL DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

Página

APRESENTAÇÃO i
LISTA DE FIGURAS ii
LISTA DE QUADROS ii
1. INTRODUÇÃO 1
2. EROSÃO HÍDRICA 2
2.1. Erosividade das chuvas 3
2.2. Erodibilidade do solo 4
2.3. Topografia do terreno 5
2.4. Uso e manejo do solo 5
3. DEGRADAÇÃO DO SOLO 8
4. BAIXA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA 9
4.1. Uso incorreto e inadequado de corretivos e fertilizantes 10
4.2. Técnicas culturais inadequadas 10
4.3. Erosão 10
4.4. Fatores climáticos 10
5. POLUIÇÃO DE MANANCIAIS 10
6. ENCHENTES 11
7. ESTRATÉGIA DE AÇÃO DO PROGRAMA 11
8. PLANEJAMENTO DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS E PROPRIEDADES AGRÍCOLAS 12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 15

VOLUME II

POTENCIALIDADES AGRÍCOLAS DAS TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Página

APRESENTAÇÃO i
LISTA DE FIGURAS ii
LISTA DE QUADROS iii

HIDROLOGIA, CLIMATOLOGIA E AGROMETEOROLOGIA

1. INTRODUÇÃO 1
2. HIDROLOGIA DE SUPERFÍCIE 1
2.1. Conceitos básicos 2
2.2. Algumas técnicas de análise, usadas em hidrologia de superfície 10
2.3. Material mínimo necessário 22
2.4. Órgãos públicos de controle e estudo 22
3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS GERAIS 23
3.1. Classificação climática 24
3.2. Temperatura 25
3.3. Precipitação pluviométrica 27
3.4. Intensidade máxima de chuva 28
3.5. Balanço hídrico 33
3.6. Potencialidade erosiva das chuvas 36
3.7. Considerações finais 41
4. LEVANTAMENTO DE DADOS TERMOPLUVIOMÉTRICOS 41
5. INSTALAÇÃO DE POSTOS TERMOPLUVIOMÉTRICOS 44
5.1. Precipitação pluviométrica (chuva) 44
5.2. Temperatura do ar 47
6. ESTIMATIVA DAS TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS DAS MÁXIMAS E DAS MÍNIMAS 52
7. BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO 54
7.1. Escolha do valor de armazenamento máximo 55
7.2. Roteiro para cálculo do balanço hídrico 56
7.3. Interpretação do gráfico do balanço hídrico 57
7.4. Balanço hídrico seriado 59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 68

SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

1. NATUREZA E FUNÇÕES DE UM SOLO 70
1.1. Partículas minerais e orgânicas 70
1.2. Água do solo 71
1.3. Ar do solo 72
2. ORIGEM E FORMAÇÃO DO SOLO 73
2.1. Intemperização 73
2.2. Formação dos solos 73
2.3. Fatores de formação do solo 74
3. PERFIL E HORIZONTES 77

Página

3.1. Subdivisão dos Horizontes 80
3.2. Ocorrências Especiais 80
4. PROPRIEDADES DO SOLO 81
4.1. Textura 81
4.2. Classificação textural do "material do solo" 81
4.3. Estrutura 81
4.4. Cor 82
4.5. Consistência 82
4.6. "Cerosidade" ou filmes de argila ("Clay Skins") 83
5. PROCESSOS DE FORMAÇÃO DOS SOLOS 83
5.1. Podzolização 83
5.2. Latossolização 84
5.3. Hidromorfização 85
6. CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS 85
6.1. Classificação dos solos, usada no levantamento de reconhecimento publicado em 1960 86
6.2. Apreciações gerais sobre as características dos solos limitantes ao uso agrícola 104
6.3. Classificação de solos nos atuais levantamentos pedológicos 106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 118

CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA

1. INTRODUÇÃO 121
2. CAPACIDADE DE USO DE TERRAS 122
2.1. Levantamento do meio físico 124
2.2. Representação Cartográfica 137
2.3. Planejamento Conservacionista 140
3. CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO 142
3.1. Aptidão Agrícola 144
4. CLASSIFICAÇÃO PARA FINS CONSERVACIONISTAS 147
4.1. Grupos de solos e suas qualidades e características para fins conservacionistas 147
5. CONSEQÜÊNCIAS DA UTILIZAÇÃO E DO MANEJO INADEQUADOS DOS RECURSOS NATURAIS 150
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS, POTENCIAL AGRÍCOLA, USO E MANEJO 151
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 154

UTILIZAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS E DE MAPAS NO PLANEJAMENTO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

1. INTRODUÇÃO 157
2. DELIMITAÇÃO DA BACIA 157
3. REDE DE DRENAGEM 160
4. SISTEMA VIÁRIO E BENFEITORIAS 161
5. VEGETAÇÃO 162
6. SOLOS 164
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 168

VOLUME III

TECNOLOGIAS PARA AUMENTAR A COBERTURA VEGETAL E A INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Página

APRESENTAÇÃO i
LISTA DE FIGURAS ii
LISTA DE QUADROS iii
LISTA DE TABELAS iv

PRODUÇÃO VEGETAL

1. INTRODUÇÃO 1
2. PRODUTIVIDADE DE ALGUMAS CULTURAS 1
2.1. Causas aparentes da baixa produtividade das culturas 2
3. POPULAÇÃO DE PLANTAS 4
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 4

CALAGEM E ADUBAÇÃO QUÍMICA

1. INTRODUÇÃO 5
2. AMOSTRAGEM DE SOLO 5
2.1. Glebas a amostrar 6
2.2. Freqüência e época de amostragem 6
2.3. Local e profundidade de amostragem 6
2.4. Amostras compostas 6
2.5. Remessa da amostra de solo ao laboratório 6
3. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO 7
4. INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO 7
4.1. Fósforo e potássio 7
4.2. Acidez, cálcio e magnésio 8
4.3. Outros nutrientes 9
5. CRITÉRIOS PARA CALAGEM E ADUBAÇÃO 9
5.1. Calagem 9
5.2. Adubação orgânica 10
5.3. Adubação com nitrogênio, fósforo e potássio 10
5.4. Adubação com enxofre e micronutrientes 10
6. TABELAS DE ADUBAÇÃO E CALAGEM 11
6.1. Algodão 11
6.2. Amendoim 12
6.3. Arroz-de-sequeiro 13
6.4. Arroz irrigado 13
6.5. Café 14
6.6. Cana-de-açúcar 16
6.7. Citros 17
6.8. Feijão 19
6.9. Leguminosas e Adubos Verdes 20
6.10. Milho 20

Página

6.11. Pastagens 21
6.12. Soja 22
6.13. Trigo-de-Sequeiro e Triticale-de-Sequeiro 23
6.14. Trigo Irrigado e Triticale Irrigado 23
7. ESCOLHA DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES 24
7.1. Corretivos da acidez 24
7.2. Fertilizantes orgânicos 25
7.3. Fertilizantes minerais simples 25
7.4. Fontes de micronutrientes 26
7.5. Formulações NPK 26
8. CÁLCULO DE QUANTIDADES A APLICAR 30
9. MODOS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO 30
10. SUGESTÕES COMPLEMENTARES 31
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 32

GESSO AGRÍCOLA

1. INTRODUÇÃO 33
2. DEFINIÇÃO DO PRODUTO 33
3. EFEITOS FAVORÁVEIS 34
3.1. Fonte de enxofre 34
3.2. Fonte de cálcio 34
3.3. Como melhorador do ambiente radicular do subsolo 34
3.4. Para redução do encrostamento do solo 35
3.5. Preventivo ao Dumping-off (tombamento) 35
4. ÉPOCA DE APLICAÇÃO 35
5. EQUIPAMENTOS PARA APLICAÇÃO 35
6. OBSERVAÇÕES 36

ADUBAÇÃO ORGÂNICA

1. INTRODUÇÃO 37
2. TIPOS DE ADUBOS ORGÂNICOS 37
2.1. Esterco 37
2.2. Composto 39
2.3. Lodo de esgoto 39
2.4. Resíduos de indústrias de óleos vegetais 40
2.5. Vinhaça da indústria sucroalcooleira 40
2.6. Torta de filtro 40
2.7. Resíduos de biodigestores 41
2.8. Outros resíduos 41

ADUBAÇÃO VERDE

1. INTRODUÇÃO 43
2. CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS ADUBOS VERDES 44
2.1. Aveia-preta 44
2.2. Calopogônio 44

2.3. Chicharo 45
2.4. Crotalária júncea 45
2.5. Crotalária paulina 45
2.6. Crotalária spectabilis 45
2.7. Cudzu-tropical 45
2.8. Feijão-de-porco 45
2.9. Guandu 45
2.10. Labe-labe 46
2.11. Mucuna-anã 46
2.12. Mucuna-preta 46
2.13. Soja comum 46
2.14. Soja perene 46
2.15. Outras leguminosas de inverno 47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 47

ROTAÇÃO DE CULTURAS

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS 49
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 50

CULTURA EM FAIXA

1. INTRODUÇÃO 51
2. PRINCÍPIOS DO CONTROLE DA EROSÃO DA CULTURA EM FAIXA 51
3. SISTEMAS DE CULTURA EM FAIXA 52
4. LOCAÇÃO DAS FAIXAS NO TERRENO 52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 53

ALTERNÂNCIA DE CAPINAS

1. INTRODUÇÃO 55
2. EFEITOS DA ALTERNÂNCIA DE CAPINAS SOBRE A EROSÃO 55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 56

CEIFA DO MATO

1. INTRODUÇÃO 57
2. EFEITOS DA CEIFA NO CONTROLE DA EROSÃO 57
3. FREQÜÊNCIA DAS CEIFAS 57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 58

COBERTURA MORTA

1. INTRODUÇÃO 59
2. A COBERTURA MORTA E O CONTROLE DA EROSÃO HÍDRICA 59
3. COBERTURA MORTA E A PRODUÇÃO 60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60

PREPARO DO SOLO PARA CULTURAS ANUAIS

Página

1. INTRODUÇÃO 61
2. SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO 62
2.1. Objetivos do preparo do solo 62
2.2. Ponto de umidade ideal para o preparo do solo 63
2.3. Principais implementos de preparo do solo 63
2.4. O sistema de plantio direto 68
3. PREPARO INADEQUADO DO SOLO 69
4. INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS DE PREPARO EM ALGUNS PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO 71
4.1. Densidade do solo e porosidade 71
4.2. Estabilidade de agregados e infiltração 73
4.3. Disponibilidade de água 75
4.4. Temperatura do solo 77
5. INFLUÊNCIA DE SISTEMAS DE PREPARO NA FERTILIDADE DO SOLO 78
5.1. Matéria orgânica 78
5.2. Distribuição do fósforo 80
5.3. Distribuição do potássio 80
5.4. Distribuição de cálcio, magnésio e efeitos na acidificação 81
6. PRODUTIVIDADE DE ALGUMAS CULTURAS EM MÁNEJO ALTERNATIVO 83
7. ESTRATÉGIA PARA UM MANEJO ADEQUADO DO SOLO 84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 86

FORMAÇÃO E MANEJO DE PASTAGENS

1. FORMAÇÃO DE PASTAGEM 89
1.1. Limpeza do terreno 89
1.2. Práticas conservacionistas 89
1.3. Aplicação de calcário 89
1.4. Controle de formigas e cupins 90
1.5. Preparo do solo 90
1.6. Plantio e fertilização 90
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 91

2. MANEJO DE PASTAGENS 93
2.1. Primeira utilização 93
2.2. Utilização normal 94
2.3. Dimensionamento dos piquetes 94
2.4. Tempo de ocupação 95
2.5. Períodos de descanso 95
2.6. Produtividade de forrageiras adequadamente manejadas 96
2.7. Adubação e calagem 97
2.8. Condicionadores de pastejo 97
2.9. Renovação de pastagem 98
2.10. Capacidade de suporte potencial das espécies forrageiras 99
2.11. Opções para corrigir as defasagens de produção de forragem durante o ano 100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 102

VOLUME IV

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA CONTROLAR O ESCORRIMENTO SUPERFICIAL DO SOLO

Página

APRESENTAÇÃO i
LISTA DE FIGURAS ii
LISTA DE QUADROS iii
TABELA iii

DISTRIBUIÇÃO RACIONAL DE ESTRADAS E CARREADORES 1

PLANTIO EM NÍVEL

1. INTRODUÇÃO 3
2. O PLANTIO EM NÍVEL, A PRODUÇÃO E AS PERDAS POR EROSÃO 3
3. LOCAÇÃO DAS NIVELADAS BÁSICAS 5
4. ENLEIRAMENTO EM NÍVEL 6

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 6

FAIXA DE VEGETAÇÃO PERMANENTE

1. INTRODUÇÃO 7
2. A FAIXA DE VEGETAÇÃO PERMANENTE E AS PERDAS POR EROSÃO 7
3. ESPAÇAMENTO DAS FAIXAS DE VEGETAÇÃO PERMANENTE 8
4. FAIXA DE VEGETAÇÃO PERMANENTE E A EROSÃO EÓLICA 9

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 10

TERRACEAMENTO AGRÍCOLA

1. INTRODUÇÃO 11
2. TIPOS DE TERRAÇOS 12
2.1. Terraços quanto à função 13
2.2. Terraços quanto à construção 14
2.3. Terraços quanto à dimensão 16
2.4. Terraços quanto à forma 18
2.5. Fatores que podem determinar a construção de um terraço 22
3. ESPAÇAMENTO ENTRETERRAÇOS 22
3.1. Cálculo do espaçamento de terraços 23
3.2. Organização das tabelas para determinação do espaçamento entreterraços 26
3.3. Uso da tabela 27
3.4. Considerações sobre o espaçamento 29
4. DIMENSIONAMENTO DO TERRAÇO 29
4.1. Dimensionamento do canal do terraço 29

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 35

CANAIS ESCOADOUROS VEGETADOS

Página

1. INTRODUÇÃO 37
2. TIPOS DE CANAIS ESCOADOUROS 37
3. FORMA DO CANAL 38
4. ESCOLHA DA VEGETAÇÃO 39
5. VELOCIDADE DA ENXURRADA 40
6. CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DO CANAL 42
7. DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS ESCOADOUROS 42
8. DRENAGEM DOS CANAIS ESCOADOUROS 47
9. CONSTRUÇÃO DOS CANAIS ESCOADOUROS 50
9.1. Preparo do local 50
9.2. Escavação 50
9.3. Drenagem 50
9.4. Estabelecimento da vegetação 50
9.5. Bordo livre e diques laterais 50
9.6. Variação das seções do canal escoad 51
9.7. Fundo do canal escoadouro 52
9.8. Estruturas para redução da velocidade da água nos canais escoadouros 52
9.9. Prados escoadouros 52
10. MANUTENÇÃO DOS CANAIS ESCOADOUROS 52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 52

CANAIS DIVERGENTES

1. INTRODUÇÃO 53
2. LOCAÇÃO DO CANAL 53
3. FINALIDADES DO CANAL DIVERGENTE 53
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 55

ESTRUTURAS MECÂNICAS PARA CONTROLE DE EROSÃO E ESTABILIZAÇÃO

1. INTRODUÇÃO 57
2. CONSTRUÇÃO 57
3. GABIÃO - ESTRUTURA FLEXÍVEL 59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60

EMBACIAMENTO

1. INTRODUÇÃO 61
2. INSTALAÇÃO 61

MANEJO FÍSICO DE PASTAGENS

1. INTRODUÇÃO 63
2. UTILIZAÇÃO E MANEJO 63
3. CONDICIONADORES DE PASTEJO 64
3.1. Aguadas 64
3.2. Sombras 64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65

VOLUME V

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS COMPLEMENTARES NO SOLO

Página

APRESENTAÇÃO i
LISTA DE FIGURAS ii
LISTA DE QUADROS iii
LISTA DE TABELAS iii

CONTROLE DE EROSÃO EM ESTRADAS RURAIS

1. INTRODUÇÃO 1
2. EROSÃO NAS ESTRADAS 2
3. APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DAS CHUVAS 2
4. LOCAÇÃO 3
5. DIMENSIONAMENTO 5
6. CONSTRUÇÃO 19
7. MANUTENÇÃO 20
8. DADOS SOBRE RENDIMENTOS OPERACIONAIS 20
9. LIMITAÇÕES 21
10. ALTERNATIVA AO USO DE BACIA 22
11. CONCLUSÕES 23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 23

CONTROLE DE VOÇOROCAS

1. INTRODUÇÃO 25
2. CLASSIFICAÇÃO DAS VOÇOROCAS 26
3. PROCEDIMENTO PARA CONTROLE DAS VOÇOROCAS 26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 29

MANEJO DA ÁGUA

1. INTRODUÇÃO 31
2. DETERMINAÇÃO DA VAZÃO 31
3. CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA 40
4. IRRIGAÇÃO 59
5. BARRAGEM DE TERRA 71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 76

DRENAGEM DE VÁRZEAS

1. INTRODUÇÃO 79
2. POTENCIALIDADE DE VÁRZEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO 79
3. ELABORAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO PROJETO 80
Anexo I - Projeto Estadual de Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis 95
Anexo II - Projeto de Engenharia 97
Anexo III - Requerimento para utilização de várzeas 101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 102

ABASTECEDOUROS COMUNITÁRIOS

Página

1. INTRODUÇÃO 103
2. COMPONENTES DO ABASTECEDOURO 104
3. ABASTECIMENTO 104
4. DIMENSIONAMENTO 106
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS 107

DEPÓSITO COMUNITÁRIO DE LIXO TÓXICO 109

REFLORESTAMENTO

1. INTRODUÇÃO 111
2. CULTURA DO EUCALIPTO 111
3. CULTURAS DE PINUS SP 114

RECOMPOSIÇÃO ARTIFICIAL DE MATA CILIAR

1. INTRODUÇÃO 117
2. DENOMINAÇÃO DA VEGETAÇÃO 117
3. COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DA MATA CILIAR 117
4. CARACTERIZAÇÃO ECOFISIOLÓGICA DA VEGETAÇÃO 118
5. TIPOS DE MATAS CILIARES NO ESTADO DE SÃO PAULO 119
6. SUCESSÃO SECUNDÁRIA E ESTRUTURA DA FLORESTA TROPICAL 120
7. SISTEMAS DE REFLORESTAMENTO CILIAR E IMPLANTAÇÃO 124

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 127

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL-CATI

MANUAL TÉCNICO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA

VOLUME I



EMBASAMENTO TÉCNICO DO PROGRAMA ESTADUAL DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

Dorival Bertolini
Francisco Lombardi Neto

MANUAL N.º 38

EDIÇÃO E PUBLICAÇÃO

Centro de Comunicação Rural - CECOR - CATI/SAA

Av. Brasil, 2.340 - Caixa Postal 960
CEP 13073-001 - Campinas (SP)
PABX (0192) 41-3900 - Telex - 19-1132
Tel./Fax (0192) 42-5791

Tiragem: 3.000

EDITORAÇÃO

Diretora: Maria Evanilda Martins
Editora responsável: Damaris B. Minzon
Revisora de português: Marlene M. de Almeida Rabello
Revisora bibliográfica: Maria Vilma Gasparoto

PRODUÇÃO GRÁFICA

Diretora: Angelina Maria W. Takahashi
Composição: Urbano Moreto
Arte-final: José Henrique Marco Antônio
Fotolitografia: Jadison Palma, Gerson Canesqui, Roberto Maria Braz
Impressores: Mário Augusto dos Santos, Nelson Nogueira, Osvaldo Alves de Freitas
Oficina gráfica: Mário Augusto dos Santos, Antônio José Gomes, Élvio Augusto de Souza, Emílio Palma, João Batista Palma, Manoel Mendes Santiago, Nelson Antônio Fantini,
Distribuição: Maria de Lourdes Silveira

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL-CATI

MANUAL TÉCNICO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA

VOLUME I

EMBASAMENTO TÉCNICO DO PROGRAMA ESTADUAL DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS



Dorival Bertolini
Francisco Lombardi Neto

Manual CATI	Campinas (SP)	nº 38	dezembro 1994

Publicação dirigida aos técnicos da rede assistencial da CATI e/ou entidades afins.

É permitida a reprodução parcial desde que citada a fonte. A reprodução total depende de autorização expressa da CATI.

FICHA CATALOGRÁFICA

Lombardi Neto, F. & Drugowich, M. I. Coordenadores.

Manual técnico de manejo e conservação de solo e água, coordenado por Francisco Lombardi Neto e Mário Ivo Drugowich. Campinas, 2ª impressão, CATI, 1994.

V.I - CONTEÚDO: Embasamento técnico do programa estadual de microbacias hidrográficas.

15p. ilus. 28cm (Manual Técnico, 38).

CDD 631.45

APRESENTAÇÃO

Com a intensificação do uso da mecanização, vem se agravando o desgaste e o empobrecimento do solo no Estado de São Paulo, exigindo do Governo uma decisão política que desencadeia ações para solucionar ou minimizar esses problemas, que vêm afetando a produtividade e produção agrícolas, além de causar uma degradação dos recursos naturais e conseqüente degeneração do meio ambiente.

A degradação dos recursos naturais é conseqüência de um fenômeno complexo que começa com o seu uso inadequado pelo homem, visando à produção econômica de alimentos e matérias-primas para as indústrias. É de fundamental importância entender o processo de maneira ampla e propor estratégias técnicas capazes de debelar as causas, evitando aplicação de recursos e esforços para atacar os efeitos que conduzem as soluções parciais e pouco eficientes do problema.

O Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas pretende desenvolver ações que contribuam com a solução global, visando ao desenvolvimento da agricultura paulista sem depauperar os recursos naturais e afetar a qualidade de vida. Para que isso aconteça, é necessário um conjunto de ações com embasamento técnico e científico para se obterem respostas positivas e duradouras.

A erosão hídrica, causada pelo uso inadequado do solo, é o problema inicial que antecede todos os demais, com influência em diferentes graus em cada um deles. Daí a necessidade de introduzir junto aos agricultores as tecnologias disponíveis e comprovadas de manejo e conservação do solo, visando ao controle da erosão hídrica, além de outras que promovam a recuperação e a melhoria do potencial produtivo dos solos já depauperados pela erosão ou pelo mau uso.

As ações do Programa objetivam a introdução de tecnologias, economicamente viáveis, que conduzam ao desenvolvimento da população rural através do aumento da produtividade e produção agrícolas e que, ao mesmo tempo, promovam a conservação dos recursos naturais e a melhoria do meio ambiente.

Pretende-se, neste documento, apresentar de maneira sucinta os problemas que vêm ocorrendo com nossos recursos naturais e as soluções cabíveis com base nas tecnologias disponíveis, desenvolvidas ou adaptadas para as condições físicas e socioeconômicas do Estado de São Paulo.

OS COORDENADORES

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1 – Esquema demonstrativo da baixa produtividade como agente e resultado da erosão 1
FIGURA 2 – Erosão e seus efeitos nos recursos naturais 2
FIGURA 3 – Curvas de distribuição do índice de erosão para três regiões do Estado de São Paulo 4
FIGURA 4 – Efeito da cobertura do solo próxima à superfície na redução da erosão por salpicamento e erosividade da chuva 7
FIGURA 5 – Perdas de solo por erosão, em função da quantidade de resíduos culturais da cultura do milho, na superfície do solo 8
FIGURA 6 – Curvas de temperatura do solo a 5cm de profundidade em três sistemas de preparo, após a emergência do milho, em Latossolo Roxo 9

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Perdas de terras associadas ao uso agrícola no Estado de São Paulo 3
QUADRO 2 – Estratégias Técnicas do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas . 14

SUMÁRIO

Página

APRESENTAÇÃO i
LISTA DE FIGURAS ii
LISTA DE QUADROS ii
INTRODUÇÃO 1
2 EROSÃO HÍDRICA 2
2.1 Erosividade das chuvas 3
2.2 Erodibilidade do solo 4
2.3 Topografia do terreno 5
2.4 Uso e manejo do solo 5
3 DEGRADAÇÃO DO SOLO 8
4 BAIXA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA 9
4.1 Uso incorreto e inadequado de corretivos e fertilizantes 10
4.2 Técnicas culturais inadequadas 10
4.3 Erosão 10
4.4 Fatores climáticos 10
5 POLUIÇÃO DE MANANCIAIS 10
6 ENCHENTES 11
7 ESTRATÉGIA DE AÇÃO DO PROGRAMA 11
8 PLANEJAMENTO DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS E PROPRIEDADES AGRÍCOLAS 12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 15

EMBASAMENTO TÉCNICO DO PROGRAMA ESTADUAL DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

Dorival Bertolini(1)
Francisco Lombardi Neto(2)

1 INTRODUÇÃO

O problema mais importante da agricultura paulista é a erosão hídrica que vem, ano a ano, se agravando, comprometendo os recursos naturais e pondo em risco a produção econômica. Além de degradar o nosso mais importante recurso, o solo, tem causado problemas na qualidade e disponibilidade da água através da poluição, assoreamento de mananciais e enchentes no período das chuvas ou escassez no período da estiagem.

O processo erosivo, dado sua intensidade, além de degradar o perfil do solo, é a causa primeira de outros problemas que levam à baixa produtividade e ao empobrecimento do meio rural. Portanto, todos os problemas de produção agrícola ou de água para uso múltiplo têm suas causas interligadas, tendo como as principais aquelas vinculadas ao uso, manejo e conservação do solo e suas conseqüências no processo erosivo (Figura 1).

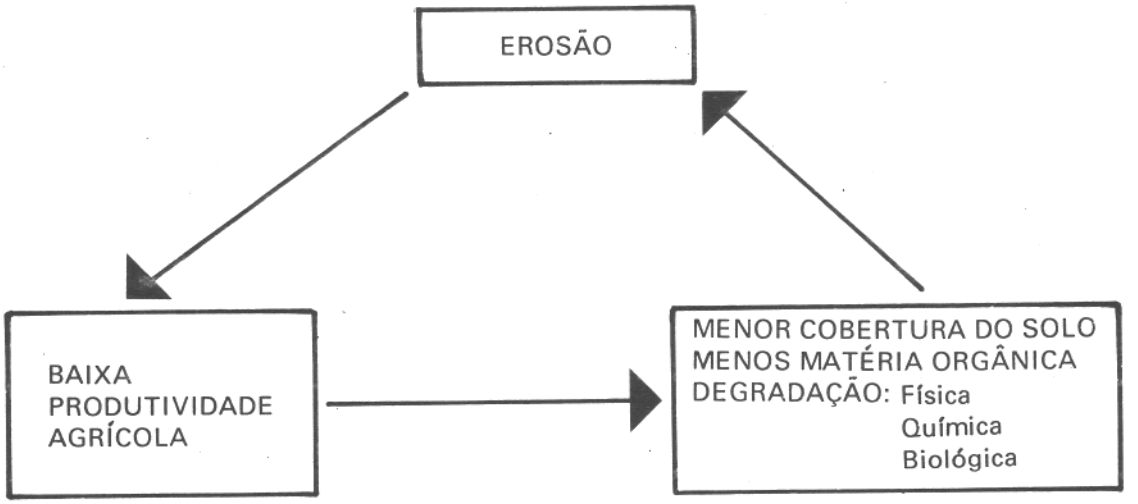


FIGURA 1 - Esquema demonstrativo da baixa produtividade como agente e resultado da erosão.

(1)Eng.º Agr.º – SAA/CATI/DEXTRU-CTRN
(2)Pesq. Cient. – SAA/CPA/IAC – Seção de Conservação do Solo

A Figura 2 mostra a erosão como problema central e seus efeitos nos recursos naturais. Outros problemas, apesar de importantes, não atingem o seu nível de magnitude, sendo efeitos do processo erosivo que se interagem passando cada um a ser causa do outro.

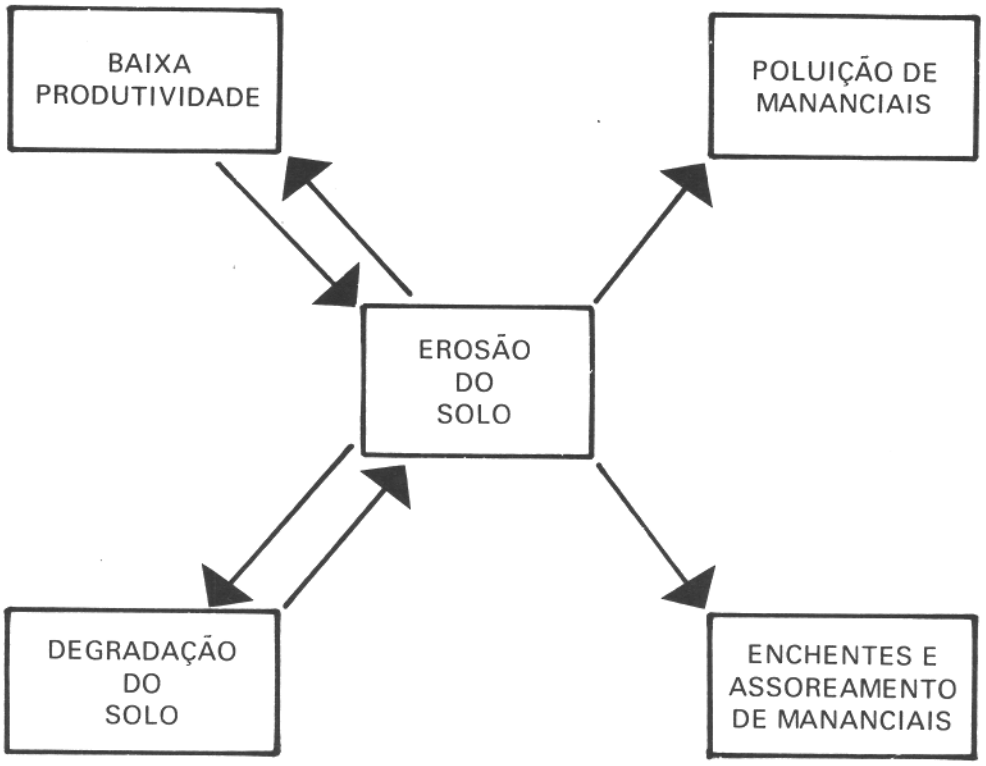


FIGURA 2 – Erosão e seus efeitos nos recursos naturais.

Em função da erosão, ocorrem a poluição e o assoreamento dos mananciais e, conseqüentemente, enchentes que às vezes causam prejuízos de grande monta, principalmente nas cidades localizadas às margens dos rios. Por outro lado, a erosão tem causado prejuízos diretos na produção devido ao desgaste do perfil do solo e ao arrastamento de quantidades razoáveis de insumos agrícolas. O uso e manejo inadequados do solo têm reduzido a cobertura vegetal e a infiltração da água no solo, aumentando consideravelmente o escorrimento superficial, causando a erosão.

Os problemas inter-relacionados com a erosão serão descritos de forma detalhada com proposta de técnicas para sua minimização.

2 EROSÃO HÍDRICA

O Governo do Estado de São Paulo, através da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, vem desenvolvendo esforços para controlar, em níveis aceitáveis, a erosão das terras cultivadas. Porém, os resultados alcançados não são muito satisfatórios, devido à intensificação do uso do solo e da mecanização agrícola. Estima-se que cerca de 80% da área cultivada do Estado esteja sofrendo processo erosivo além dos limites de tolerância, causando perdas de 194.000.000 toneladas de terra por ano, sendo que 48.500.000 toneladas/ano chegam aos mananciais em formas de sedimentos transportados, causando assoreamento e poluição dos mesmos (BELLINAZZI et alii, 1981) (Quadro 1).

QUADRO 1 - Perdas de terras associadas ao uso agrícola no Estado de São Paulo

Culturas	Área	Perdas de terra	Total perdas de terra
	1.000ha	t/ha/ano	1.000t/ano
Culturas Anuais			
Algodão	349,25	24,8	8.661,40
Amendoim	76,63	26,7	2.046,02
Arroz	271,20	25,1	6.807,12
Feijão	428,05	38,1	16.308,70
Milho	1.285,30	12,0	15.423,60
Soja	534,60	20,1	10.745,46
Outras	386,95	24,5	9.480,27
Subtotal	**3.331,98**		**69.472,58**
Culturas Temporárias			
Cana	2.152,05	12,4	26.685,42
Mamona	11,96	41,5	496,34
Mandioca	39,06	33,9	1.324,13
Subtotal	**2.203,07**		**28.505,89**
Culturas Permanentes			
Banana	51,65	0,9	46,49
Café	732,77	0,9	659,49
Laranja	786,30	0,9	707,67
Outras	40,25	0,9	36,22
Subtotal	**1.610,97**		**1.449,87**
Pastagem	10.236,13	0,4	4.094,45
Vegetação	1.243,00	0,4	497,20
Reflorestamento	1.110,35	0,9	999,32
Áreas Críticas (Estrada e periurbana)	562,50	175,0	98.437,50
Outras	4.467,73	1,0	4.467,73
Subtotal	**17.619,71**		**108.496,20**
TOTAIS	**24.765,73**		**207.924,54**
Redução das perdas em função das práticas de controle da erosão (culturas anuais, temporárias e permanentes) – 15%			14.914,25
TOTAL DAS PERDAS			**193.010,29**

FONTE: BELLINAZZI JR. R. et al., (1981), atualizado para a safra 1987/88.

A erosão hídrica nesses níveis afeta a produtividade agrícola, porém a inexistência de dados que as correlacionem impede a quantificação dos prejuízos diretos causados pelo fenômeno, dificultando justificativas técnicas que sensibilizem o Governo a investir na solução desses problemas e os agricultores a adotarem técnicas conservacionistas para aumentar suas rendas. A erosão hídrica no Estado de São Paulo é causada pela erosividade das chuvas, erodibilidade do solo, topografia do terreno, uso e manejo do solo.

2.1 Erosividade das chuvas

No Estado de São Paulo, a erosividade da chuva varia de 5.500 a 10.000 MJ.mm/ha.h.ano, A distribuição concentra-se de 74 a 94% no período coincidente com o de mobilização do solo em que o mesmo fica menos protegido pela vegetação e mais desagregado, portanto mais vulnerável ao processo erosivo.

Na Figura 3, pode ser observada a distribuição do índice de erosão durante o ano para três regiões do Estado: na região oeste (Presidente Prudente) 83% do potencial erosivo anual ocorre no período de outubro a março; na região nordeste do Estado (Ribeirão Preto) 94% do potencial erosivo anual ocorre no mesmo período e na região do litoral sul (Registro) 74% ocorre também no mesmo período.

Isso salienta a necessidade de se prover o solo de uma cobertura vegetal adequada e/ou reduzir a sua mobilização no referido período, tornando o efeito erosivo da chuva menos intenso.

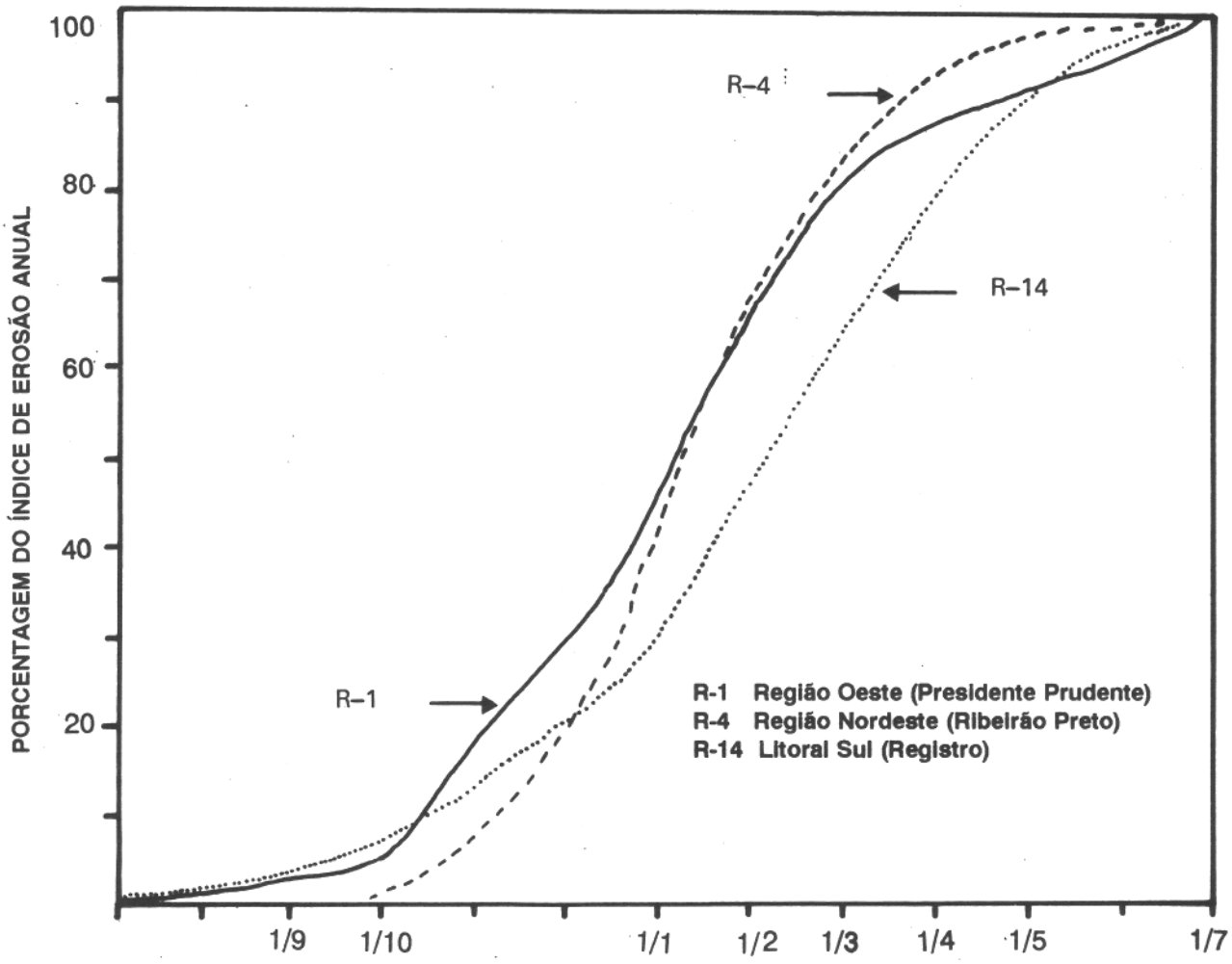


FIGURA 3 – Curvas de distribuição do índice de erosão para três regiões do Estado de São Paulo.
FONTE: BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990

2.2 Erodibilidade do solo

Todos os solos com B textural, com excessão da Terra Roxa Estruturada, assim como os litossolos, apresentam problemas de erosão devido às baixas taxas de infiltração e relevo movimentado em que ocorrem. Já os latossolos arenosos e também as areias quartzosas são altamente suscetíveis à erosão, devido à textura arenosa e relevos suaves, porém de longos comprimentos de rampa. Essas unidades devido as características, aliadas ao clima dominante no Estado, tornam 143.934km^2 ou 60,2% da área territorial altamente suscetível à erosão quando cultivada. Os limites de tolerância e perdas por erosão, para algumas unidades de solos do Estado de São Paulo, variaram de 4,5 a 13,4t/ha/ano e de 9,6 a 15,0t/ha/ano, respectivamente, para solos com B textural e com B latossólico.

2.3 Topografia do terreno

As áreas planas representam 3,5%, ou seja, 8.803km^2 da área do Estado, sendo constituídas principalmente por várzeas e mangues, sem problemas de erosão, mas que apresentam limitações por excesso de água, necessitando de drenagem para seu aproveitamento agrícola.

Nas regiões serranas (Planalto Atlântico e Cuestas Basálticas) predomina relevo montanhoso com declividades superiores a 40%, onde a exploração agropecuária é praticamente inviável. Essas áreas representam em torno de 16,2% da área total do Estado, ou seja, 40.343km^2.

As terras com declividade, variando entre 20 e 40%, abrangem 8,5% do Estado com área de 21.235km^2, onde, devido aos altos riscos de erosão, adaptam-se melhor às pastagens ou reflorestamento. Essas áreas, localizadas principalmente nos contrafortes da Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e das Cuestas Basálticas são as que dividem o Planalto Ocidental da Depressão Periférica.

As áreas com relevo suave ondulado ou ondulado, cuja declividade varia de 0 a 20%, estão localizadas principalmente no Planalto Ocidental e Depressão Periférica, onde os riscos de erosão pelo fator relevo são menores. Essa área abrange 71,8% do Estado com 178.219km^2 e representa a área mais importante para a agricultura e pecuária paulista.

2.4 Uso e manejo do solo

Em 1910, 64,7% da área do Estado de São Paulo eram cobertas com florestas primitivas. Atualmente, apenas 5% da área ainda se mantêm reflorestada. Esse desmatamento, para uso agrícola, foi feito de modo desordenado, não levando em consideração a capacidade de uso das terras e sim fatores de pressão econômica. Com essa ocupação inadequada, apareceram sérios problemas de erosão e degradação do solo e água, refletindo na produção e produtividade agrícolas.

2.4.1 Uso do solo - No Estado de São Paulo, podemos identificar o uso da terra com **culturas anuais e temporárias, perenes, pastagens e reflorestamento.**

- **Culturas Anuais Temporárias:** Esse tipo de ocupação tem causado sérios problemas de erosão, mesmo em áreas aptas, uma vez que pressupõe o uso intensivo de máquinas, tendência de monocultura em nível de região, baixa cobertura vegetal no período crítico, e, em alguns casos, dois cultivos por ano, sem observar condições ideais para preparo e mobilização excessiva do solo, coincidindo com período de alta erosividade (região oeste - Marília e região noroeste - São José do Rio Preto).

- **Culturas Perenes:** Na maioria das áreas, são cultivadas mecanicamente, alterando a estrutura do solo, reduzindo a taxa de infiltração, acelerando o processo erosivo e causando déficit hídrico no período seco.
  Nas regiões centro e oeste (Campinas e Marília), o café é cultivado em áreas bastante declivosas onde os problemas de erosão estão afetos à baixa aptidão da terra e pouco uso de tecnologia.
- **Pastagens:** No caso das pastagens extensivas, os problemas de erosão estão vinculados ao manejo do pasto, onde a baixa cobertura vegetal favorece não só a erosão, mas também a degradação precoce do próprio pasto, competição com invasoras, compactação do solo, etc. As culturas anuais entram no sistema para renovação das pastagens em período que varia entre 5 e 10 anos. Esse é o sistema corrente nas regiões oeste e noroeste do Estado (Araçatuba, Presidente Prudente e São José do Rio Preto).
- **Reflorestamento:** A excessiva movimentação do solo para implantação do reflorestamento, a inobservância do plantio em nível, a implantação do reflorestamento no período chuvoso e a inadequação dos caminhos são os principais causadores da erosão, além da utilização de solos já degradados ou altamente suscetíveis e/ou em topografia acentuada.

Em quaisquer das situações anteriormente descritas, são comuns os seguintes fatores causadores ou agravadores da erosão: baixa ou inexistente cobertura arbórea, seja floresta, bosque ou culturas perenes; despreocupação sobre a necessidade de se adequar o uso ao potencial do recurso natural; insuficiência da cobertura vegetal viva ou morta em períodos críticos; e estrutura superficial e/ou subsuperficial degradada em relação às condições naturais.

2.4.2 Mobilização inadequada do solo – Em função das épocas e sistemas de cultivo comum em uso no Estado de São Paulo, verifica-se forte tendência de agressão ao solo, levando-se em consideração o uso generalizado de maquinário pesado, implementos a disco, tais como arado, grades niveladora e aradoras, que representa o principal fator agravante da erosão. Aproximadamente 23% (cultura temporária) da área do Estado sofrem anualmente processo de mobilização do solo, através de implementos de disco apresentando como inconveniências os seguintes aspectos:

- mantém pouca quantidade de resíduos na superfície;
- aceleram a decomposição dos resíduos;
- reduzem a atividade biológica do solo a médio e longo prazos;
- compactam o solo subsuperficialmente;
- destroem a estrutura superficial;
- reduzem o potencial produtivo do solo a médio e longo prazos.

Além dos aspectos do equipamento em si, um número exagerado de operações são realizadas, muitas delas desnecessariamente, cuja ocorrência se dá por simples tradição e desconhecimento. Todavia, os equipamentos não devem ser definitivamente eliminados porque apresentam algumas vantagens como:

- melhor incorporação de corretivos e fertilizantes;
- rendimento operacional elevado;
- controle eficiente de ervas daninhas;
- inexistência de produtos alternativos no mercado.

O sistema predominante de mobilização do solo traz como efeito uma pulverização excessiva da estrutura superficial do solo, tornando-o mais suscetível ao selamento superficial e ao transporte de partículas pela enxurrada, além de provocar compactação na superfície que dificulte o movimento da água no perfil e o desenvolvimento das raízes.

Com os conhecimentos técnicos disponíveis é possível avançar muito no sentido de melhorar os sistemas de mobilização do solo a curto prazo.

2.4.3 Práticas conservacionistas – O não uso ou o uso inadequado das práticas conservacionistas tem-se transformado em um forte problema gerador de erosão. Isso se deve a diversos aspectos, alguns relacionados diretamente com o procedimento dos agricultores, devido à natureza da agricultura implantada, e outros, devido ao sistema de manejo adotado. Por exemplo: não observância da capacidade de uso, utilização de práticas isoladas, dimensionamento e construção inadequados de terraços, etc. Outros fatores têm colaborado para o agravamento do processo erosivo, como:

- **Estrutura Fundiária:** propriedades agrícolas muito estreitas, não tornando operacionalmente eficientes as atividades agrícolas em nível. As linhas divisórias não consideram as questões hídricas, o que fatalmente acarreta a influência de uma propriedade sobre as outras. As estradas internas são construídas no sentido do maior declive.
- **Estradas:** as estradas municipais malplanejadas sem considerar os recursos hídricos e sem estruturas laterais protetoras passam a ser agentes de erosão nas propriedades agrícolas.
- **Baixa Produtividade:** a baixa produtividade é um fator agravante da erosão, porém de difícil análise, porque ao mesmo tempo que pode ser agente, também pode ser resultado do processo erosivo. Outra consideração é que a baixa produtividade pode ter outras causas fora da área técnica, como altos custos de insumos, deficiência gerencial, política agrícola desestimulante, catástrofes, etc.

A produtividade agrícola está ligada diretamente à produção vegetal como um todo, e à cobertura do solo que, por sua vez, afeta diretamente o processo erosivo. No esquema da Figura 2, pode ser observada a baixa produtividade como agente e resultado da erosão. A médio e longo prazos esse ciclo pode tornar o processo economicamente irreversível.

O aumento da cobertura vegetal reduz consideravelmente a energia de impacto das gotas de chuva contra a superfície do solo, o que reflete diretamente sobre a desagregação da estrutura, reduzindo o selamento superficial e, conseqüentemente, aumentando a infiltração.

Na Figura 4, estão representadas a erosão por salpicamento e a energia interceptada pela cobertura na superfície do solo (A) e também como a cobertura do solo com plantas reduz a erosividade das chuvas (B).

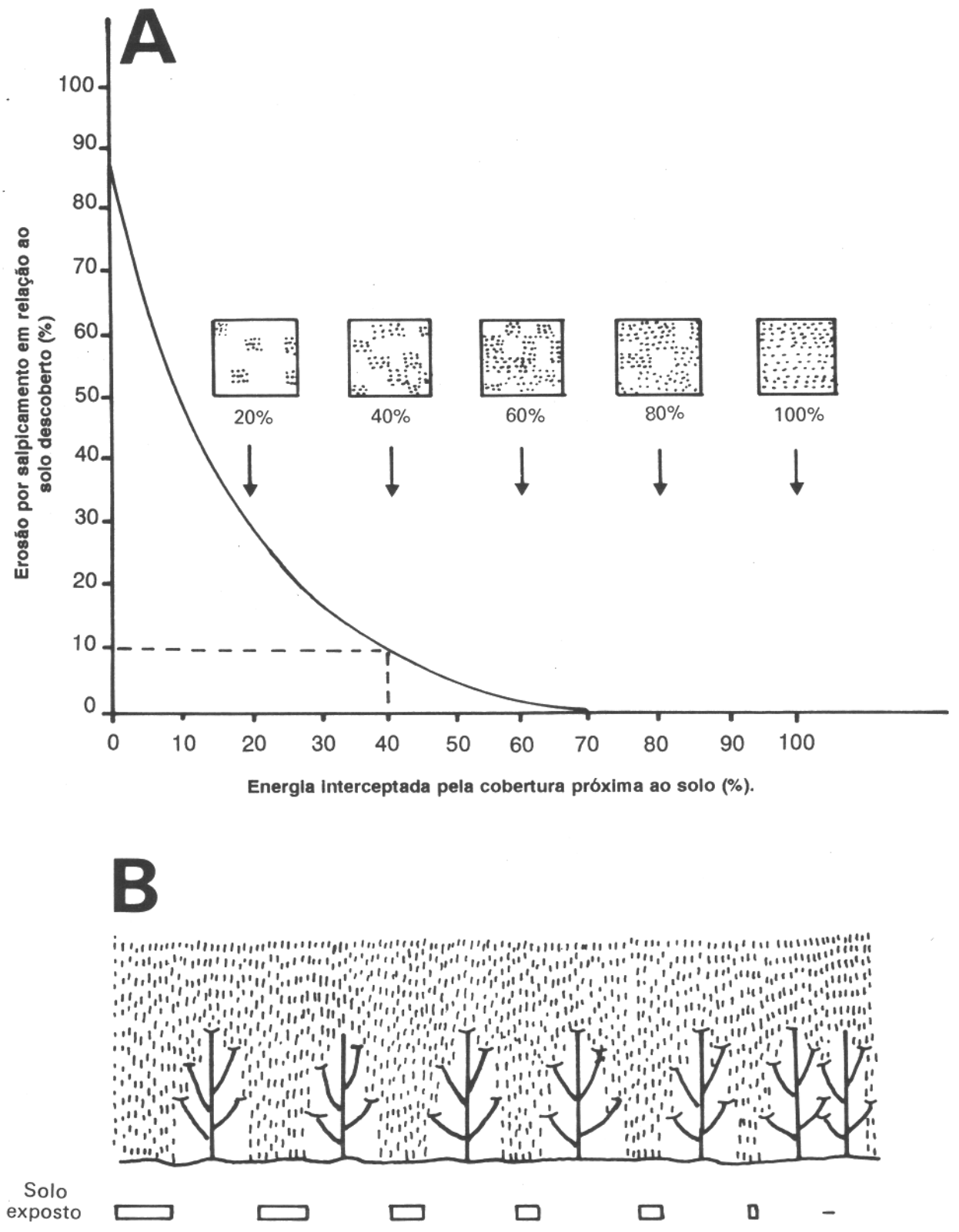


FIGURA 4 – Efeito da cobertura do solo próximo à superfície na redução da erosão por salpicamento e erosividade da chuva: A – erosão por salpicamento e a energia interceptada pela cobertura na superfície do solo; B – cobertura de plantas e a redução da erosividade da chuva.
FONTE: ELWELL, 1960.

3 DEGRADAÇÃO DO SOLO

No Estado de São Paulo, a degradação do solo pode ser caracterizada pelos seguintes aspectos:

- desequilíbrio nutricional;
- pulverização excessiva e compactação do solo;
- diminuição das atividades biológicas e dos níveis de matéria orgânica.

A falta de resíduos na superfície provoca o aquecimento do solo, acelerando a decomposição da matéria orgânica e reduzindo a atividade biológica a médio e longo prazos, além de intensificar as perdas do solo por erosão (Figura 5 e 6).

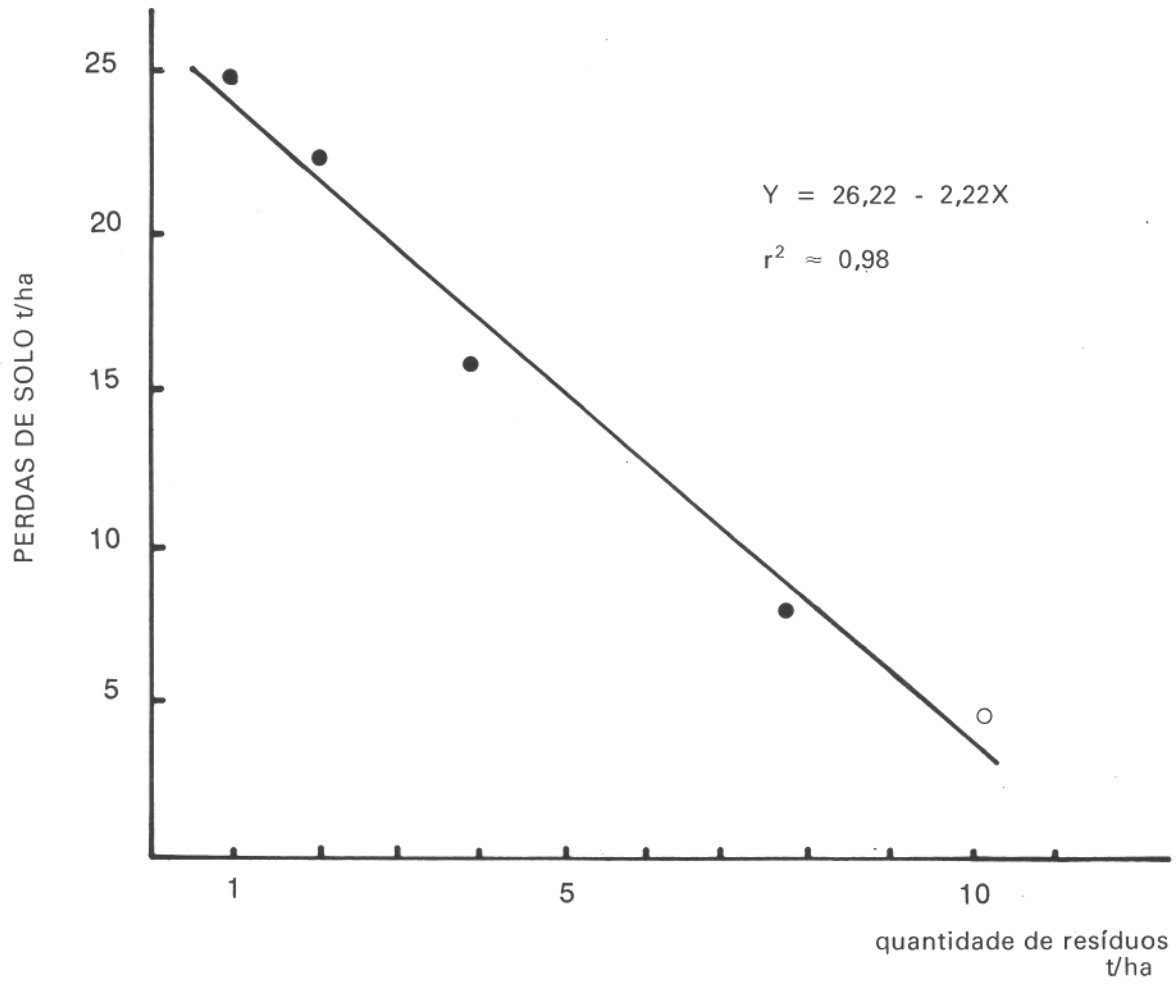


FIGURA 5 – Perdas de solo por erosão, em função da quantidade de resíduos culturais da cultura do milho na superfície do solo.
FONTE: LOMBARDI NETO, et alii, 1988.

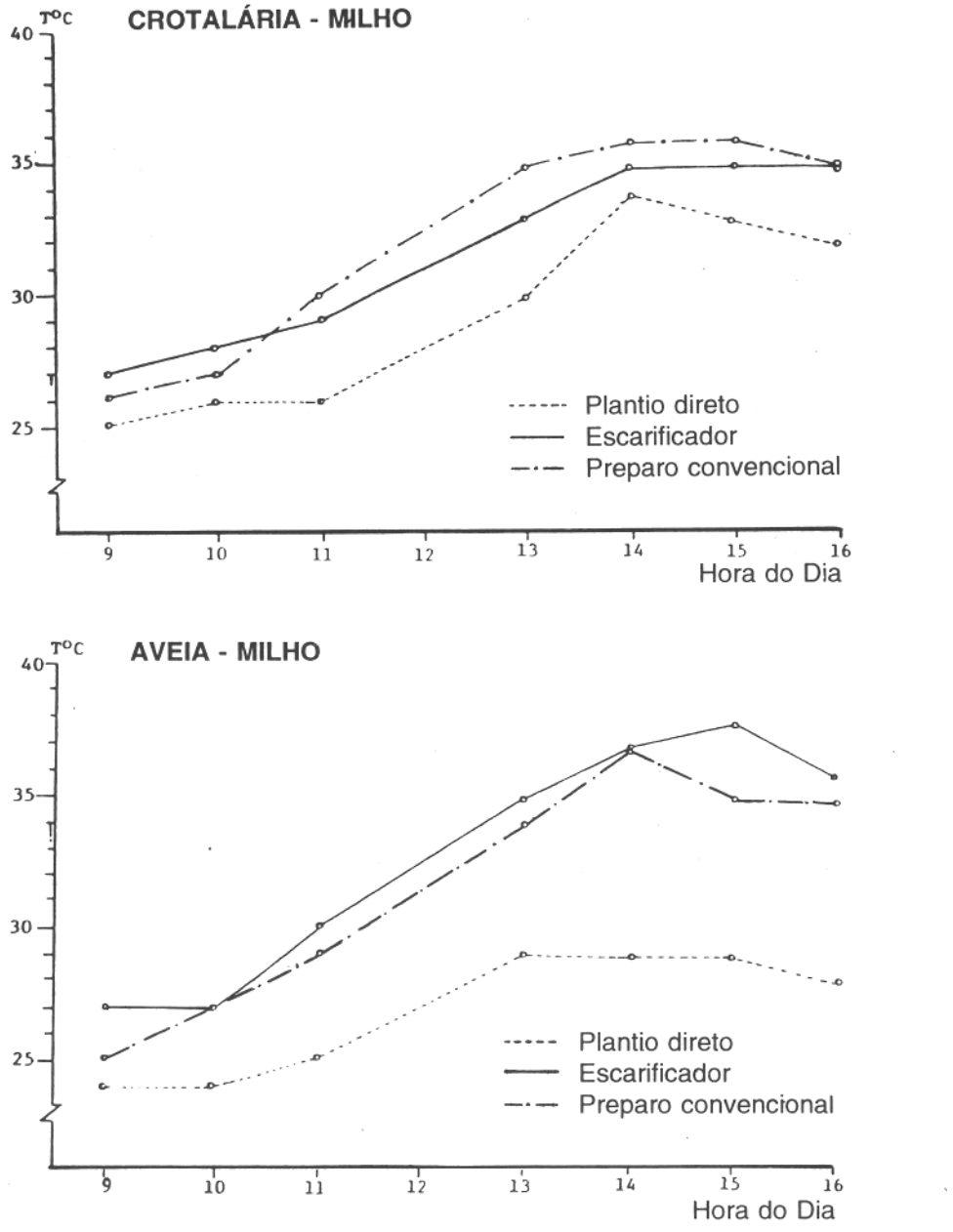


FIGURA 6 – Curvas de temperatura do solo a 5cm de profundidade em três sistemas de preparo, após emergência do milho, em Latossolo Roxo.
FONTE: CASTRO, 1988.

Os fatores que levam à degradação do solo são conseqüências do uso e manejo inadequados do solo, dos insumos e dos restos culturais, tendo ainda a erosão hídrica como uma importante causa e efeito.

4 BAIXA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA

O uso, manejo e conservação dos recursos naturais têm estreita relação com a baixa produtividade agrícola. Em algumas culturas, como feijão, milho e arroz, a variabilidade da produtividade é muito grande entre os diversos sistemas de produção, diferindo o nível tecnológico e o recurso natural disponível. Culturas, como soja e citros, onde são adotadas altas tecnologias, os fatores e sistemas são mais homogêneos, apresentando produtividades não muito diferenciadas.

Pode-se citar, como causa de baixa produtividade nas condições do Estado, o **uso inadequado de corretivos e fertilizantes, técnicas culturais inadequadas, erosão e fatores climáticos.**

4.1 Uso incorreto e inadequado de corretivos e fertilizantes

A utilização de fertilizantes e corretivos no Estado é inadequada, sendo caracterizada pelo uso de quantidades insuficientes e aplicação incorreta.

Em função das características tropicais dos solos ocorrentes no Estado, onde cerca de 39% dos mesmos exigem aplicações intensivas de corretivos e fertilizantes, estima-se que o volume desses insumos, efetivamente aplicados, deveria ser praticamente duplicado, o que não ocorre em virtude das baixas rentabilidades econômicas das culturas, que reduz a capacidade de investimento do produtor rural. Além disso, o baixo nível de utilização da prática de amostragem e a análise química do solo induzem a utilização de corretivos e fertilizantes em quantidades insuficientes e sem um balanço ideal em relação às necessidades das culturas e às disponibilidades do solo. Isso contribui significativamente para os níveis baixos de produção observados e para o esgotamento da camada superficial do solo.

A análise química do solo constitui atualmente o melhor método para uma recomendação adequada de fertilizantes e corretivos e, se devidamente utilizada pelos agricultores, pode proporcionar um aumento substancial na produção agrícola.

Outro aspecto importante é o manejo desses insumos, ou seja, a má aplicação, incorporação ou parcelamento que geram problemas a médio e longo prazos de desequilíbrios e gradiente de fertilidade no perfil do solo.

A grande importância do uso adequado desses insumos resume-se na reposição, e/ou aumento, e equilíbrio dos nutrientes do solo e indiretamente na capacidade de se aumentar consideravelmente a densidade de cobertura vegetal e volume de exploração das raízes, agindo como barreira à erosão.

4.2 Técnicas culturais inadequadas

Nem sempre as técnicas culturais recomendadas são utilizadas pelos produtores, acarretando com isso uma baixa produtividade das culturas. Neste item podem ser observados os seguintes problemas:

- Controle inadequado de plantas daninhas, concorrendo com as culturas em períodos críticos;
- Baixo estande, oferecendo deficiências na cobertura do solo e pouca competitividade com as invasoras;
- Controle inadequado de pragas e doenças.

4.3 Erosão

Estima-se que cerca de 80% da área cultivada do Estado esteja sofrendo processo erosivo acima da tolerância e que se agrava a cada ano que passa. Juntamente com a terra são arrastadas quantidades apreciáveis de nutrientes químicos, matéria orgânica, sementes e defensivos, que, além dos prejuízos diretos à produção agropecuária, causam poluição de nascentes. As perdas por erosão tendem ainda a aumentar a médio e longo prazos os custos de produção, uma vez que aumentam as necessidades de uso de corretivos e fertilizantes, reduzem o rendimento operacional das máquinas e inserem os custos das próprias práticas para controlá-las.

4.4 Fatores climáticos

O Estado pode ser considerado como de características climáticas tipicamente tropicais. As chuvas são em geral abundantes, sobretudo no período de outubro a março, tornando o clima tropical úmido, com condições favoráveis à agricultura e pecuária em geral. É caracterizado ainda por inverno seco, que limita o desenvolvimento de culturas de inverno.

É característica, ainda, a ocorrência de veranicos no período chuvoso; daí a importância de tecnologias que promovam o aumento da infiltração e armazenamento de água no solo para diminuir os riscos de perdas na produção.

5 POLUIÇÃO DE MANANCIAIS

A erosão do solo traz problemas de poluição das águas decorrentes dos sedimentos, dos nutrientes químicos e dos defensivos agrícolas transportados. Contribuem, também, diretamente para a poluição dos mananciais, o manejo inadequado de pulverizadores e o descarte incorreto das embalagens vazias. Nas regiões sucro-alcooleiras, o grande volume produzido de vinhaça, resíduo de industrialização, tem causado problemas na qualidade da água.

Montantes de recursos financeiros razoáveis são gastos pelas prefeituras municipais para o tratamento de água utilizada no abastecimento urbano, visando à redução de turbidez e dos níveis de contaminadores químicos. A aplicação de tecnologia para reduzir a erosão e para disciplinar o uso de defensivos nas lavouras poderá diminuir consideravelmente o problema.

6 ENCHENTES

Em virtude do uso e manejo inadequados do solo, verifica-se que vem reduzindo a capacidade de infiltração e de armazenagem da água no solo, conseqüentemente aumentando o deflúvio superficial, carreando sedimentos e insumos para os cursos d'água. Com isso, provoca-se o assoreamento das calhas dos rios, reduzindo a velocidade de escoamento e aumentando os gradientes de vazão. Nos pequenos e médios rios, os picos de vazão máxima são de grande intensidade, provocando alagamentos e danos a pontes, estradas e agricultura ribeirinha. Considera-se, entretanto, que o problema das enchentes é decorrente da erosão hídrica; conclui-se, que minimizando os efeitos desta, eliminam-se as conseqüências das enchentes.

7 ESTRATÉGIAS DE AÇÃO DO PROGRAMA

Com a implantação do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas, pretende-se enfrentar os problemas de recursos naturais de formas global e integrada, aumentando a produtividade e a produção. De forma global, o Programa procurará evitar o desgaste e empobrecimento do solo nas suas diversas fases e formas, através de práticas que aumentem a infiltração da água no perfil do solo, que intensifiquem a cobertura vegetal, seja ela viva ou morta, e que reduzam o escorrimento superficial. Dessa forma, além de controlar a erosão e o empobrecimento do solo, obtém-se como reflexo uma melhoria da quantidade e qualidade das águas, além da preservação da vida silvestre (flora e fauna) e melhoria do meio ambiente. E de forma integrada, o Programa procurará envolver os agricultores, a comunidade, os governos municipais, estadual e federal, somando esforços para atingirem soluções dos problemas comuns.

Para a implantação de programas desse tipo, é aconselhável o trabalho em unidades geográficas bem-definidas e com certa independência no comportamento, que são as bacias hidrográficas. Dada a facilidade de organizar a população rural, dever-se-á trabalhar em pequenas bacias hidrográficas com área ao redor de 3.000ha e com número em torno de 60 agricultores.

O Programa deverá introduzir dentro da microbacia hidrográfica um conjunto de tecnologias que elevem a produção e a produtividade, de forma a levar aos agricultores um desenvolvimento socio-econômico, promovendo, ao mesmo tempo, a conservação e melhoria dos recursos naturais e das condições do meio ambiente. Pretende-se, portanto, de um lado uma redução bastante intensa da erosão hídrica, o que conduzirá a uma reversão do processo de degradação do meio ambiente, e por outro lado um aumento da produtividade e produção agrícolas, que levará a um aumento da renda dos agricultores, assim como garantirá a continuidade do processo.

Espera-se que, como produto final, se tenham bons índices de adoção, tendo em vista a possibilidade de que os agricultores venham melhorar seu nível de renda, diminuir os riscos da produção e melhorar as condições de vida da comunidade. A adoção espontânea, além de aumentar o índice de aceitação, tornará o processo auto-suficiente em termos de médio e longo prazos.

Fundamentalmente, o Programa deverá desenvolver ações que levem aos objetivos maiores que são o controle da erosão e a redução da degradação do solo, da água e do meio ambiente, o que tornará a agropecuária uma atividade auto-sustentada a longo prazo. A consecução desses objetivos far-se-á através de três estratégias:

- aumento da cobertura vegetal do solo, visando reduzir a desagregação pela redução da energia de impacto das gotas de chuva na superfície do solo;
- aumento da infiltração da água no perfil do solo, visando à diminuição de deflúvio superficial, aumentando a capacidade de armazenamento, que proporcionará um aumento na produção vegetal e redução dos riscos durante veranicos;
- controle do escorrimento superficial, promovendo a redução do desgaste do solo pelo processo erosivo, com conseqüente redução da poluição dos mananciais por sedimentos ou insumos agrícolas e regularização do regime hídrico da bacia hidrográfica.

Para atender às estratégias citadas, as seguintes tecnologias deverão ser colocadas em práticas:

- uso da terra segundo sua vocação agrícola (capacidade de uso), evitando a superutilização que é bastante comum no Estado, e que vem dificultando sobremaneira o controle do desgaste e empobrecimento do solo pela aplicação das técnicas economicamente viáveis;
- preparo do solo, plantio e cultivos em nível, de forma a aumentar a rugosidade superficial do terreno, reduzindo a velocidade e quantidade do escorrimento superficial;
- preparo do solo adequado quanto ao tipo de implementos, intensidade e umidade para reduzir a desestruturação, melhorar a aeração do solo e aumentar a infiltração das águas pluviais;
- manejo de mato e restos culturais, procurando manter a superfície do solo o maior tempo possível com cobertura vegetal e reduzir a desagregação;
- uso adequado de corretivos e fertilizantes, tanto na formulação quanto na quantidade, calculadas com bases nos resultados da análise química do solo;
- divisão e manejo de pastagens de forma a manter o solo sempre com boa cobertura vegetal;
- manter ou restaurar as matas naturais ciliares ou de encostas íngrimes com a finalidade de evitar a erosão, produzir madeira e lenha e montar um habitat adequado para as espécies nativas, possibilitando um certo equilíbrio biológico;
- usar corretamente defensivos agrícolas, procurando diminuir os custos de produção e evitar a contaminação dos mananciais de água;
- usar barreiras de vegetação (permanente ou não), procurando reduzir a velocidade e volume do escorrimento superficial;
- usar barreiras mecânicas (terraços, cordões, etc.) para reter as águas do escorrimento superficial para posterior infiltração ou condução segura para os canais de drenagem natural;
- fazer uso de canais escoadouros ou divergentes para condução segura do deflúvio superficial, quando o volume do fluxo ou as condições físicas do solo não permitirem a sua infiltração de maneira adequada;
- readequação de estradas e carreadores e construção de estruturas para captação das águas pluviais, reduzindo a erosão nos leitos das estradas e nas glebas marginais;
- fazer uso da estrutura de engenharia para controlar voçorocas, erosões em pontos críticos e armazenar água para regularizar a vazão ou para uso múltiplos.

O Programa ainda procurará alcançar uma maior cobertura vegetal do solo, com aumento da produção de massa nos sistemas de produção já existentes no Estado, através de pequenas modificações, como melhoria no estande, uso correto de fertilizantes e corretivos, adequação do preparo e cultivo do solo, divisão e manejo das pastagens. Essas alterações contribuirão também para aumentar a infiltração e diminuição do escorrimento superficial, ao mesmo tempo que proporcionará ao agricultor um aumento de produtividade e renda.

Para se controlar o escorrimento superficial nem sempre são suficientes as técnicas de aumento da cobertura vegetal e da infiltração, principalmente quando ocorrem chuvas de grande intensidade, havendo necessidades de procedimentos para reduzir a velocidade e capacidade de transporte através de barreiras mecânicas e às vezes até obras de engenharia, como: terraços, canais escoadouros ou divergentes, bacias de captação de águas pluviais, barragens, etc.

As soluções desses problemas são de interesse direto ou indireto, ora do agricultor ora da comunidade, daí a necessidade do envolvimento dos agricultores e das comunidades nos diferentes níveis do Programa. Esse fato conduz a necessidade de se elaborar um planejamento em nível de bacias hidrográficas, com uma visão mais ampla, onde estejam contemplados, também, os interesses da comunidade, como: estradas, qualidade e quantidade de água para usos múltiplos, meio ambiente, flora, fauna, organização da população, comercialização, etc.

8 PLANEJAMENTO DAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS E PROPRIEDADES AGRÍCOLAS

Através de levantamento conservacionista da bacia hidrográfica, deve-se fazer uma classificação utilitária das terras, determinando, segundo o sistema de classificação de capacidade de uso, a vocação agrícola e as práticas conservacionistas mais adequadas para a gleba. Essa classificação, aliada às condições socioeconômicas internas e externas, deverão nortear as definições das explorações a serem executadas, assim como as tecnologias mais adequadas para cada bacia hidrográfica. Este planejamento, embora genérico, indicará as áreas que deverão ser destinadas para a preservação da flora e fauna nativa, assim como a forma de fazê-lo sem comprometer a rentabilidade econômica da agropecuária. Outros problemas de interesse dos agricultores e da comunidade deverão

ser abordados no planejamento, como: estradas, poluição das águas, comunicação, comercialização, armazenagem, lazer, saúde, educação, etc.

O emprego de técnicas modernas, como o sensoriamento remoto, será importante para o planejamento físico das microbacias, sendo que, para esse planejamento, os extensionistas receberão treinamento específico.

O planejamento da **bacia hidrográfica,** embasado em técnicas agronômicas com resultados comprovadamente eficientes, deverá ser discutido com os agricultores. O sucesso dependerá do envolvimento efetivo dos agricultores no projeto. Na apresentação e discussão com os agricultores que o extensionista deverá ajustar e elaborar o projeto final, deve-se estabelecer prioridades, metas, cronograma de execução, responsabilidades e recursos necessários.

Como no planejamento será considerada uma série de atividades de interesse comunitário, estas deverão ser apresentadas pelo extensionista com a participação dos agricultores e de outros segmentos envolvidos. Dentre essas atividades, estão a readequação e controle de erosão nas estradas, armazéns comunitários, associação para comercialização, mecanização, melhoria da qualidade de água e meio ambiente, que poderão envolver no projeto as comunidades direta ou indiretamente interessadas nos resultados, sejam econômicos, sejam sociais.

Todas as ações e tecnologias que serão implantadas individualmente nas unidades de produção deverão derivar do planejamento global da microbacia hidrográfica. Em nível de propriedade agrícola, o extensionista deverá discutir com os agricultores as técnicas disponíveis e, em função das condições socioeconômicas, definir um conjunto de técnicas a serem implantadas. Essas técnicas a serem adotadas para cada agricultor deverão compor, no conjunto, o planejamento conservacionista da microbacia hidrográfica. As primeiras técnicas a serem introduzidas deverão ser as de baixo custo e que proporcionem um retorno econômico a curto prazo. À medida em que os agricultores começarem a auferir resultados econômicos, aumentarão os índices de adoção e a confiança no projeto, que deverá promover a capitalização desses agricultores, possibilitando a adoção de técnicas mais caras ou de retorno a médio e longo prazos.

Para cada microbacia hidrográfica ou propriedade agrícola, deverão ser recomendadas tecnologias em função dos recursos naturais presentes e recursos socioeconômicos dominantes, sem variar a estratégia de ação ou se desviar do objetivos fundamentais do Programa, que são o aumento da produtividade e renda dos agricultores e conservação dos recursos naturais.

No Estado de São Paulo, a grande maioria dos agricultores se utiliza da mecanização agrícola e insumos modernos, sendo que a diferenciação do nível tecnológico é preponderante em função da capacidade de investimento empresarial dos agricultores envolvidos. Daí a necessidade de serem selecionadas determinadas tecnologias para agricultores que já se utilizam de insumos modernos, procurando adequar o seu uso com as condições locais de recursos naturais e a intensidade de recursos financeiros disponíveis. RAMALHO Filho et alii (1978) em "Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras", distinguem três níveis de manejo que poderão ser atingidos pelo Programa:

a) **Nivel A –** Uso agrícola da terra onde o fator trabalho é praticamente o único investimento utilizado. A força utilizada é normalmente a humana, com a utilização da tração animal. O uso de insumo é praticamente nulo e quando ocorre é de muito baixa intensidade ou fruto de reciclagem na própria propriedade. É um empreendimento quase extrativista com pouco emprego de capital.

b) **Nível B –** O fator mais importante continua sendo o trabalho, porém já se utiliza da tração animal e de insumos, cujo custo já se reflete nos custos de produção. Nesse nível de manejo da terra, a aplicação de capital também é baixo.

c) **Nível C –** A exploração agrícola é tecnificada, com a utilização de mecanização e insumos modernos. Nesse tipo de manejo, a aplicação de capital é de importância relevante.

Embora o nível A seja pouco expressivo no Estado, as tecnologias propostas, quando bem-selecionadas, serão suficientes para resolver os problemas em quaisquer que sejam as relações terra-capital-trabalho. No Quadro 2, estão relacionadas as principais tecnologias para aumentar a cobertura vegetal do solo e a infiltração da água e controlar o escorrimento superficial para os diferentes níveis tecnológicos de manejo da terra.

QUADRO 2 – Estratégia técnica do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas.

TÉCNICAS QUE ATUAM SOBRE:
C = COBERTURA DO SOLO;
E = ESCORRIMENTO SUPERFICIAL;
I = INFILTRAÇÃO;
P = POLUIÇÃO.

MATRIZ MOSTRANDO AS ATIVIDADES TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS E OS PROBLEMAS/ESTRATÉGIAS ATINGIDAS

| PROBLEMAS/ESTRATÉGIAS | – USO ADEQUADO DO SOLO | Plantio de espécies perenes | Reflorestamento econômico | Reflorestamento conservacionista | Adequação espacial explorações | – ROTAÇÃO DE CULTURAS | Culturas com maior prod. biomassa | Culturas com relação C/N maior | – ADUBAÇÃO VERDE | Adubação intercalar em culturas perenes | Adubação verde para cobertura morta | Semeadura Ad. verde cult. verão | – CONSORCIAÇÃO DE CULTURAS | Cons. cult. primavera/verão | Cons. cult. anuais x perene | – PREPARO DE SOLO | Uso implementos de dentes | Uso implementos de disco (arado) | Redução do n.º de operações | Semeadura sem preparo | Uso de picador de palha | Uso de rotação de preparo | Uso de herbicidas p/incorporação | Movimentação mínima do solo | Subsolagem | – FAIXA DE VEGETAÇÃO PERMANENTE | Faixa de retenção | Carreadores vegetados | – PRODUÇÃO VEGETAL | Stand adequado | Uso adequado de corretivos | Uso adequado de fertilizantes | Uso de variedades + rústicas | Adequação da época de plantio | Reforma de pastagem | Manejo adequado de pastagem | – OPERAÇÃO EM NÍVEL | Preparo de solo em nível | Plantio em nível | Cultivos em nível | – CONSTRUÇÃO DE BARREIRAS | Enleiramento em nível | Embaciamento | Cordões em contorno | Terraceamento | Caixa de retenção | – CONSTRUÇÃO DE CANAIS | Canais escoadouros | Canais divergentes | – OUTRAS TECNOLOGIAS | Adequação de estradas | Divisão de pastagem | Distribuição água e sal nos pastos | Açudagem | Abastecedouros comunitários | Uso adequado de defensivos | Ceifa de mato | Silagem | Controle de voçoroca | Depósito para lixo tóxico |
|---|---|---

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D. & LOMBARDI NETO, F. **Ocorrência da erosão rural no Estado de São Paulo.** In: Simpósio sobre o Controle da Erosão, 2.º, São Paulo, nov. 1981, Anais. São Paulo, IBGE, 1981. p. 117-137.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** São Paulo, Icone, 1990. 355p.

CASTRO, O.M. de. **Sistemas de preparo de solo e rotação de cultura para milho e soja.** Relatório Técnico Anual. Campinas, Instituto Agronômico, 1988. 53p. (mimiografado).

ELWELL, H.A. **Preliminary report on crop cover simulation experiments.** Institute of Agricultural Engennering, Zimbabwe, 1980, 27p. (mimiografado).

LOMBARDI NETO, F. et alii. **Efeito da quantidade de resíduos culturais do milho nas perdas de solo e água.** R. bras. Ci. Solo 12.71-75, 1988.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA E.G. & BEEK, K.J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras.** Brasília, PLAN/MA-SNLCS/EMBRAPA, 1978, 70p.

SÃO PAULO. **Programa estadual de microbacias hidrográficas. Proposta de financiamento para o BIRD.** Estratégia Técnica do Programa. São Paulo, SAA, 1989. 61p.

SIMS, D.A. **Consultant Report, Soil Conservation Research.** Campinas, Instituto Agronômico. 1984, 74p. (UNDP/FAO, BRA/82/011).

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL-CATI

MANUAL TÉCNICO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA

VOLUME II



POTENCIALIDADES AGRÍCOLAS DAS TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Dorival Bertol
Edison Carra
Francisco Lombardi Ne
Igo Fernando Leps
Maria Helena de Almeida Me
Mário Ivo Drugowi
Mário José Pedro Júni
Ricardo Bellinazzi Júni

MANUAL Nº

EDIÇÃO E PUBLICAÇÃO

Centro de Comunicação Rural - CECOR - CATI/SAA

Av. Brasil, 2.340 - Caixa Postal 960
CEP 13073-001 - Campinas (SP)
PABX (0192) 41-3900 - Telex - 19-1132
Tel./Fax (0192) 42-5791

Tiragem: 3.000

EDITORAÇÃO

Diretora: Maria Evanilda Martins
Editora responsável: Maria Rita P. G. Godoy
Revisora de português: Marlene M. de Almeida Rabello
Revisora bibliográfica: Maria Vilma Gasparoto

PRODUÇÃO GRÁFICA

Diretora: Angelina Maria W. Takahashi
Editoração eletrônica: Miriam Abrahão Gonçalves, SCAN Computação Gráfica
Arte-final: José Henrique Marco Antônio
Fotolitografia: Jadison Palma, Gerson Canesqui
Impressores: Mário Augusto dos Santos, Nelson Nogueira
Oficina gráfica: Mário Augusto dos Santos, Antônio José Gomes, Élvio Augusto de Souza, Emílio Palma, João Batista Palma, Manoel Mendes Santiago
Distribuição: Maria de Lourdes Silveira

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL-CATI

MANUAL TÉCNICO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA

VOLUME II

POTENCIALIDADES AGRÍCOLAS DAS TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO



Dorival Bertolini
Edison Carraro
Francisco Lombardi Neto
Igo Fernando Lepsch
Maria Helena de Almeida Mello
Mário Ivo Drugowich
Mário José Pedro Júnior
Ricardo Bellinazzi Júnior

Manual CATI	Campinas (SP)	nº 39	dezembro 1994

Publicação dirigida aos técnicos da rede assistencial da CATI e/ou entidades afins.

É permitida a reprodução parcial, desde que citada a fonte. A reprodução total depende de autorização expressa da CATI.

FICHA CATALOGRÁFICA

Lombardi Neto, F. & Drugowich, M. I. Coordenadores.

Manual técnico de manejo e conservação de solo e água, coordenado por Francisco Lombardi Neto e Mário Ivo Drugowich. Campinas, CATI, 1994.

v. II - CONTEÚDO: Potencialidades agrícolas das terras do Estado de São Paulo.

168p. ilus. 28cm (Manual Técnico, 39).

CDD 631.45

APRESENTAÇÃO

O momento atual é de reconhecimento generalizado pela comunidade técnico-científica e governamental acerca da necessidade de mudança ou reenquadramento das atividades agrícolas e adoção de ações que, efetivamente, garantam o uso racional e conservação dos recursos naturais para as futuras gerações. Reconhece-se, ainda, a urgência de sustar ou controlar processos já instalados de degradação ambiental, de recuperar as áreas já degradadas, e, sobretudo, de prevenir novos riscos de depauperamento.

Naturalmente, a ação renovadora, profunda e abrangente dos modelos existentes, deverá se apoiar na participação efetiva da sociedade como um todo, notadamente da classe produtora, para que se envolva com as soluções que são apresentadas, e da população em geral, para que passe a se preocupar com os métodos de obtenção de alimentos e matérias-primas, bem como com a qualidade do ambiente em que habita e procria.

A abordagem em microbacias hidrográficas é uma filosofia de trabalho ou modelo de desenvolvimento, no qual sobressai a característica de promover a articulação e participação desejáveis entre produtores, técnicos, extensionistas e o poder público, especialmente o municipal, e assim despontar como alternativa, amplamente desejável no sentido do desenvolvimento equilibrado e harmônico.

Nesse contexto, dentre o grande elenco de dados básicos e informações que são requeridos, destaca-se o conhecimento primordial relativo ao inventário dos recursos naturais e à avaliação da potencialidade agrícola das terras, como forma de planejar o uso com equilíbrio ecológico e voltado à obtenção de produtos de alto valor biológico.

O objetivo deste diagnóstico reside em apontar aspectos da potencialidade e fatores limitantes ao uso agrícola das terras do Estado, bem como esclarecer em que medida as atividades de planejamento do uso da terra e de avaliação constituem-se em precioso instrumento para implantação de ações e modelos conservacionistas integrados para o desenvolvimento rural.

Francisco Lombardi Neto

Mário Ivo Drugowich

Coordenadores do Manual

Lista de Figuras

HIDROLOGIA, CLIMATOLOGIA E AGROMETEOROLOGIA

FIGURA 1 - Representação esquemática do ciclo hidrológico 2
FIGURA 2 - Esboço representativo de uma bacia hidrográfica 3
FIGURA 3 - Exemplo de uma seção transversal e a respectiva curva-chave (relação cota-descarga) 3
FIGURA 4 - Exemplos de uma seção transversal com um linímetro e a localização de um posto-pluviométrico 4
FIGURA 5 - Representação esquemática de um linígrafo em relação a uma dada seção transversal 5
FIGURA 6 - Representação simplificada dos componentes da vazão 6
FIGURA 7 - Exemplos de hidrogramas simples e complexos e do hidrograma normalmente chamado de fluviograma 7
FIGURA 8 - Representação esquemática de um hidrograma simples e seus principais componentes 9
FIGURA 9 - Separação dos escoamentos em um hidrograma simples 11
FIGURA 10 - Traçado dos polígonos para cálculo da lâmina média de água no solo, proveniente da precipitação pluvial, pelo método Thiessen 13
FIGURA 11 - Exemplo da obtenção de um hidrograma unitário, em função dos diferentes hidrogramas unitários que o geraram, pelo método Sherman 15
FIGURA 12 - Diferentes tipos de cheias, conforme Norton 16
FIGURA 13 - Exemplos de curvas de depleção do escoamento de base (Qb) e a curva normal adotada 17
FIGURA 14 - Representação gráfica das leis que regem o comportamento das curvas de depleção 19
FIGURA 15 - Fluviogramas típicos do período de estiagem e as curvas normais de depleção (exemplo de comportamento do coeficiente de decrescimento d) 20
FIGURA 16 - Classificação climática, segundo Köppen, do Estado de São Paulo 24
FIGURA 17 - Isotermas anuais (°C) para o Estado de São Paulo 25
FIGURA 18 - Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas menor ou igual a 2°C em porcentagem 26
FIGURA 19 - Número de dias com ocorrência de geada por ano 27
FIGURA 20 - Totais anuais médios de chuva (mm) 28
FIGURA 21 - Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetro, para período de retorno de 5 anos 30
FIGURA 22 - Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetro, para período de retorno de 10 anos 31
FIGURA 23 - Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetro, para período de retorno de 25 anos 32
FIGURA 24 - Isoietas de intensidades de chuvas máximas em 15 minutos, em milímetros por hora, para período de retorno de 10 anos 33

FIGURA 25 - Balanços hídricos pelo método de "Thornthwaite & Mather, 1955" (125mm) para algumas regiões do Estado de São Paulo 35
FIGURA 26 - Deficiências hídricas anuais (mm), considerando armazenamento máximo de 125mm 36
FIGURA 27 - Valores médios anuais do índice de erosão da chuva do Estado de São Paulo (MJ.mm/h.ha.ano) 37
FIGURA 28 - Valores médios do índice de erosão da chuva do Estado de São Paulo (MJ.mm/h.ha.ano), para período de outubro-março (período de chuva) 38
FIGURA 29 - Valores médios do índice de erosão da chuva do Estado de São Paulo (MJ.mm/h.ha.ano), para período de abril-setembro (período da seca) 39
FIGURA 30 - Áreas do Estado de São Paulo cuja distribuição do potencial de erosão das chuvas é uniforme 40
FIGURA 31 - Principais locais para levantamentos de dados de temperatura e chuva do estado de São Paulo 43
FIGURA 32 - Planta esquemática do posto termopluviométrico (anteprojeto da Seção de Climatologia Agrícola, Instituto Agronômico-Campinas) 45
FIGURA 33 - Esquema para construção de pluviômetro caseiro (molde para confecção do funil de latão) 46
FIGURA 34 - Esquema para construção e instalação de pluviômetro caseiro 47
FIGURA 35 - Abrigo microclimático 48
FIGURA 36 - Termômetro meteorológico de máxima e de mínima 48
FIGURA 37 - Preparação do termômetro de máxima 49
FIGURA 38 - Abrigo para termômetro de máxima e mínima, tipo IBC-GERCA 50
FIGURA 39 - Termômetro de parede de máxima e mínima, "tipo six" 51
FIGURA 40 - Representação esquemática do balanço hídrico 54
FIGURA 41 - Gráfico do balanço hídrico 58
FIGURA 42 - Variação dos componentes do balanço hídrico no período decendial 59

SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

FIGURA 1 - Penetração da água em três situações de relevo 77
FIGURA 2 - Esquema de um perfil de solo hipotético, mostrando os principais horizontes . . . 78
FIGURA 3 - Diagrama para determinação da classe textural do solo, segundo Soil Survey Staff (EUA, 1981) e de acordo com a tradução e adaptação da Comissão Permanente de Métodos de Trabalho de Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo . 82
FIGURA 4 - Exemplo esquemático do perfil de um solo com horizonte B textural 84
FIGURA 5 - Exemplo esquemático do perfil de um solo com horizonte B latossólico 85
FIGURA 6 - Mapa esquemático, mostrando a localização dos solos Podzólicos Vermelho-Amarelo no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos 88
FIGURA 7 - Mapa esquemático, mostrando a localização dos solos Podzolizados com cascalhos no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos 90
FIGURA 8 - Mapa esquemático, mostrando a localização dos solos Podzolizados de Lins e Marília no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos 91
FIGURA 9 - Mapa esquemático, mostrando a localização da Terra Roxa Estruturada no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos 92
FIGURA 10 - Mapa esquemático, mostrando a localização do Latossolo Roxo no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos 94
FIGURA 11 - Mapa esquemático, mostrando a localização do Latossolo Vermelho-Escuro no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos 95

FIGURA 12 - Mapa esquemático, mostrando a localização do Latossolo Vermelho-Amarelo no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos 97
FIGURA 13 - Mapa esquemático, mostrando a localização dos solos de Campos de Jordão no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos 99
FIGURA 14 - Levantamentos pedológicos mais recentes efetuados ou em execução pelo Instituto Agronômico (Situação em dezembro de 1990) 107
FIGURA 15 - Diagrama de grupamento das classes de textura do solo 113

CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA

FIGURA 1 - Resumo da variação do tipo e da intensidade máxima de utilização da terra sem risco de erosão acelerada, em função das classes de capacidade de uso 124
FIGURA 2 - Escala do U.S.D.A. (1956) de tamanho de partículas e respectivo gráfico triangular das classes texturais simplificadas do solo, segundo EMBRAPA (1979), usada na análise granulométrica, quando a fração silte ou limo estiver compreendida entre 0,002 e 0,05mm de diâmetro 126
FIGURA 3 - Exemplo de mapa-base, que será o ponto de partida de toda representação cartográfica 137
FIGURA 4 - Exemplo de mapa do levantamento do meio físico, efetuado no campo, sobre fotografia aérea no qual as glebas estão separadas por linhas contínuas, tracejadas ou pontilhadas, e suas principais características notadas por meio de símbolos convencionais em "fórmulas" 138
FIGURA 5 - Exemplo de mapa do uso atual das terras. (Hfc: fruticultura de citros; Hor: olericultura de repolho; Laf: lavoura anual de feijão; Lam: lavoura anual de milho; Lpc: lavoura perene de café; Pcb: pastagem cultivada de braquiária; Pnf: pastagem nativa em floresta; Pns: pastagem nativa em cerrado; Pxc: capineira de cana-de-açúcar; Pxg: capineira de capim guatemala; Pxs: capineira de soja perene; Sg: cerradão; Ve: reflorestamento com eucalipto; Vp: reflorestamento com pinus) 139
FIGURA 6 - Exemplo de mapa de classes e subclasses de capacidade de uso das terras . . 140
FIGURA 7 - Fluxograma do planejamento do uso racional da terra 141

CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

FIGURA 1 - Capacidade de uso de solo no Estado de São Paulo 143

UTILIZAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS E DE MAPAS NO PLANEJAMENTO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

FIGURA 1 - MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CLARINHO - 3.750 hectares
Escala 1:50.000; município; Santa Rita do Passa Quatro 159

Lista de Quadros

HIDROLOGIA, CLIMATOLOGIA E AGROMETEOROLOGIA

QUADRO 1 - Médias mensais de temperatura, precipitação pluvial e de resultados de balanços hídricos, segundo Thornthwaite e Mather, 1955 (125mm) 34
QUADRO 2 - Médias mensais de temperatura, precipitação pluvial e de resultados de balanços hídricos, segundo Thornthwaite e Mather, 1955 (125mm) 34
QUADRO 3 - Valores dos coeficientes das equações de regressão para estimativas das médias mensais de temperatura máxima para o Estado de São Paulo, em função de altitude e latitude 52
QUADRO 4 - Valores dos coeficientes das equações de regressão para estimativas das médias mensais de temperatura mínima para o Estado de São Paulo, em função de altitude e latitude 53
QUADRO 5 - Valores do fator f da fórmula de Camargo & Camargo (1984) de estimativa de evapotranspiração potencial em milímetros para o dia 15 de cada mês, na faixa de latitude que abrange o Estado de São Paulo 55
QUADRO 6 - Valores de armazenamento máximo (mm) aproximados para o uso das Tabelas de armazenamento no cálculo do balanço hídrico 56
QUADRO 7 - Balanço hídrico climático, segundo Thornthwaite e Mather (1955), para 125mm de armazenamento. Local: Campinas, latitude: 22°05'S, longitude: 47°05'W e altitude: 669m. Período: 1956-1989. 57
QUADRO 8 - balanço hídrico seriado durante o ano de 1990. Armazenamento máximo de 75mm, período de cálculo de 10 dias. Local: Pindorama, latitude: 21°08'S, longitude: 48°55'W e altitude: 562m 60
QUADRO 9 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 0 e 70mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 25 milímetros 61
QUADRO 10 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 0 e 170mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 50 milímetros 61
QUADRO 11 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 0 e 290mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 75 milímetros 62
QUADRO 12 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 0 e 420mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 100 milímetros 63
QUADRO 13 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 0 e 420mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 125 milímetros 64
QUADRO 14 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 0 e 449mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 300 milímetros 65

QUADRO 15 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 450 e 899mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 300 milímetros 66
QUADRO 16 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 900 e 1490mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 300 milímetros 67

SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

QUADRO 1 - Símbolos e definições dos principais horizontes do perfil do solo 79
QUADRO 2 - Agrupamento dos solos do Estado de São Paulo em ordem, subordem e grande grupo e área ocupada por cada grupo 105
QUADRO 3 - Correspondência predominante das unidades dos solos com B textural, identificadas em São Paulo pela antiga Comissão de Solos com as classificações que vêm sendo utilizadas em levantamentos pedológicos mais recentes (1980-1986). (Segundo LEPSCH & OLIVEIRA, 1987) 108
QUADRO 4 - Correspondência predominante das unidades dos solos com B latossólico, identificados em São Paulo pela antiga Comissão de Solos com as classificações que vêm sendo utilizadas em levantamentos pedológicos mais recentes (1980-1986). (Segundo LEPSCH & OLIVEIRA, 1987) 109
QUADRO 5 - Correspondência predominante das unidades dos solos hidromórficos (HI, PH e O) e solos pouco desenvolvidos (Li, R, RPV-RLV) identificadas pela antiga Comissão de Solos com as classificações que vêm sendo utilizadas em levantamento pedológicos mais recentes. (Segundo LEPSCH & OLIVEIRA, 1987) 110
QUADRO 6 - Principais horizontes diagnósticos de superfície, resumo de suas características, solos onde ocorrem em São Paulo e alguns processos 111
QUADRO 7 - Resumo das características dos principais horizontes diagnósticos de subsuperfície e solos onde ocorrem em São Paulo 112
QUADRO 8 - Classes de solos em nível elevado, reconhecidas presentemente pela EMBRAPA/SNLCS e propriedades diagnósticas para divisões subseqüentes de classes em níveis categóricos inferiores 115

CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA

QUADRO 1 - Esquema dos grupos, classes, subclasses e unidades de capacidade de uso . 122
QUADRO 2 - Profundidade efetiva do solo 125
QUADRO 3 - Textura do solo 126
QUADRO 4 - Permeabilidade do perfil do solo 127
QUADRO 5 - Símbolos usados para notar a erosão hídrica em sulcos 129
QUADRO 6 - Fatores limitantes da terra 130
QUADRO 7 - Símbolos usados para notar os riscos de inundação 131
QUADRO 8 - Enquadramento das terras em classes de capacidade de uso 136

CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

QUADRO 1 - Classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo, distribuição, áreas atingidas e declividade 142
QUADRO 2 - Aptidão Agrícola das Terras, segundo os Níveis de Manejo B e C do Estado de São Paulo 145
QUADRO 3 - Aptidão Agrícola das terras do Estado de São Paulo por mesorregião 146
QUADRO 4 - Agrupamentos de solos, segundo suas qualidades, características e resistência à erosão, e seus respectivos índices 148
QUADRO 5 - Agrupamentos de solos e suas respectivas unidades pedológicas, segundo levantamento da comissão de Solos (Brasil, 1960) e semidetalhados 149

UTILIZAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS E DE MAPAS NO PLANEJAMENTO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

QUADRO 1 - Tipos de vegetação normalmente levantados em trabalhos de fotointerpretação 163
QUADRO 2 - Grandes grupos de solos do Estado de São Paulo 167

Sumário

APRESENTAÇÃO i
LISTA DE FIGURAS ii
LISTA DE QUADROS iii

HIDROLOGIA, CLIMATOLOGIA E AGROMETEOROLOGIA 1

1 INTRODUÇÃO 1
2 HIDROLOGIA DE SUPERFÍCIE 1
2.1 Conceitos básicos 2
2.2 Algumas técnicas de análise, usadas em hidrologia de superfície 10
2.3 Material mínimo necessário 22
2.4 Órgãos públicos de controle e estudo 22
3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS GERAIS 23
3.1 Classificação climática 24
3.2 Temperatura 25
3.3 Precipitação pluviométrica 27
3.4 Intensidade máxima de chuva 28
3.5 Balanço hídrico 33
3.6 Potencialidade erosiva das chuvas 36
3.7 Considerações finais 41
4 LEVANTAMENTO DE DADOS TERMOPLUVIOMÉTRICOS 41
5 INSTALAÇÃO DE POSTOS TERMOPLUVIOMÉTRICOS 44
5.1 Precipitação pluviométrica (chuva) 44
5.2 Temperatura do ar 47
6 ESTIMATIVA DAS TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS DAS MÁXIMAS E DAS MÍNIMAS 52
7 BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO 54
7.1 Escolha do valor de armazenamento máximo 55
7.2 Roteiro para cálculo do balanço hídrico 56
7.3 Interpretação do gráfico do balanço hídrico 57
7.4 Balanço hídrico seriado 59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 68

SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO 70

1 NATUREZA E FUNÇÕES DE UM SOLO 70
1.1 Partículas minerais e orgânicas 70
1.2 Água do solo 71
1.3 Ar do solo 72
2 ORIGEM E FORMAÇÃO DO SOLO 73
2.1 Intemperização 73
2.2 Formação dos solos 73
2.3 Fatores de formação do solo 74
3 PERFIL E HORIZONTES 77
3.1 Subdivisão dos Horizontes 80
3.2 Ocorrências Especiais 80
4 PROPRIEDADES DO SOLO 81
4.1 Textura 81
4.2 Classificação textural do "material do solo" 81
4.3 Estrutura 81
4.4 Cor 82
4.5 Consistência 82
4.6 "Cerosidade" ou filmes de argila ("Clay Skins") 83

5 PROCESSOS DE FORMAÇÃO DOS SOLOS 83
5.1 Podzolização 83
5.2 Latossolização 84
5.3 Hidromorfização 85
6 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS 85
6.1 Classificação dos solos, usada no levantamento de reconhecimento publicado em 1960 . . . 86
6.2 Apreciações gerais sobre as características dos solos limitantes ao uso agrícola 104
6.3 Classificação de solos nos atuais levantamentos pedológicos 106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 118

CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA 121

1 INTRODUÇÃO 121
2 CAPACIDADE DE USO DE TERRAS 122
2.1 Levantamento do meio físico 124
2.2 Representação Cartográfica 137
2.3 Planejamento Conservacionista 140
3 CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO 142
3.1 Aptidão Agrícola 144
4 CLASSIFICAÇÃO PARA FINS CONSERVACIONISTAS 147
4.1 Grupos de solos e suas qualidades e características para fins conservacionistas 147
5 CONSEQÜÊNCIAS DA UTILIZAÇÃO E DO MANEJO INADEQUADOS DOS RECURSOS NATURAIS. 150
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS, POTENCIAL AGRÍCOLA, USO E MANEJO 151
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 154

UTILIZAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS E DE MAPAS NO PLANEJAMENTO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS 157

1 INTRODUÇÃO 157
2 DELIMITAÇÃO DA BACIA 157
3 REDE DE DRENAGEM 160
4 SISTEMA VIÁRIO E BENFEITORIAS 161
5 VEGETAÇÃO 162
6 SOLOS 164
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 168

POTENCIALIDADE AGRÍCOLA DAS TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

HIDROLOGIA, CLIMATOLOGIA E AGROMETEOROLOGIA

Maria Helena de Almeida Mello (1)

Mário José Pedro Júnior (1)

Francisco Lombardi Neto (2)

1 INTRODUÇÃO

A variabilidade climática e a variabilidade da densidade da rede de drenagem do Estado de São Paulo indicam a necessidade da caracterização climática geral e, em nível de detalhe, quando do estudo de uma microbacia hidrográfica. Esses estudos envolvem o conhecimento generalizado sobre a hidroclimatologia da região através da fluviometria, de cartas climáticas básicas e levantamento de dados climáticos históricos, principalmente os pluviométricos, para análises mais detalhadas que permitam ações mais efetivas do agrônomo que atua na região.

Para tanto, são apresentadas, neste documento, considerações sobre hidrologia de superfície, cartas climáticas básicas do Estado, informações sobre levantamento de dados, instalação de postos termopluviométricos e técnicas agrometeorológicas para estimativa de temperatura e cálculo de balanço hídrico para auxiliar e/ou facilitar o trabalho do extensionista envolvido no estudo da microbacia.

2 HIDROLOGIA DE SUPERFÍCIE

Os principais objetivos deste item são possibilitar a elaboração de estudos elementares em hidrologia de superfície e mostrar a sua aplicabilidade nas microbacias hidrográficas.

Para atingir tais objetivos, serão apresentados, preliminarmente, alguns conceitos e princípios fundamentais, e, posteriormente, os métodos mais simples relacionados com estudos hidrológicos de superfície. Nesse sentido, serão considerados apenas os métodos nos quais se pressupõe a existência de séries de dados de precipitação pluvial e dos principais elementos que caracterizam o comportamento de um determinado curso d'água.

Após os itens que tratam das questões metodológicas, apresentar-se-á uma relação (comentada) dos materiais informativos mínimos necessários, que devem estar disponíveis ao se iniciar o estudo do comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica.

Numa tentativa de sanar possíveis dúvidas sobre o assunto e as prováveis lacunas quanto às informações contidas neste Manual Técnico, fez-se constar, no final deste capítulo, o nome das principais entidades públicas que se relacionam direta ou indiretamente com a hidrologia de superfície, onde podem-se obter maiores detalhes.

(1) Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC - Seção de Climatologia Agrícola
(2) Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC - Seção de Conservação do Solo

Na bibliografia, procurou-se relacionar obras básicas e específicas que detalham os métodos aqui tratados e ainda algumas obras básicas sobre métodos de estudo hidrológico que não foram abordados no presente capítulo.

Finalizando, é preciso esclarecer que o presente capítulo deve ser entendido como uma compilação sobre assunto elaborado a partir das obras que se encontram relacionadas na bibliografia; portanto, é indispensável que se consulte pelo menos uma dessas obras, antes de se iniciar um estudo hidrológico de superfície.

2.1 Conceitos básicos

a- Conceituação geral

- **Hidrologia de superfície:** é o estudo do movimento da água sobre o solo (Souza Pinto et alli, 1973). Em geral, refere-se ao escoamento d'água nos canais de drenagem de uma bacia hidrográfica. Esse escoamento constitui uma parte importante do ciclo hidrológico.

- **Ciclo hidrológico** (Figura 1): é o conjunto de processos físicos que são desencadeados entre a precipitação e o escoamento superficial. Os principais processos são precipitação, interceptação, evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial.

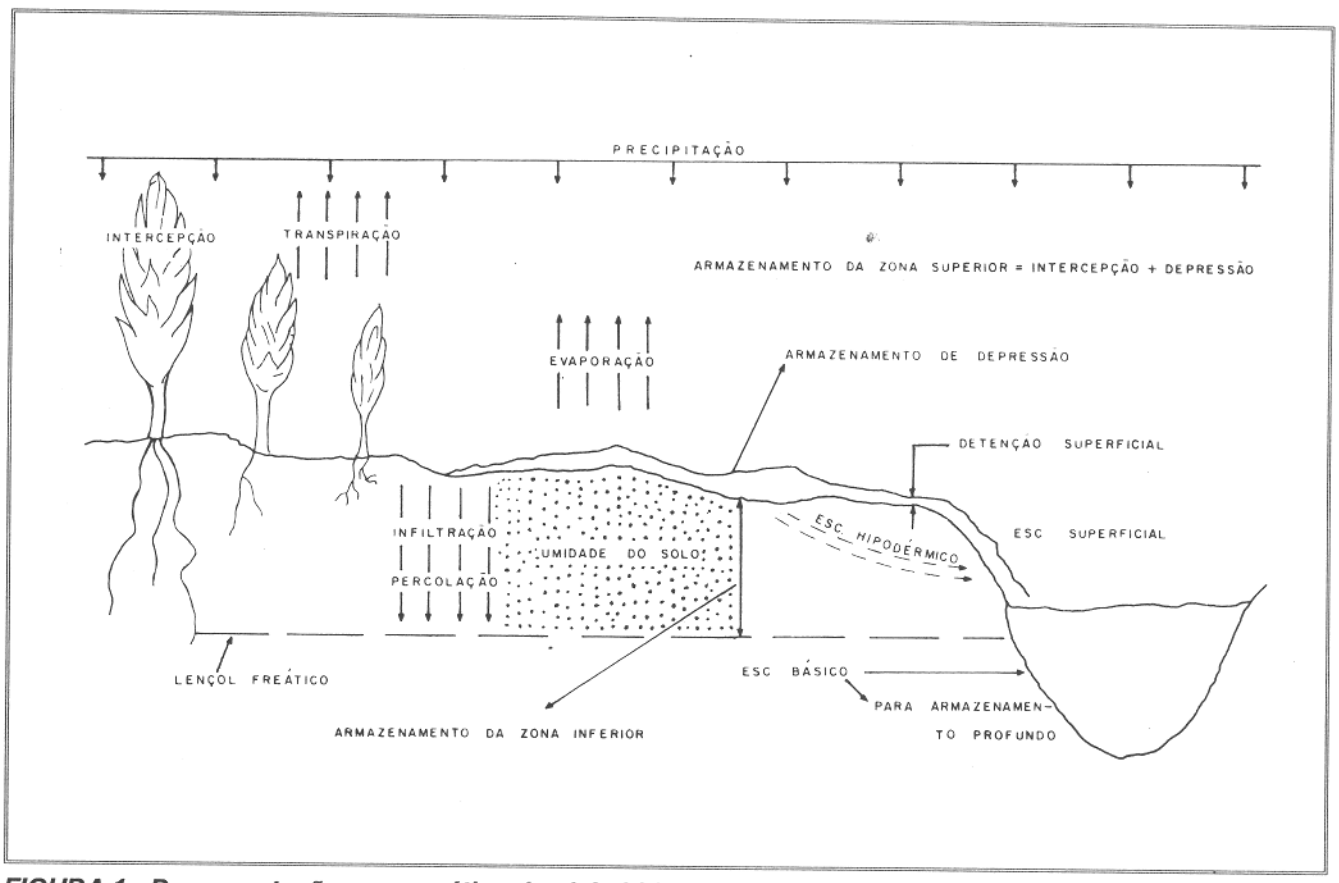


FIGURA 1 - Representação esquemática do ciclo hidrológico.
FONTE: Boletim Técnico nº 7, DAEE

Conhecidas as propriedades do escoamento superficial, podem-se estabelecer as relações entre essas e os demais componentes do ciclo hidrológico e, ainda, entre essas e as características físicas de uma bacia hidrográfica.

- **Bacia hidrográfica** (Figura 2): tomando-se como referencial uma seção transversal de um rio, chama-se bacia hidrográfica ou bacia de contribuição, a área coletora de água proveniente da precipitação que, escoando pela superfície do solo, atinge a seção considerada (Figura 3).

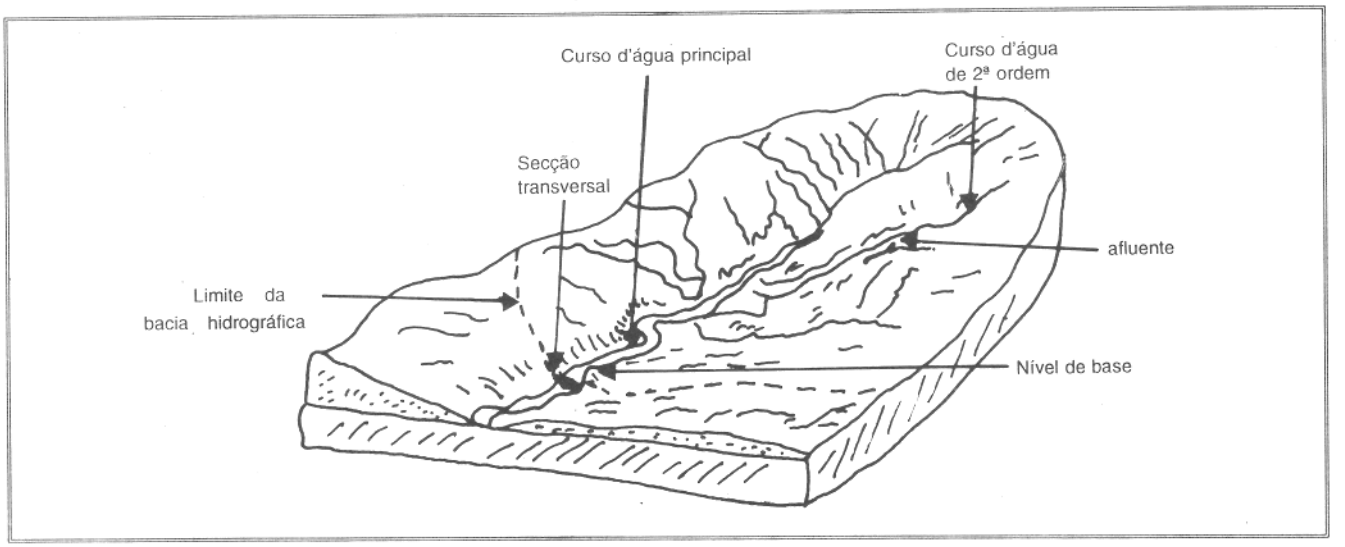


FIGURA 2 - Esboço representativo de uma bacia hidrográfica.

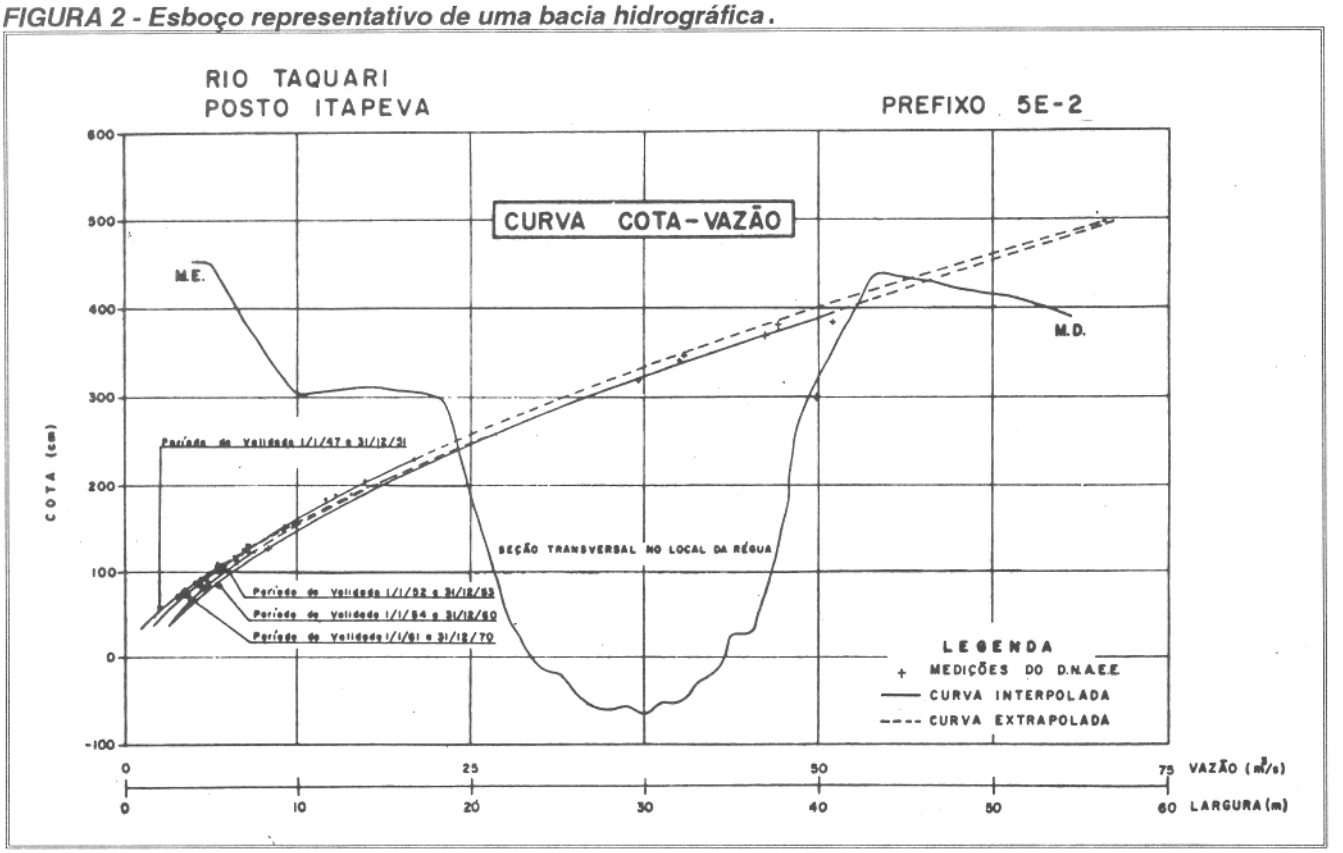
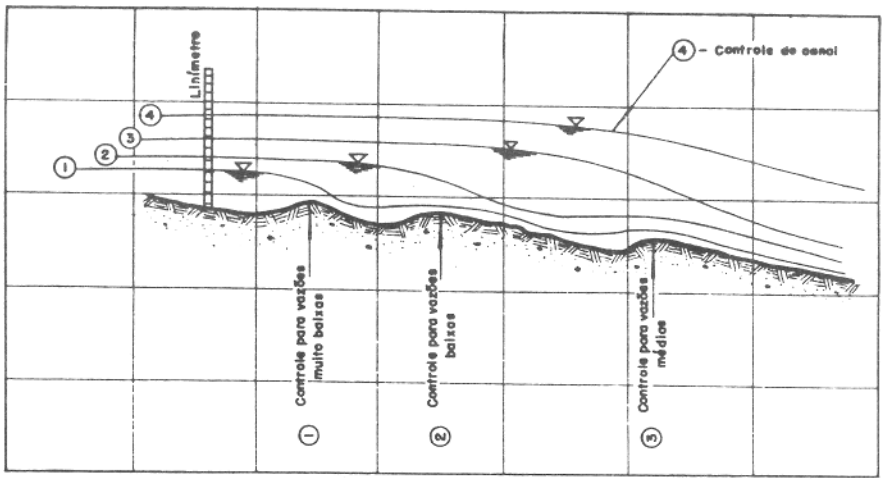


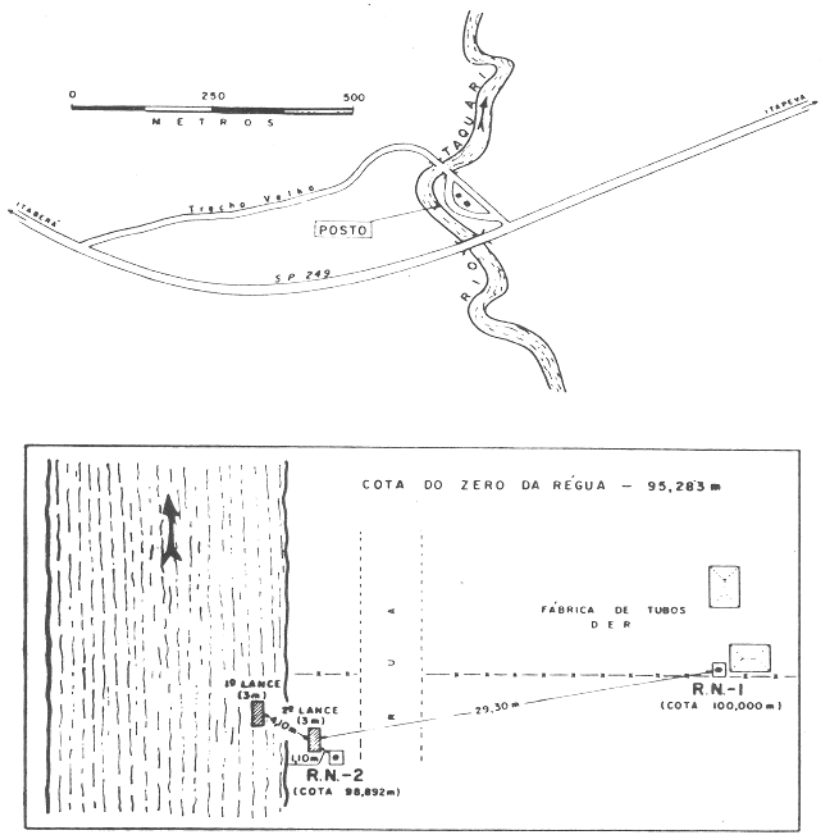
FIGURA 3 - Exemplo de uma seção transversal e a respectiva curva-chave (relação cota-descarga).
FONTE: Boletim Fluviométrico nº 1, 1971-DAEE

b- Principais elementos que caracterizam o escoamento superficial numa seção transversal

- **Nível d'água:** é a altura atingida pela água do rio na seção transversal considerada. É medida através de réguas especiais, contendo uma escala graduada conhecida como escala linimétrica, colocadas em pontos pré-determinados de uma dada seção transversal (Figura 4).



a) Exemplo esquemático de um linímetro e do controle das variáveis em função da descarga.
Fonte: Souza Pinto et alii, 1973



b) Localização de um posto pluviométrico e exemplo da colocação das escalas de medição da cota linimétrica.
Fonte: Boletim Fluviométrico, nº 1, 1971-DAEE

FIGURA 4 - Exemplos de uma seção transversal com um linímetro e a localização de um posto pluviométrico.

A altura também pode ser medida através de um aparelho registrador chamado de linígrafo (Figura 5). Os dados resultantes dessas medições são conhecidos como alturas ou cotas linimétricas, em geral referindo-se a um dado tempo (m/s, m/h, m/24h, etc.), representando alturas instantâneas ou alturas médias, num intervalo de tempo (hora, dia, mês, ano, etc.).

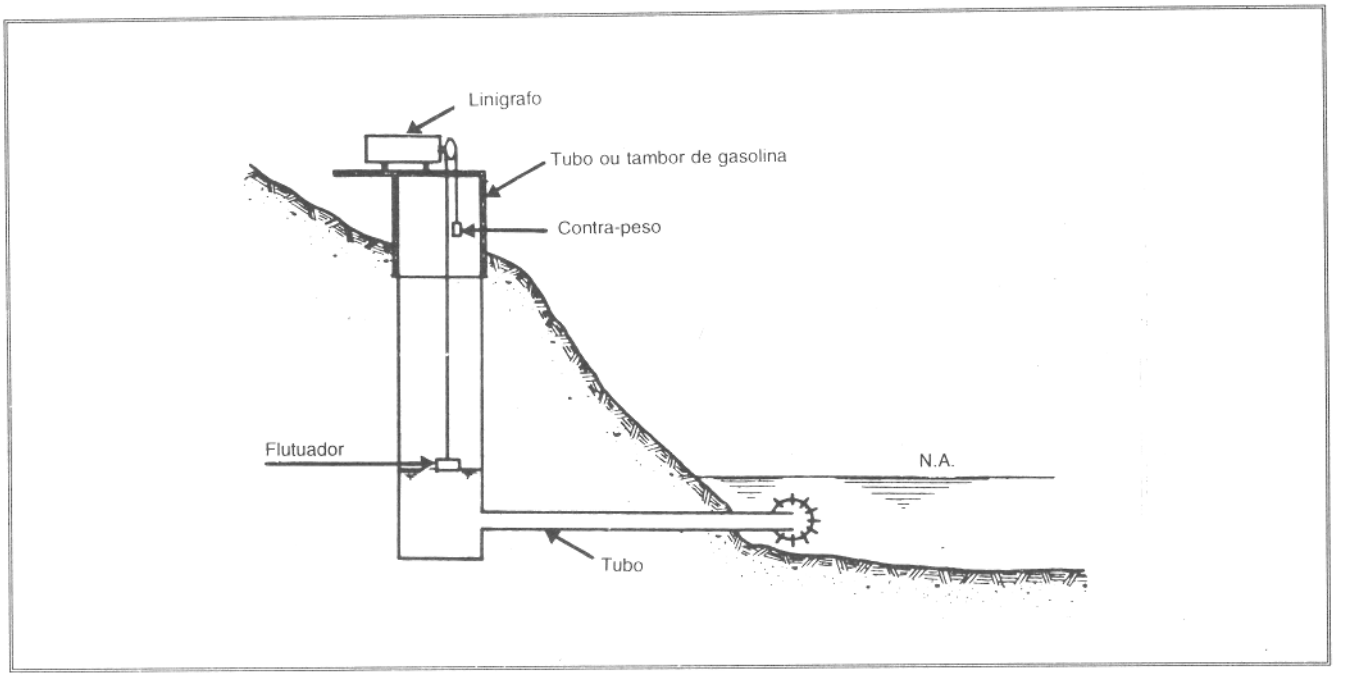


FIGURA 5 - Representação esquemática de um linígrafo em relação a uma dada seção transversal.
FONTE: Souza Pinto et alii, 1973

- **Vazão ou descarga**: é o volume d'água que escoa numa seção transversal de um curso d'água na unidade de tempo. É medida através de diferentes processos (físicos ou químicos), a determinados momentos durante um certo período até que se possa estabelecer, para essa seção, uma correlação entre essas medidas e as cotas linimétricas (relação cota-descarga). Em função dessa relação é possível obterem-se as seqüências de vazões referentes a sucessivos níveis d'água. O gráfico representativo dessa relação é conhecido como curva-chave (Figura 4).

c - Principais componentes da vazão, numa seção transversal (Figura 6)

- **Escoamento superficial propriamente dito**: é a água que atinge a seção transversal após algum tempo, decorrido do início da precipitação.

- **Escoamento subsuperficial ou hipodérmico**: ocorre nas camadas superiores do solo e depende principalmente das chuvas que caíram anteriormente, ou das chuvas que caíram a alguma distância da seção transversal considerada e que atingiram essa seção através dos canais da rede de drenagem. Na prática, é difícil separar o escoamento superficial do hipodérmico.

- **Escoamento de base ou subterrâneo**: é a água proveniente da saturação do terreno, ao longo do canal do curso d'água. Processa-se lentamente e é responsável pela manutenção do curso d'água durante longos períodos de estiagem.

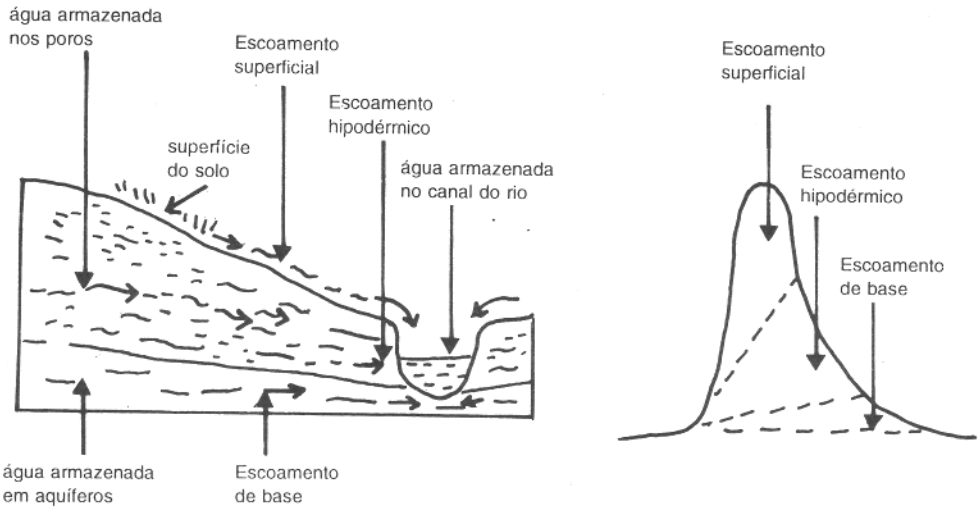
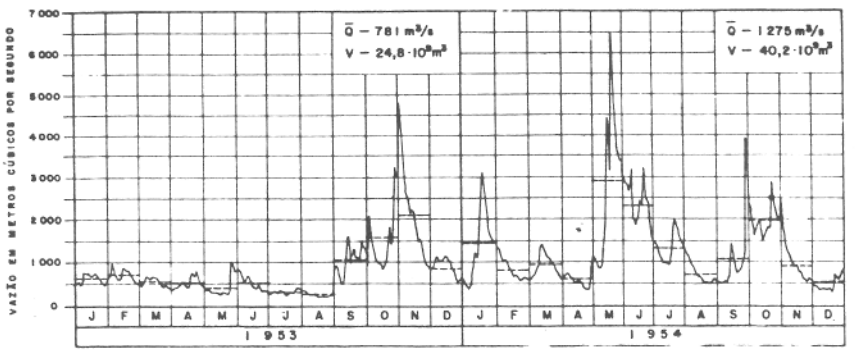


FIGURA 6 - Representação simplificada dos componentes da vazão.
FONTE: UNESCO/IASH, 1970

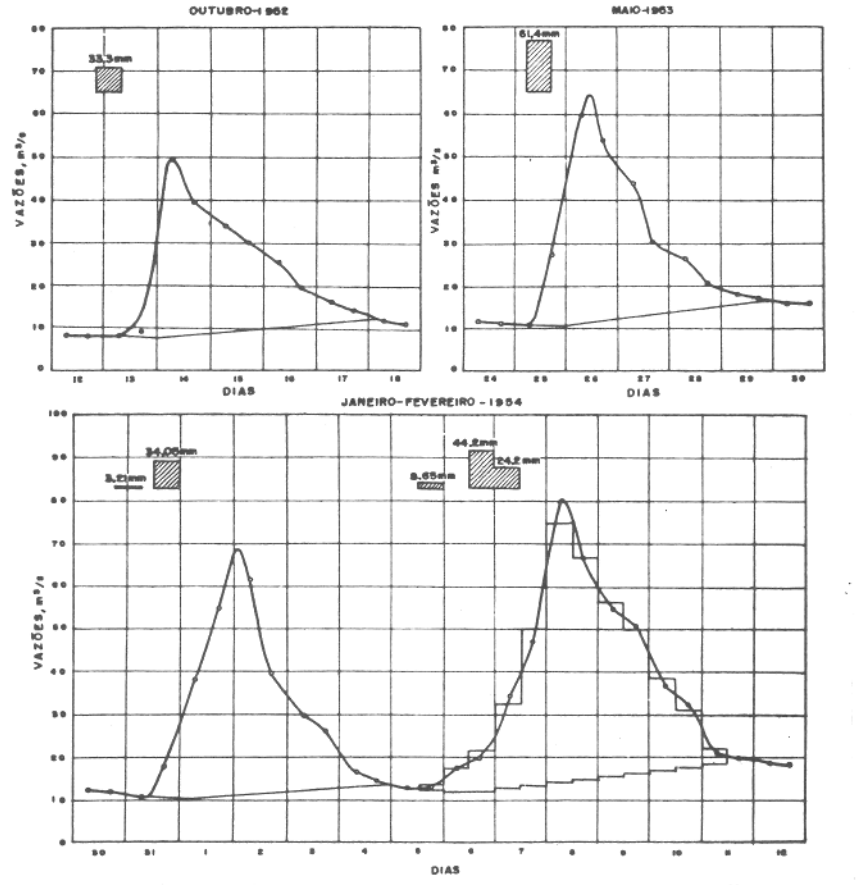
d- Formas de representação da vazão e seus componentes

• **Hidrogramas ou hidrógrafas**: são gráficos representativos da variação da vazão em relação a intervalos de tempo unitário, durante um certo período (Figura 7). Às vezes, usa-se a expressão fluviograma ao se referir a esses gráficos. Em geral, a expressão fluviograma é mais ampla, abrangendo desde hidrogramas propriamente ditos, até a representação das cotas linimétricas de um rio, no decorrer do tempo.

Para se elaborarem fluviogramas e/ou hidrogramas representando séries fluviométricas muito longas, como as que representam o regime fluvial (comportamento do rio no decorrer dos meses do ano), deve-se iniciar o gráfico com os valores fluviométricos mais baixos, referentes ao período de estiagem, de forma a centralizar os valores altos referentes ao período das águas. Nos lugares situados no Hemisfério Sul, é comum adotar-se o ano hidrológico iniciando em 1º de julho e terminando em 30 de junho.



a) Exemplo de um fluviograma das vazões médias diárias e mensais



b) Hidrogramas simples e complexos

FIGURA 7 - Exemplos de hidrogramas simples e complexos e do hidrograma normalmente chamado de fluviograma.
FONTE: Souza Pinto et alii, 1973

Através dos hidrogramas (ou hidrógrafas) é possível decompor uma vazão referente a um período pluviométrico em seus três componentes, seja utilizando-se processos gráficos, seja através de processos mistos, gráficos e expressões quantitativas (usando-se valores referentes aos escoamentos).

Hidrograma unitário: é um gráfico que representa uma vazão fictícia proveniente de um escoamento superficial de volume unitário. Esse volume d'água pode ser representado como altura d'água sobre a área da bacia hidrográfica, decorrente de uma chuva fictícia de um centímetro de altura, distribuída uniformemente sobre a bacia, gerando um coeficiente de escoamento de um centímetro. O

hidrograma unitário é uma constante da bacia hidrográfica que ele representa, refletindo suas características de escoamento no ponto considerado. Esse conceito é de fundamental importância nos estudos de hidrologia e será melhor explicitado no item refente às técnicas de análise do escoamento superficial.

e- Principais unidades de medida e alguns tipos de relações e termos correlatos

- **Unidades de medida de vazão ou descarga**: m^3/s ou l/s, podem ser expressas também em termos de valores máximos, médios e mínimos, em um determinado intervalo de tempo (hora, dia, mês, ano, etc.). Quando os estudos da vazão se relacionam com a precipitação, a vazão pode ser expressa em mm/dia, mm/mês ou mm/ano, representando altura d'água sobre a área da bacia (lâmina d'água no solo). Um exemplo de fórmula para transformação é a seguinte:

$$\frac{\text{descarga } (m^3/s) \times \Delta t\,(s)}{\text{área da bacia } (km^2) \times 1.000} = \text{vazão ou descarga representando o escoamento expresso em } mm/h$$

- **Freqüência de uma vazão (F):** é o número de vazões ocorridas num dado intervalo de tempo. Em geral, é expressa em termos de **período de retorno** (Tr), significando que essa vazão poderá ser igualada ou superada apenas uma vez em cada Tr anos,

$$Tr = \frac{1}{1 - F} = \frac{1}{P}$$

onde P é a probabilidade de valor da vazão a ser igualado ou superado.

A forma mais simples de se calcular F é:

$$F = \frac{m}{n + 1} \qquad (\text{método de Kimbal})$$

onde:

m = número de ordem das vazões consideradas, em ordem decrescente; varia de 1 a n.

n = número de observações.

Esse método dá uma boa aproximação quando se tem valor de n elevado. F também pode ser calculado através de métodos estatísticos, o mesmo ocorrendo com P.

- **Coeficiente de deflúvio ou coeficiente de escoamento (Cd): relação entre água precipitada e quantidade total de uma vazão.**

$$Cd = \frac{Vt}{Vp}$$

$$Vp = \frac{P\,(mm)}{1.000} \times A\,(km^2) \times 10^6$$

onde:

Vt = vazão total no tempo considerado em m^3.

Vp = volume de água precipitado sobre a área da bacia (A, em km^2) expresso em m^3.

- **Tempo de concentração** (Figura 8): é o tempo contado a partir do início de uma precipitação até o instante em que toda a água precipitada sobre a bacia hidrográfica passe a contribuir para uma vazão na seção transversal considerada.

- **Curva de acumulação**: é a parte ascendente do hidrograma, correspondente ao tempo de montante, a partir do início da variação da vazão até aproximadamente a ordenada máxima do hidrograma.

- **Curva de depleção**: é toda parte descendente do hidrograma a partir do instante final da curva de concentração.

- **Curva de depleção do escoamento de base**: caracteriza a contribuição dos lençóis permanentes de água subterrânea.

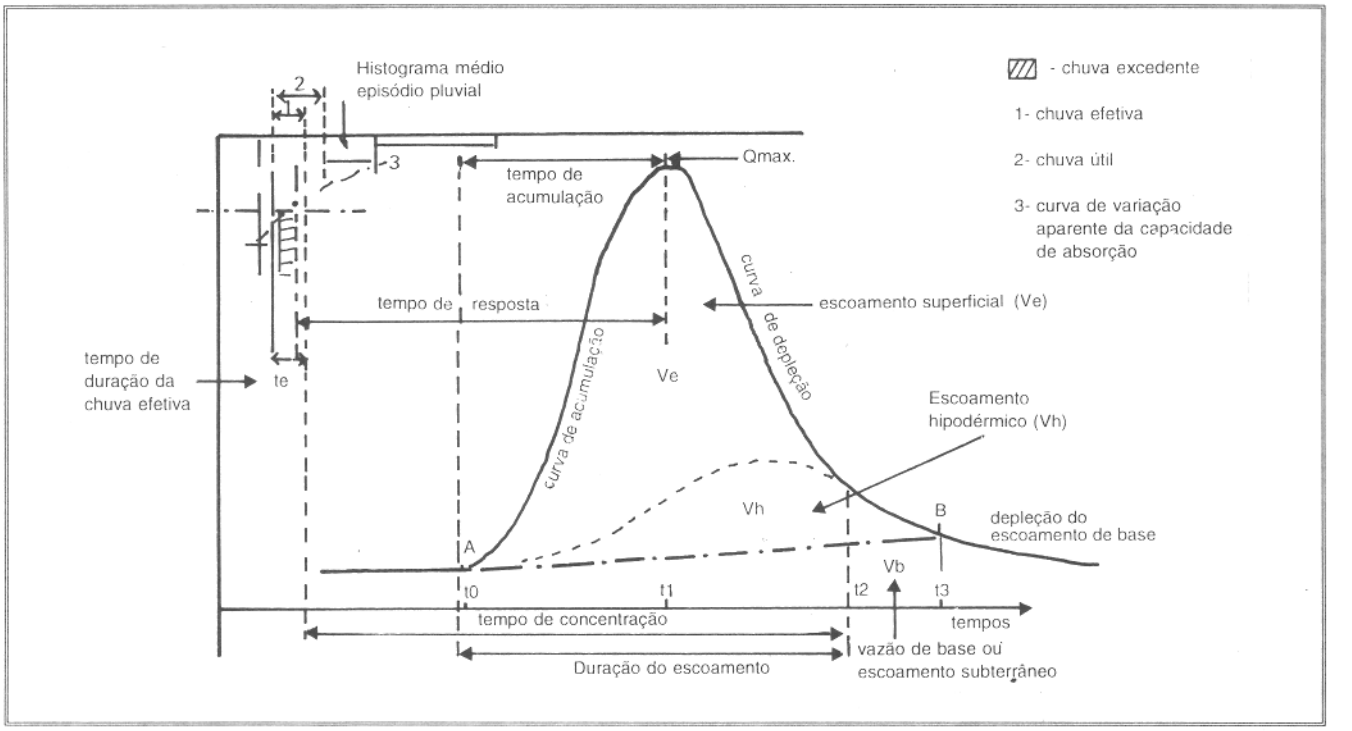


FIGURA 8 - Representação esquemática de um hidrograma simples e seus principais componentes (Adaptado de Roche, 1963).

f- Principais fatores que interferem na caracterização da vazão e tipos de influências

- **Características morfométricas da bacia**: forma da bacia hidrográfica, área da bacia, desnível altimétrico linear até a seção transversal considerada, declividade linear e areolar, comprimento, forma e ordem de grandeza dos canais de drenagem.

- **Condições da superfície do solo**: dimensões da área com vegetação, densidade da cobertura vegetal, dimensões das áreas de solo sem cobertura, dimensões das áreas impermeabilizadas pelas formas de ocupação da bacia, existência de depressões e de barragens, etc.

- **Características geológicas**: litologia e estrutura geológica, capacidade de infiltração, profundidade de aqüíferos, etc.

- **Retiradas e/ou reposição de água**: decorrentes da interferência humana, a montante da seção transversal considerada.

Esses fatores refletem no escoamento d'água na seção transversal considerada, das seguintes formas (conforme descritas por Souza Pinto et alii, 1973):

1- a descarga anual aumenta de a montante para a jusante, na proporção do aumento da área da bacia;

2- a variação das vazões instantâneas é tanto maior quanto menor for a área da bacia;

3- as vazões máximas, num dado instante, dependem de precipitações tanto mais intensas quanto menor for a área da bacia;

4- as vazões instantâneas irão variar proporcionalmente com as chuvas de maior intensidade: quanto maior for a declividade do terreno, quanto menor forem as depressões retentoras de água, quanto mais retilíneo for o traçado e maior a declividade dos cursos d'água e quanto maior for a área impermeabilizada e menor a área coberta por vegetação.

Os resultados das relações estudadas pela hidrologia de superfície são da mais alta importância para diferentes tipos de aplicação prática: previsão de cheias e estimativas de duração de períodos de estiagem, estimativas do potencial de disponibilidade hídrica para os mais diferentes usos, como: abastecimentos rural e urbano, uso industrial, irrigação e drenagem, para dimensionar obras de engenharia em geral e, em particular, as da chamada engenharia hidráulica.

2.2 Algumas técnicas de análise, usadas em hidrologia de superfície

Através da Figura 6, é possível visualizar os tipos de escoamento que compõem a vazão de um curso d'água.

Para se avaliar quantitativamente esses escoamentos, é preciso lançar mão de alguns métodos empíricos para defini-los.

Neste item, será mostrado apenas um desses métodos, conhecido como método de Sherman, ou construção do Hidrograma Unitário, partindo-se de hidrogramas representativos de episódios pluviométricos isolados, que tenham provocado variações significativas na vazão.

a- Princípios básicos (conforme Sherman) do escoamento superficial

1- o tempo de duração do escoamento superficial é constante para chuvas de igual duração;

2- duas chuvas de igual duração, produzindo volumes diferentes de escoamento superficial, dão lugar a fluviogramas em que as ordenadas, nos tempos correspondentes, são proporcionais aos volumes escoados;

3- a distribuição do escoamento superficial de determinada chuva, no decorrer do tempo, independe de precipitações anteriores.

A necessidade de se efetuarem estudos para diferentes situações de chuva gerou a definição do hidrograma unitário, cujo conceito foi visto no item anterior.

b- Etapas (segundo o método de Sherman) para se estimar o escoamento superficial e para se construir o hidrograma unitário

1ª etapa: construir um hidrograma semelhante ao da Figura 9.

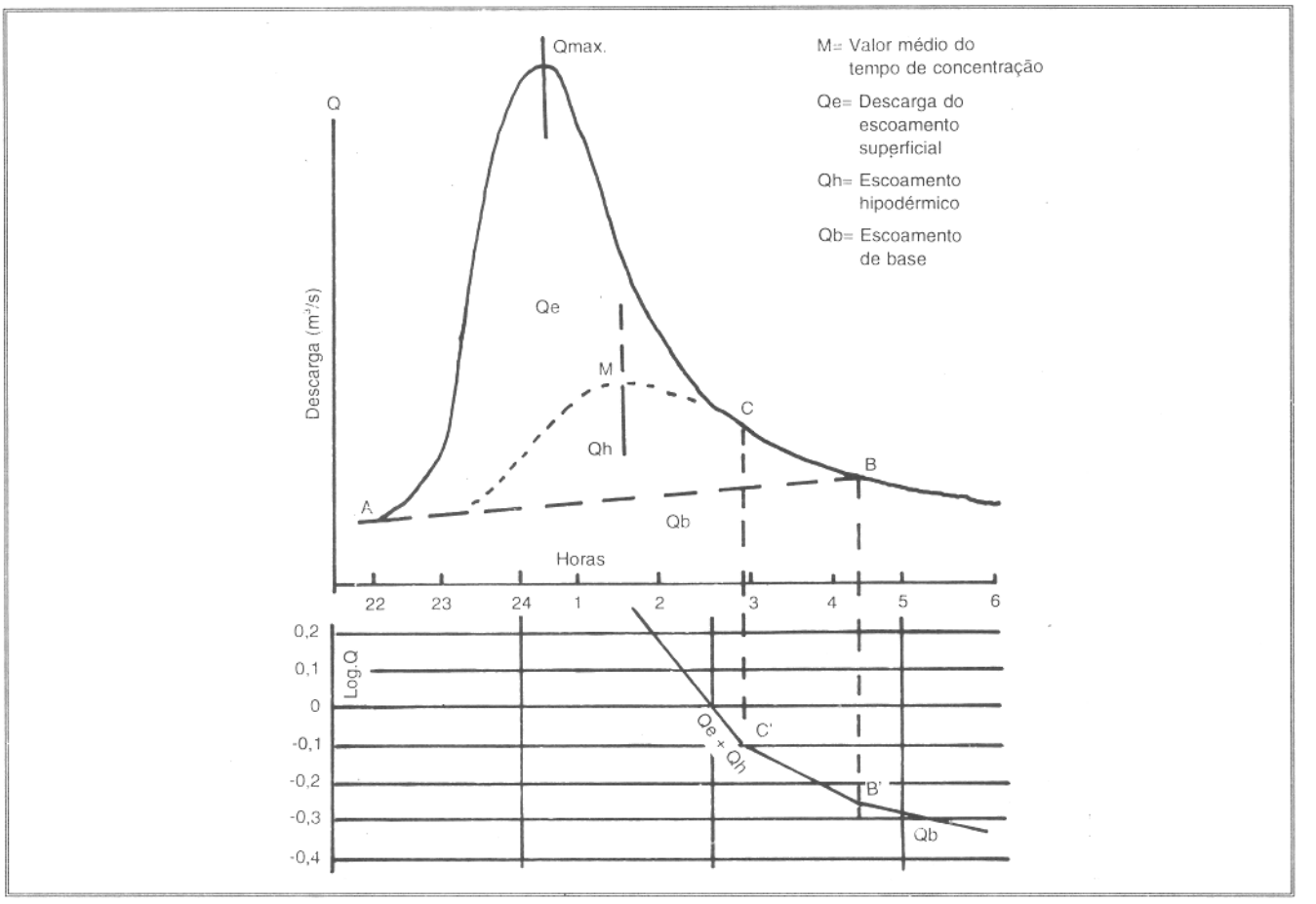


FIGURA 9 - Separação dos escoamentos em um hidrograma simples (Adaptado de Roche, 1963 e Souza Pinto et alli,1973).

2ª etapa: considerando-se como escoamento superficial o escoamento hipodérmico mais o escoamento superficial propriamente dito, traçar a linha A - B, conforme mostra a Figura 9.

O Ponto A consiste no valor mais baixo da descarga, antes do início da curva de concentração.

O Ponto B[(1)], que marca o início da curva de depleção da descarga subterrânea, pode ser obtido, adotando-se a orientação de Linsley, Kohler e Paulhus (conforme descrito em Souza Pinto et alii, 1973). De acordo com esses autores, a posição do ponto B pode ser definida em relação à posição da ordenada máxima do referido hidrograma e em função da área da bacia.

---

(1) Quando se pode lançar mão da curva normal, ou curva característica de depleção da descarga subterrânea, a definição desse ponto pode ser feita comparando-se esta curva com a do hidrograma que está sendo estudado. Existem vários métodos para se construir a curva normal de depleção da descarga subterrânea, como os métodos da correlação, da posição e da tabulação

Área da Bacia (km^2)	T (dias)
260	2
1.300	3
5.200	4
13.000	5
26.000	6

T = tempo de depleção do escoamento superficial (Figura 9).

3ª etapa: calcular o escoamento superficial. Tendo-se traçado a reta $\overline{AB}$ e separado o escoamento superficial do escoamento subterrâneo, para se calcular o volume do escoamento superficial, consideram-se as vazões instantâneas como médias dos tempos unitários correspondentes (Δt) e o produto da soma das sucessivas ordenadas de vazão pelo tempo. Outra forma de se calcular esse volume é planimetrar a área que delimita o escoamento superficial no hidrograma (Figura 9).

$$Ve = \Delta t_X \times \Sigma (Q - Qs)$$

onde:

Ve = volume escoado
Δt = pode ser um intervalo horário, 6h, etc., diferente do intervalo unitário com que se está trabalhando.
Q = descarga total - m^3/s.
Qs = descarga subterrânea - m^3/s.

A escolha de Δt: no Brasil, o período unitário mínimo, devido à falta de pluviógrafos, é de 24 horas. Existindo pluviógrafos, pode ser de 10 minutos para bacias muito pequenas. O período deve ser o mínimo possível na escolha do tempo de duração da chuva, a ser fixado e mantido constante (Período unitário).

Os períodos unitários, em função da área da bacia, são recomendados por Sherman - Linsley, Kohler e Paulhus.

Área da Bacia Hidrográfica (km^2)	Período unitário (horas)
> 2.600	12 a 24
2.600 a 260	6, 8 ou 12
260 a 50	2

Áreas < 50 km^2 - o período unitário = 1/3 ou 1/4 do tempo de concentração da bacia. Esse tempo deve ser fixado em um valor aproximado ao redor de 1/4 do "basin lag", ou do intervalo de tempo medido na abscissa da hidrógrafa, entre os centros de massa do volume precipitado e o volume resultante em toneladas (Figura 9).

4ª etapa: calcular o volume de água precipitado no episódio que está sendo analisado. Para isso, pode-se utilizar o método de Thiessen, que consiste em:

- coletar os totais pluviométricos registrados nos diferentes pluviômetros existentes na bacia hidrográfica, a montante da seção transversal considerada, para o mesmo intervalo de tempo Δt, considerado para os valores Q da descarga (ou vazão);

- transformar esses dados em lâmina d'água média, na área da bacia, da seguinte forma:

1- sobre um mapa da bacia hidrográfica unir os pontos de observação pluviométrica por linhas retas;

2- traçar perpendiculares a essas retas, a partir da distância média entre os pontos, obtendo-se polígonos limitados pela área da bacia (Figura 10);

3- a área Ai de cada polígono é o peso que será dado à precipitação observada em cada ponto Pi;

4- a lâmina d'água média ($h_{méd}$) em mm, na área da bacia, será:

$$h_{méd} = \frac{\sum_{1}^{n} Pi \times Ai}{\sum_{1}^{n} Ai}$$

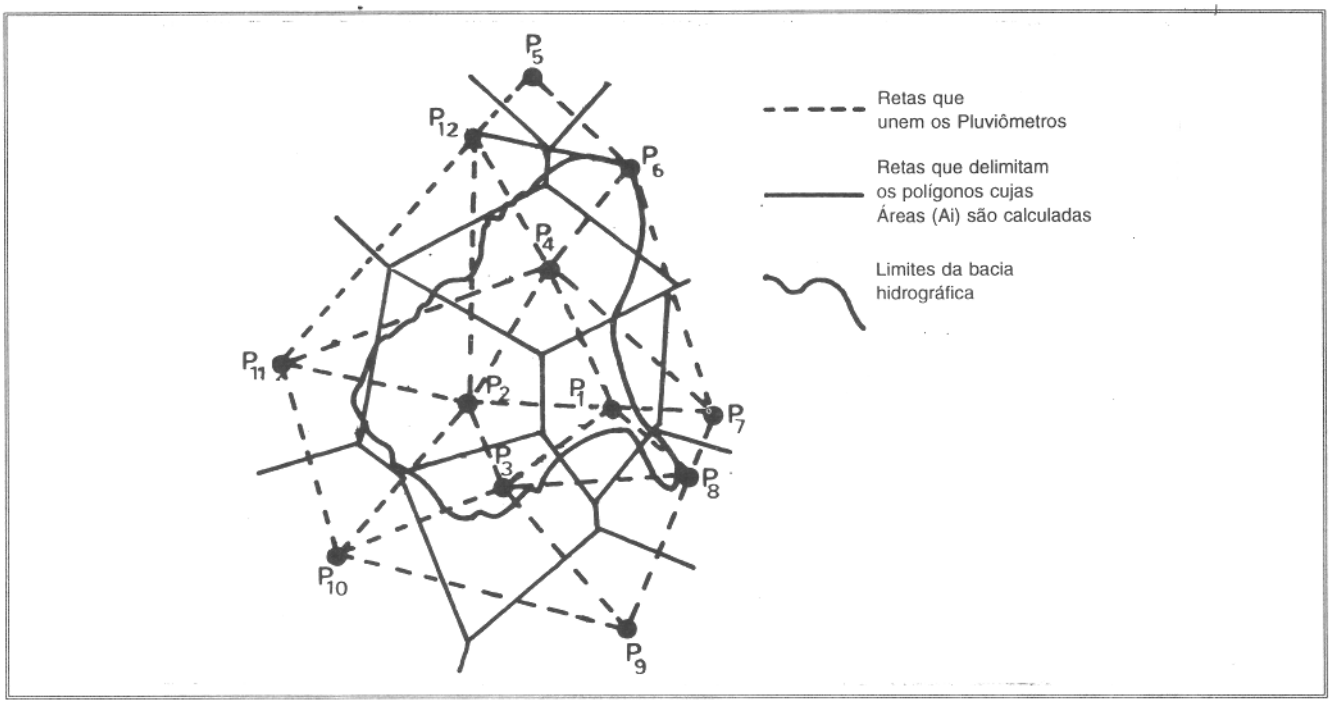


FIGURA 10 - Traçado dos polígonos para cálculo da lâmina média de água no solo, proveniente da precipitação pluvial, pelo método Thiessen (Adaptado de Wisler e Brater, 1964).

5ª etapa: transformar $h_{méd}$ - altura média da lâmina média de água no solo em volume precipitado (Vp) em m^3:

$$Vp = \frac{h_{méd}\ (mm)}{1.000} \times A_b\ (km^2) \times 10^6$$

onde:
A_b = área total da bacia considerada.

6ª etapa: estimar a precipitação efetiva (Pe) em mm =

$$Pe = \frac{Ve\ (m^3)}{A_b\ (m \times 10^6)} \times 1.000$$

7ª etapa: Calcular o coeficiente de escoamento (C):

$$C = \frac{Ve}{Vp}$$

8ª etapa: calcular os valores de vazão unitária (Qu), em m^3, que irão definir o hidrograma unitário de um dado evento.

$$Qu = Qe \times \frac{1}{C} \times \frac{1}{\frac{h_{méd}\ (mm)}{10}}$$

Exemplo de planilha, ilustrando as etapas anteriormente citadas. Seja A um evento pluviométrico, para o qual foi construído um hidrograma, representativo das vazões correspondentes, num intervalo Δt de 6 em 6 horas, numa seção transversal considerada.

O exemplo fictício, a seguir, ilustra as formas de cálculo para se construir um hidrograma unitário pelo evento A.

Evento A: período considerado: dias 1 e 2					
dia	t(h)	Q(m^3/s)	Qs(m^3/s)	Qe(m^3/s)	Qu(m^3/s)
1	0	7,0	7,0	0	0
	6	28,0	9,0	19,0	70,4
	12	44,0	10,0	34,0	126,0
	18	50,0	10,5	39,5	146,4
2	0	42,0	11,0	31,0	114,9
	6	34,0	11,6	22,4	83,0
	12	18,0	14,0	4,0	14,8
	18	12,2	12,2	0	0
Σ	149,9 x Δt = 149 x 21.600s				

Área da Bacia = 1.200 km^2

$h_{méd}$ = 40mm

Vp = 0,040 x 1.200 x 10^6 = 48.000.000m^3

Ve = 149,9m^3/s . 21.600s = 3.237.840m^3

Pe = 3.237.840m^3 . 1.000/1.200 km^2 . 10^6 = 2.698 mm

C = 3.237.840m^3 / 48.000.000m^3 = 0,0675

$$\frac{1}{C} = 14{,}815$$

$$Qu = Qe \times \left(14{,}815 \times \frac{1}{4{,}00}\right) = Qe \times 3{,}7038$$

9ª etapa: os mesmos procedimentos (etapa 1 a 8) devem ser feitos para vários outros eventos isolados, e os resultados devem ser superpostos num único gráfico, de forma que se possam selecionar aqueles que melhor se ajustem aos demais hidrogramas unitários plotados. Este último hidrograma unitário (Figura 11) selecionado é o que melhor reflete as condições de escoamento superficial da bacia em questão.

Quando não se dispõem de longos períodos de observações, impossibilitando a seleção de eventos isolados de precipitação e cheias, o hidrograma unitário deverá ser estimado através de fluviogramas complexos. O método para isso, embora semelhante ao da obtenção do hidrograma unitário a partir de um único evento, envolve outras etapas e não será aqui abordado. Entretanto, várias referências contidas na bibliografia tratam desse método. Em particular, Souza Pinto et alli (1973) o abordam de forma bastante didática.

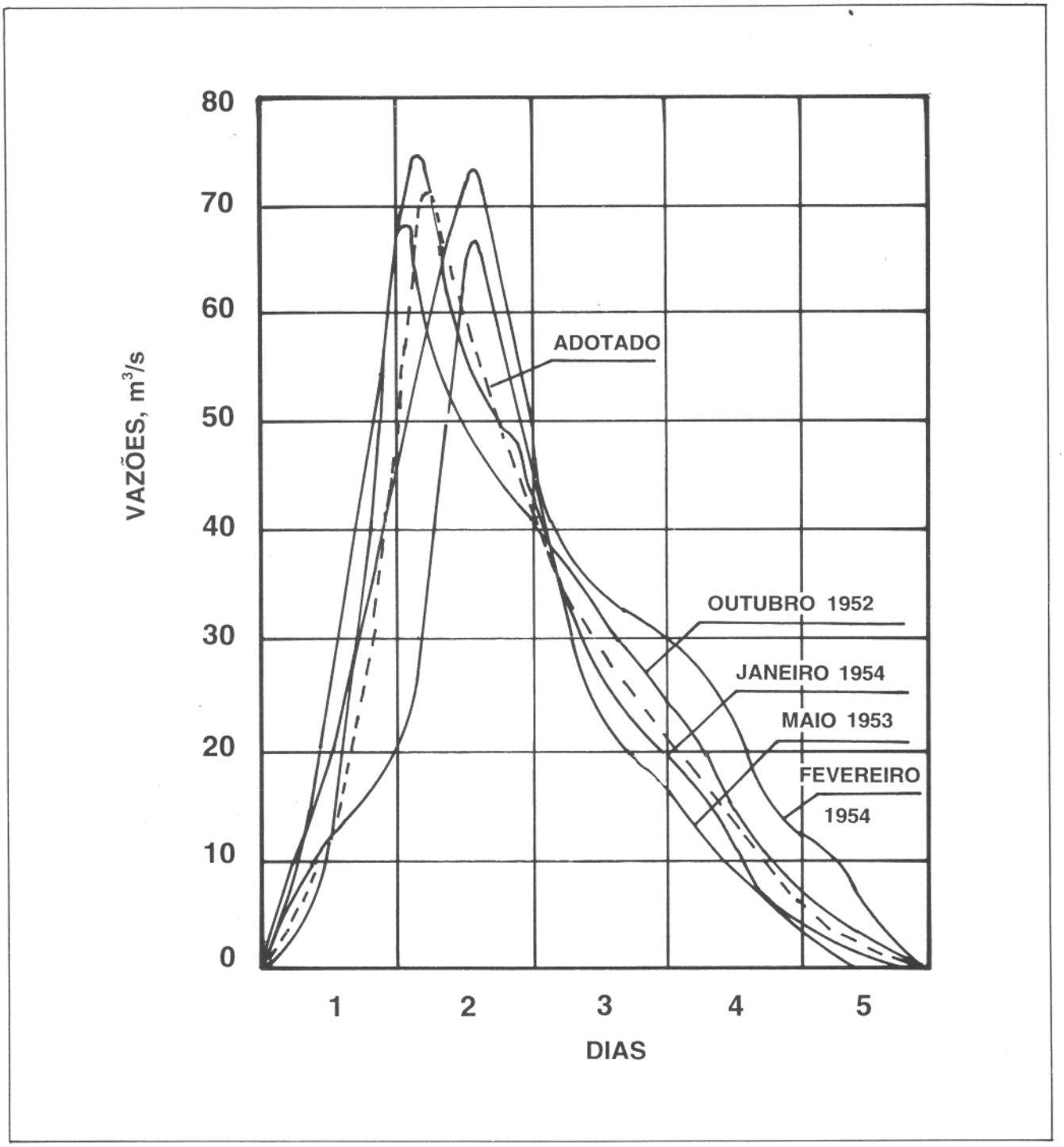
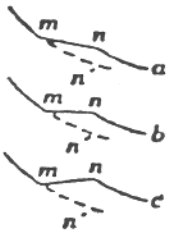
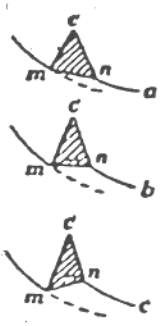


FIGURA 11 - Exemplo da obtenção de um hidrograma unitário, em função dos diferentes hidrogramas unitários que o geraram, pelo método Sherman.
FONTE: Souza Pinto et alii, 1973

- **Classificação das cheias** - as duas primeiras etapas necessárias para a construção do hidrograma unitário permitem classificar as cheias em relação à precipitação, conforme proposto por Norton, levando-se em conta a forma do hidrograma de um evento pluvial isolado (Figura 12).

Através da Figura 12, auto-explicativa, pode-se classificar o tipo de cheia que ocorreu e o tipo de relação que ela tem com outros processos envolvidos no ciclo hidrológico.

				
Tipo	0	1	2	3
Intensidade da chuva (p)	<f	<f	>f	>f
Deficiência de umidade natural (D)	>P	<P	>F	<F
Escoamento superficial (Q_e)	Nenhum	Nenhum	$Q_e = P_e$	$Q_e = P_e$
Acréscimo da água do solo	Nenhum	P-D	Nenhum	F-D
Aumento de fluxo	Nenhum	Somente água do subsolo	Somente Escoamento superficial	Escoamento superficial e no subsolo

f - capacidade de infiltração

F - infiltração total

D - deficiência de umidade

P - total precipitado

Pe - chuva efetiva

FIGURA 12 - Diferentes tipos de cheias, conforme Norton (Adaptado de Wisler & Brater, 1964).

-Período de estiagem

- **Escoamento de base:** descarga proveniente das águas subterrâneas. Constitui parte terminal do hidrograma, chamada de curva de depleção do escoamento de base (Figura 13).

Finalidade do estudo da curva de depleção do escoamento de base: previsão de descargas durante o período de estiagem e a comparação entre as bacias hidrográficas.

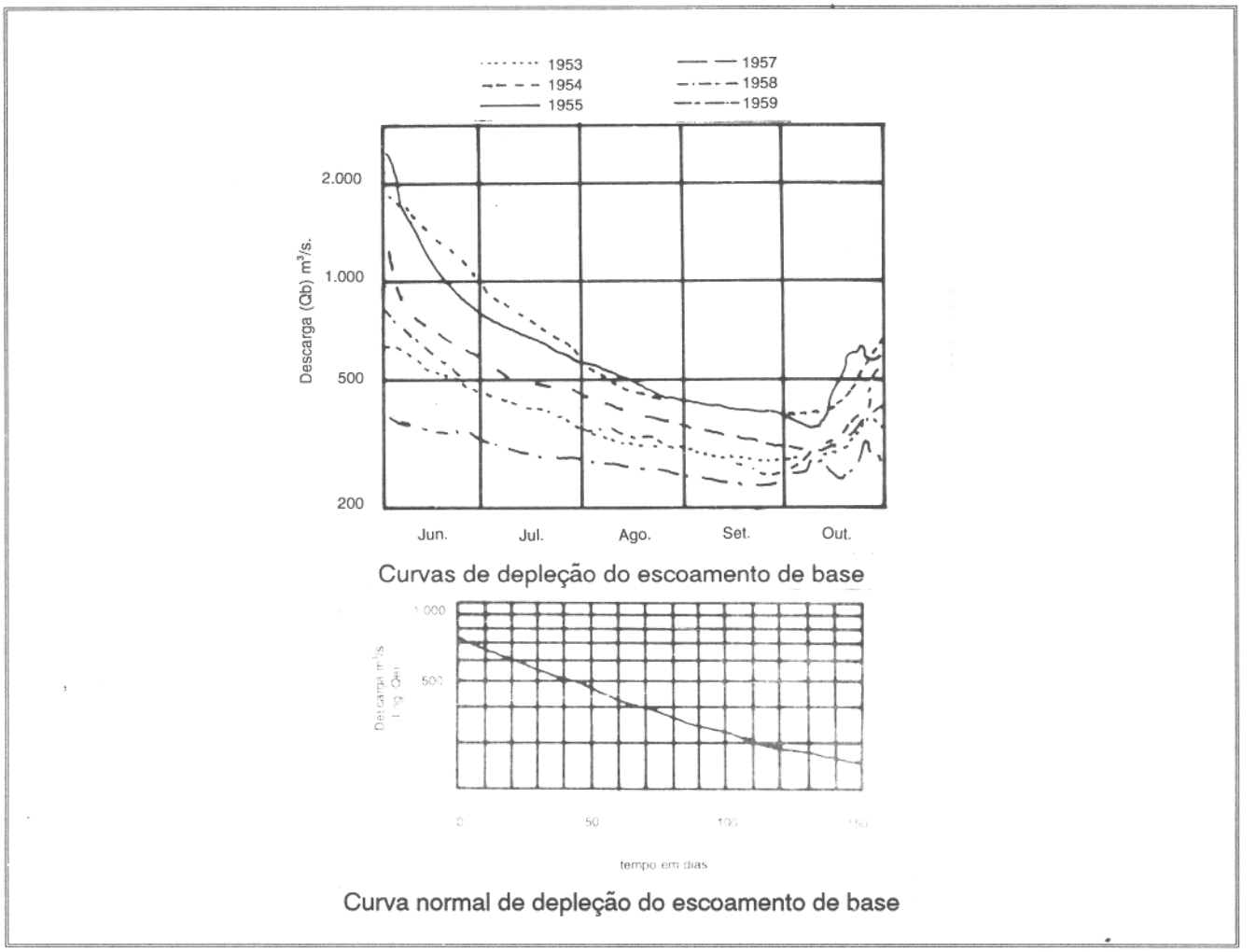


FIGURA 13 - Exemplos de curvas de depleção do escoamento de base (Qb) e a curva normal adotada.
FONTE: Roche, 1963

- **Método geral de análise**: combinar curvas de depleção do escoamento de base de diferentes eventos, para se obter uma que seja típica desse escoamento (método semelhante ao usado para o hidrograma unitário, no estudo do escoamento de superfície).

Principais métodos para construir a curva típica ou curva normal de depleção:

1- **Método de correlação**: consiste em plotar num papel bilogarítmico a descarga de base (qt) no tempo (t), em função da descarga de base ocorrida N dias mais tarde. Traçar a reta ou curva (correspondente ao cálculo dos mínimos quadrados), obtida para melhor se ajustar aos pontos. Se obtivermos uma reta inclinada em 45° em relação aos eixos, sua inclinação será o coeficiente angular da reta (log k), pressupondo-se uma equação exponencial simples de decrescimento (depleção).

Equação de decrescimento: $qt = qo \times e^{-\alpha t}$, em geral, (símbolo alfa) é substituído por k, sendo chamado de constante de depleção, ou de decrescimento, ou de perda; *qo* é a descarga inicial de base.

2- **Método da tira de papel:** consiste em copiar sobre uma tira de papel transparente diferentes curvas de depleção do escoamento de base e sobrepô-las deslocando-as horizontalmente até que elas coincidam nas partes principais, no início e no fim. A curva média que passa pelas partes coincidentes das diferentes curvas é a curva típica, ou curva normal de depleção. Quando as diferentes curvas são muito aplainadas, torna-se difícil determinar o ponto a partir do qual elas se tornam coincidentes, e a curva típica obtida corre o risco de ser exageradamente alongada ou exageradamente curta. Esse inconveniente pode ser minimizado dilatando-se um pouco a escala do eixo dos y, correspondentes às diferentes descargas.

3- **Método por tabulação**: é o mesmo que o método da tira de papel; apenas neste caso, cada curva é expressa por seus valores sucessivos de descarga a intervalos unitários Δt iguais. Em vez do deslocamento horizontal feito na forma gráfica, deslocam-se verticalmente as colunas correspondentes aos valores representativos de cada evento de depleção, até que se obtenham linhas horizontais, nas quais os valores de cada coluna sejam muito semelhantes. Em seguida, obtêm-se, numa última coluna, as médias dessas linhas e os valores resultantes correspondentes às médias de cada linha, consistindo na curva normal de depleção procurada. Esse método evita o problema de se obterem curvas muito longas ou muito curtas.

O inconveniente desse método é o de ter que se fazer uma análise minuciosa para se evitar a rejeição de partes importantes da curva de depleção.

Equação da curva de depleção do escoamento subterrâneo (Figura 14) é dada por:

$$qt = qo \times e^{-\alpha t} \qquad (1)$$

onde:

t = é a escala de tempo;

qt = é a descarga de base no tempo t;

qo = é a descarga inicial, a partir da qual se considera o início da depleção. Em geral, ela ocorre num momento um pouco anterior ao ponto C da hidrógrafa de um episódio de chuva isolado.

$^{-\alpha}$ *= é a constante de decrescimento da curva, em geral, substituída por k (Figura 15).*

Em quaisquer dos métodos, o grande problema consiste em definir qo com precisão. Nesse sentido, é útil a orientação de Linsley, Kohler e Paulhus quanto aos intervalos de tempo em que é cessado o escoamento superficial e iniciado o escoamento subterrâneo. Na Figura 9, verifica-se a separação dos escoamentos nas hidrógrafas. Quando se usa o método da correlação, em geral, prolonga-se a reta estimada até o eixo do y (Q m^3/s), e o valor correspondente a ele é o valor de qo desejado.

-Relações que expressam o armazenamento (Arm):

Integrando-se a equação $qt = qo \times e^{-\alpha t}$

obtém-se:

$$Arm = \frac{(qt - qo)}{2{,}3026 \times \log k}$$

onde:
Arm = é a variação do volume de água armazenado no decorrer do intervalo total do tempo t, compreendido entre qo e qt, ou seja, é o volume do escoamento de base no intervalo de tempo t que separa dois valores de descarga, no caso, descarga do escoamento de base.

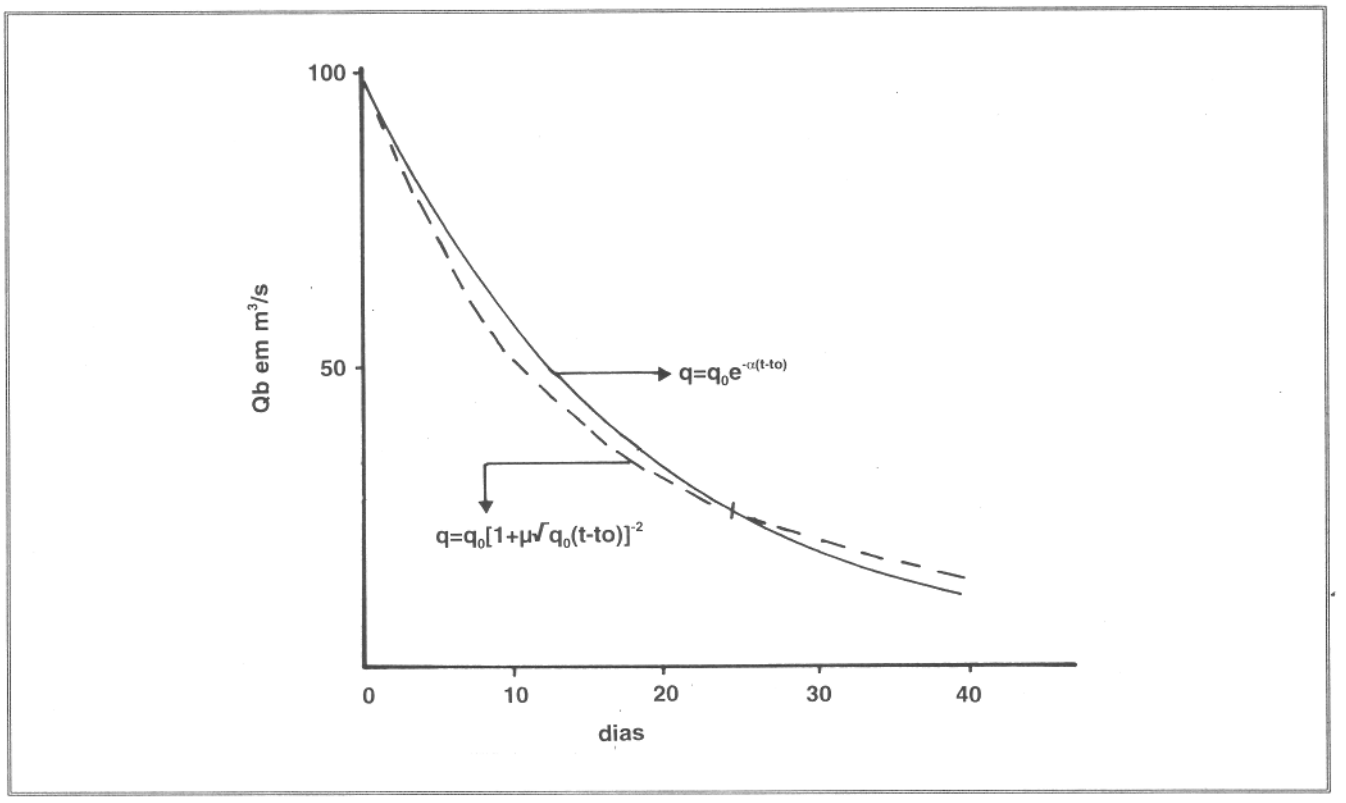


FIGURA 14 - Representação gráfica das leis que regem o comportamento das curvas de depleção.
FONTE: Roche, 1963

A equação de cálculo do armazenamento possibilita avaliar o volume de escoamento de base (também pode ser usada para escoamento superficial e hipodérmico) no intervalo de tempo que separa os valores de descargas considerados. Fazendo-se qt = 0 e qo = um valor de descarga, pode-se estimar o volume d'água disponível para escoamento na superfície do solo.

A estimativa desse volume pode ser feita, também, através da planimetria da área sob a curva compreendida entre os pontos qt e qo, ou da mesma forma como se calcula o volume superficial Ve, ou seja, multiplicando-se os valores de descarga de base, considerados a intervalos de tempo Δt iguais, por Δt.

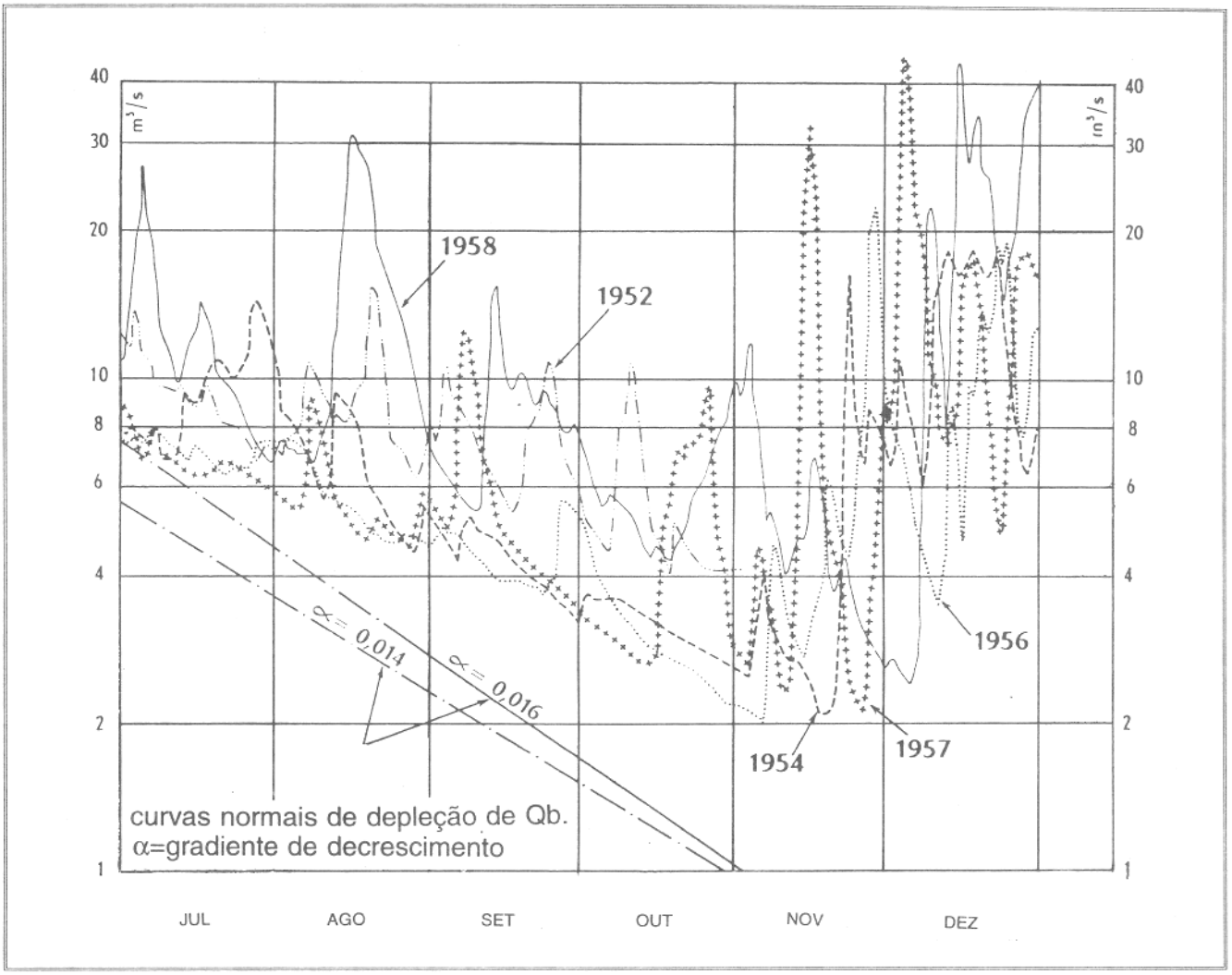


FIGURA 15 - Fluviogramas típicos do período de estiagem e as curvas normais de depleção (exemplo de comportamento do coeficiente de decrescimento d).
FONTE: Roche, 1963

Obtidos os valores do volume do escoamento de base (Vb), é conveniente transformá-los em lâmina média de água no solo, sobre a área da bacia, expressa em mm através de:

$$Vb = \frac{Vb\ (m^3)\ x\ \Delta t\ (segundos)}{Área\ (km^2)\ x\ 1.000} = Hb\ (mm)$$

Essa transformação é útil, porque, nos estudos que se relacionam com longos períodos de estiagem, há interesse na estimativa do balanço hidrológico, o que pode ser feito através da relação:

$$Lm = Hb + E$$

onde:

Lm = lâmina d'água decorrente da precipitação;

Hb = reserva de água sobre o solo, proveniente do escoamento subterrâneo;

E = evapotranspiração.

Quando se consideram descargas anuais (Q m^3/s), transformadas em volume d'água (Hv) em mm sobre a área da bacia, onde:

$$Hv = \frac{Q\ m^3/s/ano\ x\ 31{,}6\ x\ 10^3}{Área\ km^2} = Hv\ (mm) \qquad (Roche,\ 1963)$$

Pode-se estimar a precipitação expressa como lâmina média (Lméd) de água no solo, através da equação do balanço hidrológico sobre a bacia:

$$L_{méd_{anual}} = Hv + E + \Delta R$$

onde:
ΔR = diferença do volume de água subterrânea no início e no fim do período.

Considerando-se que o volume d'água infiltrado é, em geral, muito pequeno e AR ≅ 0, a equação do balanço passa a ser:

$$L_{méd_{ano}} = Hv + E$$

$$D = L_{méd} - Hv$$

onde:

D = déficit de escoamento é aproximadamente igual à evapotranspiração real média anual, para o ano considerado.

Também, nos períodos de estiagem, pode-se estabelecer a relação:

$$\frac{Hb}{L_{méd}} = Cb$$

onde:

Cb = coeficiente de escoamento de base, em geral expresso em porcentagem.

Para fins de estudos hidrológicos que necessitam definir a quantidade de armazenamento de água disponível em uma dada bacia, é de fundamental importância o estudo do escoamento de base.

- Estudos de escoamento superficial em bacias hidrográficas que não têm instalação de medições fluviométricas sistematizadas

Os métodos discutidos nos itens anteriores pressupõem a existência de estações fluviométricas no curso d'água, cuja bacia hidrográfica pretende-se estudar. De qualquer forma, através desses métodos e do que foi dito anteriormente, pode-se depreender que o escoamento numa seção transversal de um dado curso d'água reflete as características físicas e demais processos inerentes ao ciclo hidrológico. Portanto, isto permite a realização de estudos semelhantes em bacias hidrográficas, cujos rios não têm medições sistemáticas.

Para isso, entretanto, é necessário conhecer muito bem as principais características físicas da bacia hidrográfica em questão e as características de precipitação, evapotranspiração e infiltração sobre a mesma.

Um dos métodos mais conhecidos para essa finalidade consiste nos chamados Hidrogramas Unitários Sintéticos, e existem várias técnicas para obtê-los.

Devido ao caráter introdutório, este capítulo não comporta a discussão e apresentação de métodos que envolvem uma maior complexidade, como o da construção de hidrogramas sintéticos. De qualquer forma, esse tema pode ser encontrado em obras básicas sobre Hidrologia, muitas vezes apresentado de maneira bastante detalhada. Nas referências que constam da bibliografia, acham-se citadas obras desse tipo.

É preciso lembrar que existe um ramo da hidrologia chamada de Hidrologia Estatística e, ainda, o estudo de hidrologia através de modelos de simulação, que se propõe à análise e síntese dos componentes da vazão, em métodos que lhes são inerentes.

2.3 Material mínimo necessário

Para se estudar o escoamento superficial com os métodos anteriormente descritos, é necessário contar com certos tipos de informações. O que será listado, a seguir, é o mínimo necessário para serem realizados estudos em hidrologia de superfície. Isso não quer dizer que o mesmo seja suficiente, já que esse material não possibilita dimensionar uma série de fatores que intervem no escoamento de uma seção de um curso d'água. Sem ele não é possível fazer sequer estudos hidrológicos mais simples.

a- Material Cartográfico

1 - carta planialtimétrica, em escala proporcional à área da bacia, contendo pelo menos rede de drenagem detalhada, curvas de nível e os limites da bacia hidrográfica.

2 - localização dos pontos de observações pluviométricas e fluviométricas (medições de descarga) sobre a carta planialtimétrica.

Para se ter uma idéia da proporção das escalas, com relação à área da bacia hidrográfica, seguem-se alguns exemplos:

Dimensão da Bacia (km^2)	Escala	Eqüidistância das Curvas de Nível (mm)
0,01	1:2.000	0,5
1,00	1:5.000	1,0
100,00	1:10.000	2,0
1.000,00	1:25.000	5,0

b- Séries de dados pluviométricos e fluviométricos

1- levantamento da rede de pontos de observações pluviométricas e fluviométricas.

2- séries de dados do total pluviométrico diário e, se possível, dados de intensidade de precipitação (10 em 10 min.); dados obtidos através de gráficos de pluviógrafos. Período mínimo de pelo menos 10 anos de observações.

3- séries de dados de descarga em m^3/s, instantânea e média horária/24h da seção transversal previamente escolhida.

2.4 Órgãos públicos de controle e estudo

Relacionam-se, a seguir, os principais órgãos públicos que controlam as redes de observações fluviométricas e pluviométricas no Estado de São Paulo e que desenvolvem estudos de hidrologia de superfície.

a- Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE) - é uma autarquia estadual, que, através de suas unidades, controla as redes de observações e desenvolve projetos e estudos de hidrologia no Estado de São Paulo.

Essas unidades são:

• Centro Tecnológico de Hidráulica (C.T.H.)
- controla as redes de observações pluviométricas e fluviométricas do Estado de São Paulo;

- elabora a publicação (Boletins Pluviométricos e Fluviométricos) das séries de dados fluviométricos e pluviométricos referentes às redes de observações do DAEE;

- dispõe de várias outras informações sobre as bacias hidrográficas e os principais rios do Estado de São Paulo;

- desenvolve modelos hidrológicos, principalmente para fins de engenharia hidráulica.

• Diretoria de Planejamento e Controle (D.P.)

- unidade que entre outras atividades desenvolve modelos hidrológicos, dentre estes, modelos de simulação hidrológica.

b- Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) - autarquia Federal que dispõe de uma rede fluviométrica e pluviométrica, ao nível nacional. No Estado de São Paulo, as informações hidrológicas são referidas como informações da bacia do Rio Paraná, que consiste numa das regiões hidrológicas da subdivisão das bacias hidrográficas do Brasil (unidades administrativas adotadas pelo DNAEE, para controle de suas redes de observações). O DNAEE também costuma publicar séries de dados através de Boletins Fluviométricos e Pluviométricos.

Portanto, para se obter qualquer informação sobre a disponibilidade de dados em hidrologia de superfície, é de fundamental importância contatar com essas duas entidades públicas, notadamente o Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE (através do Centro de Tecnologia de Hidráulica - CTH).

As principais entidades públicas onde se podem obter informações sobre disponibilidade de material cartográfico de base são:

a- Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo, subordinado à Secretaria do Planejamento do Estado.

b- Instituto Geológico do Estado de São Paulo, subordinado à Secretaria do Meio Ambiente do Estado.

c- Instituto de Pesquisa Tecnológica (I.P.T.) - Empresa pública, vinculada à Secretaria de Ciências e Tecnologia do Estado.

d- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Entidade Federal, que controla a rede cartográfica no Brasil.

3 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS GERAIS[1]

O Estado de São Paulo está cortado pelo trópico de Capricórnio e possui praticamente todo seu território entre os paralelos 20 e 25 sul. Pode, assim, ser considerado como de características climáticas

(1) Adaptado de Camargo et alii (1974). Clima do Estado de São Paulo

tipicamente tropicais. Grande parte dele, porém, por se achar em áreas montanhosas de altitude, onde as temperaturas se mostram bastante amenas, pode ser classificada como tropical de altitude.

As chuvas são em geral abundantes, sobretudo na estação estival, tornando o clima tropical úmido, uma condição que favorece bastante a agricultura e a pecuária em geral. Porém, devido à sua grande extensão territorial, apresenta regiões ecológicas distintas, onde o desenvolvimento da agropecuária é diferenciado, principalmente em função das condições climáticas, como a diferente distribuição das chuvas durante o ano entre a região Sul e a Noroeste, a ocorrência de geadas no Sul do Estado e áreas altas da região montanhosa (Serras do Mar e da Mantiqueira) e a ocorrência de secas extemporâneas (veranicos) nas fases fenológicas críticas das culturas.

3.1 Classificação climática

Segundo a classificação climática de Köeppen (Figura 16), de acordo com RUSSO JR. (1980) e CAMARGO et alii (1974), o Estado de São Paulo abrange seis tipos climáticos distintos, todos correspondentes a climas úmidos. O tipo que compreende a maior área é o Cwa. Ocupa toda a parte central do planalto, sendo caracterizado pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente. Algumas áreas serranas, nessa região, com verão ameno, são classificadas no tipo Cwb.

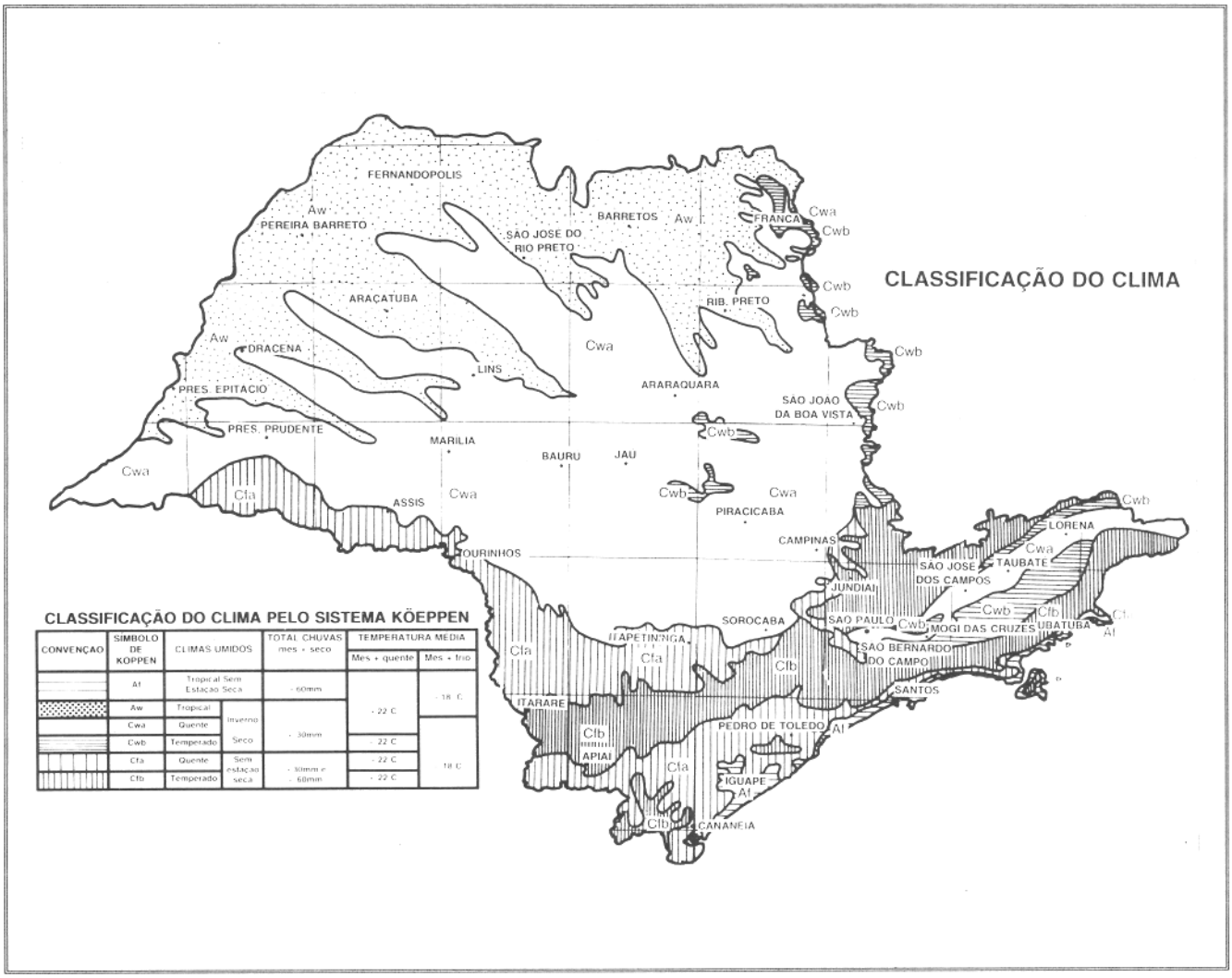


FIGURA 16 - Classificação climática, segundo Köppen, do Estado de São Paulo.
FONTE: Russo Jr., 1980

As regiões mais baixas e quentes, a noroeste, situadas nas proximidades dos rios Paraná e Grande, pertencem ao tipo Aw, tropical chuvoso, com inverno seco. Ao sul do planalto, margens do rio Paranapanema e do rio Ribeira do Iguape, aparecem faixas de clima tropical, com verão quente, sem estação seca de inverno, do tipo Cfa. As áreas serranas mais altas das serras do Mar e Mantiqueira, com verão ameno e chuvoso o ano todo, têm o clima classificado como Cfb. Finalmente, a faixa litorânea recebe a classificação Af, caracterizada pelo clima tropical chuvoso, sem estação seca.

3.2 Temperatura

A carta de isotermas (Figura 17), segundo CAMARGO et alii (1974), indica a distribuição geográfica das temperaturas médias anuais, obtidas com base nas temperaturas médias diárias compensadas, lidas às 7, 14 e 21 horas, em abrigos meteorológicos.

Como se sabe, as temperaturas médias são função, principalmente, da altitude e latitude do lugar. Na faixa litorânea, as observações mostram que a altitude influi decisivamente no condicionamento da temperatura média.

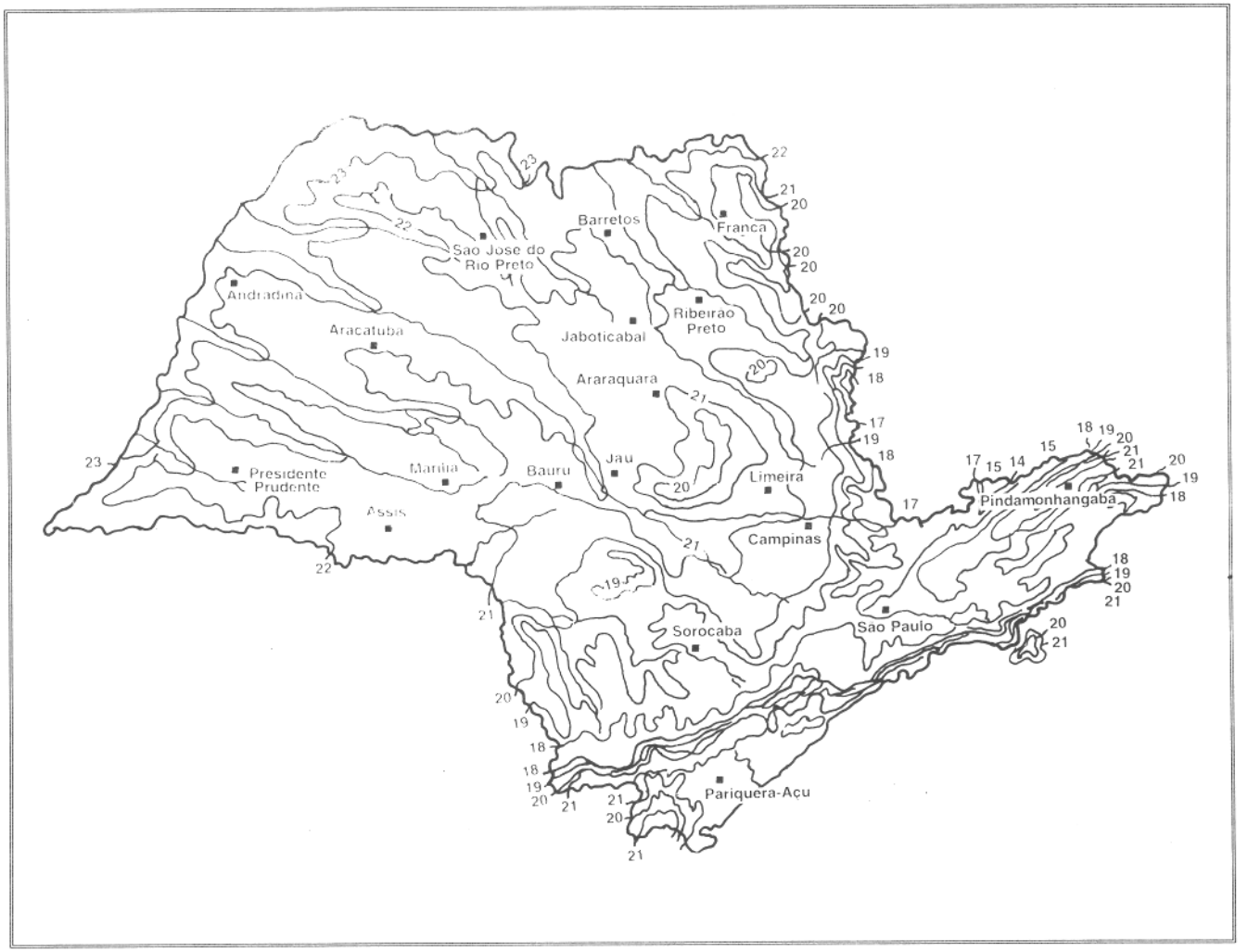


FIGURA 17 - Isotermas anuais(°C) para o Estado de São Paulo.
FONTE: Camargo et alii, 1974

As temperaturas médias anuais mostram-se mais elevadas na região norte e noroeste do Estado (22-23°C). Decrescem ao se dirigirem para o sul e sudoeste, atingindo valores mínimos (15-17°C) nas áreas serranas mais elevadas. Aumentam (21-22°C) em direção à baixada litorânea.

A ocorrência de geadas no Estado de São Paulo tem limitado as áreas de exploração agrícola de algumas culturas. Na Figura 18, de acordo com CAMARGO (1989), são mostradas as probabilidades (%) de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas anuais (geadas), para visualizar a sua distribuição geográfica.

No Estado de São Paulo podem ser observadas áreas bem distintas: a região litorânea apresenta probabilidades bastante baixas, muito próximas de 0%; a região norte apresenta probabilidade de até 30%; a região centro-oeste, com probabilidades entre 30 e 60% e as regiões sul e sudoeste do Estado com valores superiores a 60%. Na região serrana (Campos de Jordão), os valores alcançam níveis de 99%.

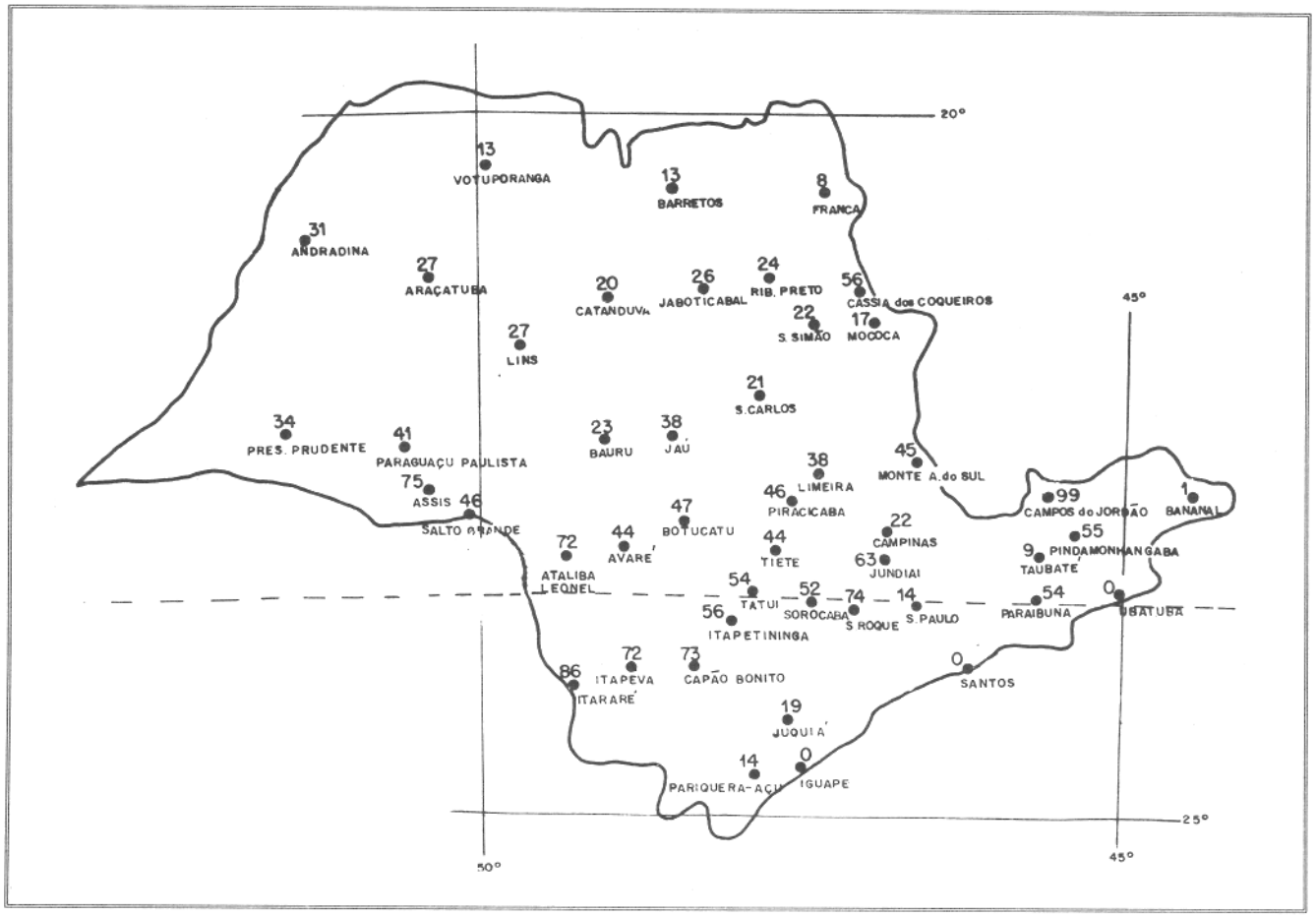


FIGURA 18 - Probabilidade de ocorrência de temperaturas mínimas absolutas menor ou igual a 2°C em porcentagem.
FONTE: Camargo et alii, 1989

Na Figura 19, segundo RUSSO JR. (1980), é apresentada a distribuição geográfica do número de dias, com probabilidade de ocorrência de geada. As áreas com maior número de dias de geada situam-se ao sul do Estado (em torno de quatro dias) e na região elevada da Serra da Mantiqueira (de quatro a dezesseis dias). Na região litorânea e ao norte e noroeste do Estado, a ocorrência do fenômeno adverso é muito baixa, respectivamente 0 e 1 dia por ano.



FIGURA 19 - Número de dias com ocorrência de geada por ano.
FONTE: Russo Jr, 1980

3.3 Precipitação pluviométrica

As chuvas do Estado de São Paulo são tipicamente de verão. Há dois períodos no planalto: chuvoso, de outubro a março, e seco, de abril a setembro. Na região litorânea, não ocorre estiagem, mas um semestre é nitidamente mais chuvoso que o outro.

Na figura 20, de acordo com SÃO PAULO (1972), são mostradas as isolinhas dos totais anuais de chuva. Na região litorânea, ocorrem cerca de 1.800-2.000mm anuais; na região da Serra da Mantiqueira, chove cerca de 1.600mm; na região do Planalto Central, as chuvas são da ordem de 1.200 a 1.300mm; e, na região noroeste do Estado, os totais são normalmente menores que 1.200mm, apresentando uma estação seca acentuada e bem-definida.



FIGURA 20 - Totais anuais médios de chuva (mm).
FONTE: São Paulo, 1972

3.4 Intensidade máxima de chuva

A necessidade do conhecimento das características da distribuição de chuva no Estado de São Paulo é importante para quase todas as ciências ambientais.

Qualquer obra de engenharia que envolva movimentação de terra deve ser planejada com bases em valores extremos de quantidade de chuva, para garantir segurança suficiente para usuários e população em geral. Isso torna particularmente importantes, no planejamento de barragens, obras para controle de enchentes, obras de drenagem, estradas e, principalmente, obras destinadas ao controle mecânico da erosão. Por exemplo: no dimensionamento de terraços, deve-se levar em conta o valor da

chuva diária máxima provável no cálculo do volume de água que será armazenado no canal do terraço, a fim de evitar a destruição de obras de alto custo e importância.

Procurar-se-á mostrar mapas de isolinhas de chuva máxima diária provável no Estado de São Paulo, para fins de dimensionamento de obras, para controle mecânico de erosão. Dados pluviométricos das regiões litorâneas e da Serra do Mar não foram incluídos neste trabalho (Vieira et alii, 1991).

A Figura 21 apresenta o mapa de isoietas para chuva máxima diária para 5 anos de período de retorno. Existem isoietas variando de 80mm por dia, na região de São José dos Campos, até 100mm por dia na região de Presidente Prudente. Para a maior parte do interior do Estado, as chuvas máximas prováveis oscilam entre 95 e 100 milímetros por dia.

A Figura 22 mostra o mapa de isoietas das chuvas diárias máximas para 10 anos de retorno. Apresenta isolinhas variando de 95mm por dia, na região de São José dos Campos, até 120mm por dia nas proximidades de Presidente Prudente.

Na Figura 23, o mapa de isoietas das chuvas diárias máximas é para 25 anos de retorno e mostra isolinhas variando de 110 a 140 milímetros por dia.

Para o dimensionamento de algumas obras de controle mecânico de erosão, como terraços com gradiente, canais escoadouros, dissipadores de energia, etc., princípios de hidráulica de fluxo em canais abertos devem ser observados.

A intensidade máxima de chuva que resulta na enxurrada máxima é aquela que cai num tempo igual ao tempo de concentração.

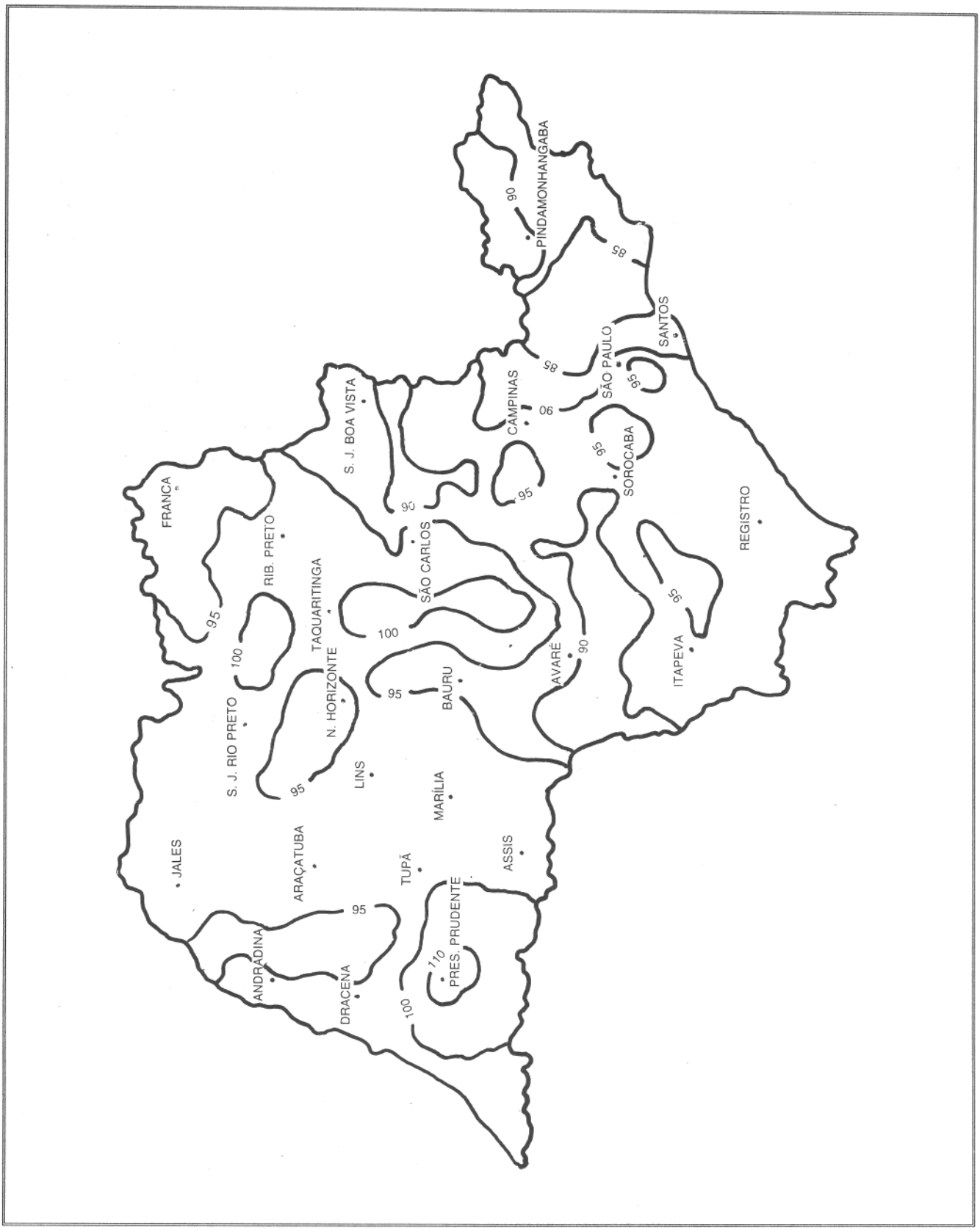


FIGURA 21 - Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetro, para o período de retorno de 5 anos.

FONTE: Seção de Conservação do Solo, IAC

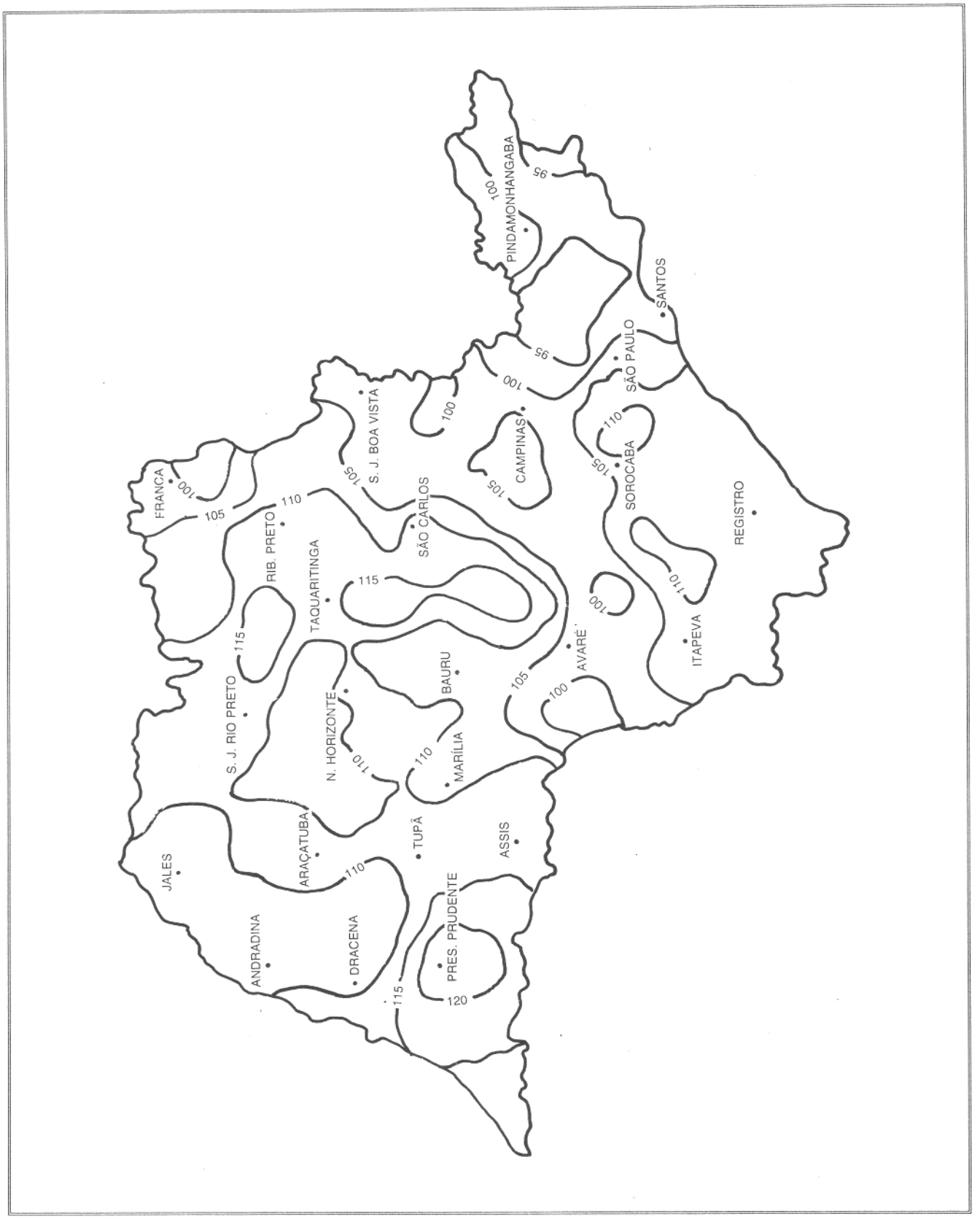


FIGURA 22 - Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetro, para período de retorno de 10 anos.

FONTE: Seção de Conservação do Solo, IAC

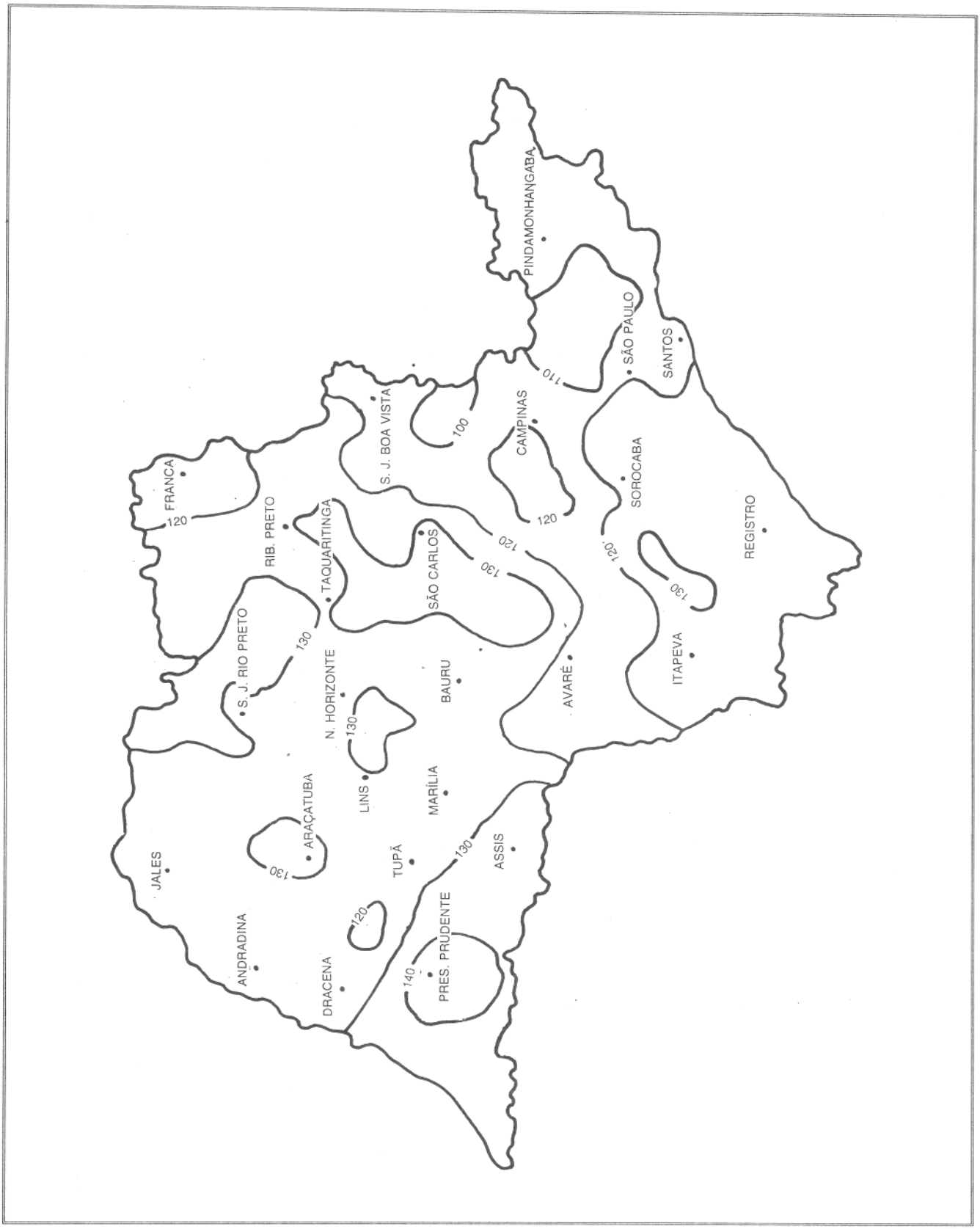


FIGURA 23 - Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetro, para período de retorno de 25 anos.

FONTE: Seção de Conservação do Solo, IAC

A Figura 24 representa, para o Estado de São Paulo, as isoietas para intensidades máximas de chuva em 15 minutos com período de retorno de 10 anos (Setzer, 1973).

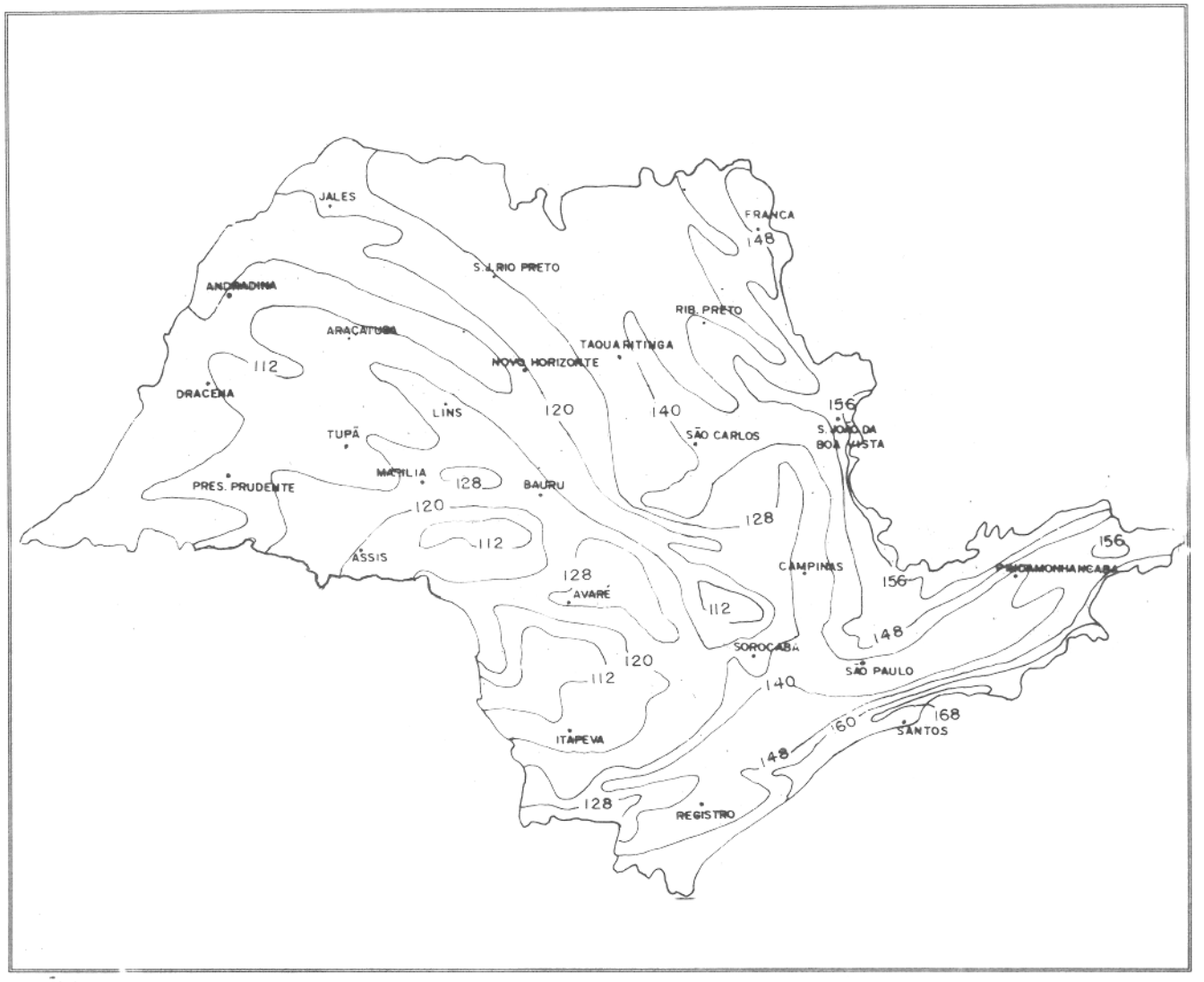


FIGURA 24 - Isoietas de intensidades de chuvas máximas em 15 minutos, em milímetros por hora, para período de retorno de 10 anos.
FONTE: Setzer, 1973

3.5 Balanço hídrico

O balanço hídrico é um método climatológico bastante prático e racional, introduzido por Thornthwaite para a quantificação e estudo em bases realistas do fator hídrico. Baseia-se no cotejo contábil dos valores mensais da precipitação pluvial com os correspondentes da evapotranspiração potencial, ou seja, da precipitação teoricamente necessária na região considerada.

Os Quadros 1 e 2 e a Figura 25, extraídos de CAMARGO et alii (1974), mostram, graficamente, dados climáticos e balanços hídricos de várias localidades representativas de diferentes regiões ecológicas do Estado de São Paulo.

QUADRO 1 - Médias mensais da temperatura, precipitação pluvial e de resultados de balanços hídricos, segundo Thornthwaite e Mather, 1955 (125mm).

	Cardoso-SP Latitude 20°06'S Longitude 49°55'W			Ribeirão Preto-SP Latitude 21°11'S Longitude 47°43'W			Paraguaçu-SP Latitude 22°25'S Longitude 50°33'W		
meses	Temperatura média	Precipitação pluviométrica	Balanço hídrico	Temperatura média	Precipitação pluviométrica	Balanço hídrico	Temperatura média	Precipitação pluviométrica	Balanço hídrico
	(°C)	(mm)	(mm)	(°C)	(mm)	(mm)	(°C)	(mm)	(mm)
Jan.	25.3	233	+56	23.3	283	+166	24.9	193	+13
Fev.	25.2	190	+73	23.3	216	+114	24.8	186	+72
Mar.	25.0	145	+25	22.9	169	+65	24.1	127	+14
Abr.	23.5	70	- 1	21.3	61	- 1	22.0	73	0
Maio	21.2	45	-4	19.2	45	- 3	20.1	59	0
Jun.	19.9	25	- 12	18.2	24	- 7	18.9	55	0
Jul.	20.1	15	- 24	18.3	17	- 17	18.7	36	- 1
Ago.	21.6	12	- 44	20.5	15	- 37	20.8	23	-15
Set.	24.1	30	- 59	22.6	40	- 43	22.2	40	-12
Out.	24.9	110	- 9	23.0	130	0	22.8	121	0
Nov.	25.3	140	0	23.2	162	0	24.1	111	-4
Dez.	25.1	185	0	23.2	254	+114	24.9	147	0
ANO	23.4	1.200	+154 - 153	21.6	1.416	+459 - 108	22.3	1.192	+99 - 32

Os dados do balanço hídrico com sinal positivo indicam os excedentes de água no solo, e com sinal negativo, as deficiências hídricas, ou a intensidade da seca no mês

FONTE: Camargo et alii, 1974.

QUADRO 2- Médias mensais da temperatura, precipitação pluvial e de resultados de balanços hídricos, segundo Thornthwaite e Mather, 1955 (125mm).

	Pariqueraçu-SP Latitude 24°35'S Longitude 47°50'W			Campinas-SP Latitude 22°53'S Longitude 47°04'W			Teodoro Sampaio-SP Latitude 22°33'S Longitude 52°11'W		
meses	Temperatura média	Precipitação pluviométrica	Balanço hídrico	Temperatura média	Precipitação pluviométrica	Balanço hídrico	Temperatura média	Precipitação pluviométrica	Balanço hídrico
	(°C)	(mm)	(mm)	(°C)	(mm)	(mm)	(°C)	(mm)	(mm)
Jan.	25.9	266	+75	23.1	239	+121	24.9	180	0
Fev.	26.2	234	+101	23.1	220	+117	24.8	147	+26
Mar.	25.3	199	+73	22.7	146	+45	24.3	90	- 3
Abr.	23.1	117	+22	20.7	61	0	22.5	76	- 2
Maio	20.5	68	0	18.5	48	- 3	19.9	69	0
Jun.	18.8	76	+28	17.3	42	-1	18.3	62	0
Jul.	18.8	62	+12	17.1	24	- 7	18.1	25	-10
Ago.	19.6	56	0	18.8	33	-14	19.5	32	-18
Set.	20.4	99	+24	20.2	58	-9	21.3	57	-18
Out.	22.1	145	+50	21.1	129	0	22.7	130	0
Nov.	23.2	140	+30	21.8	136	+2	23.9	137	0
Dez.	24.7	165	+32	22.4	229	+120	24.4	125	- 2
ANO	22.4	1.587	+447 0	20.6	1.365	+405 - 34	22.0	1.130	+26 - 53

Os dados do balanço hídrico com sinal positivo indicam os excedentes de água no solo, e com sinal negativo, as deficiências hídricas, ou a intensidade da seca no mês.

FONTE: Camargo et alii,1974.

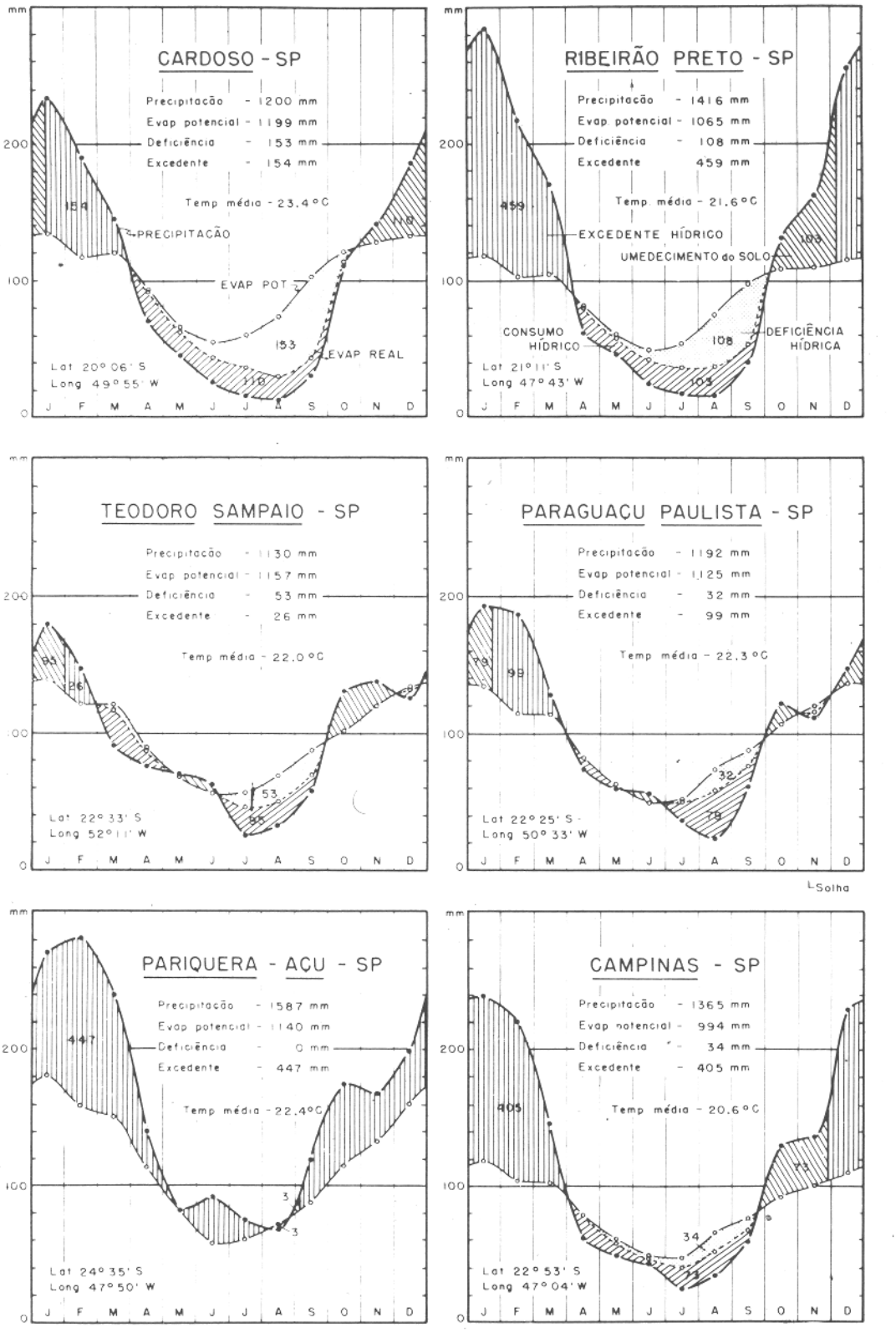


FIGURA 25 - Balanços hídricos pelo método de "Thornthwaite & Mather, 1955" (125mm) para algumas regiões do Estado de São Paulo.

FONTE: Camargo et alii, 1974

Analisando a Figura 25, podem-se verificar os períodos em que normalmente ocorrem as deficiências ou os excedentes hídricos, ficando claramente identificados, tanto em duração como em intensidade.

Na região litorânea, representada pelo balanço hídrico de Pariqueraçu, ocorrem chuvas de 1.587mm anuais e deficiência hídrica nula, com excedentes hídricos de 447mm e com umidade suficiente durante o ano todo. No planalto, onde se concentra a maior parte das áreas cultivadas no Estado, representado por Ribeirão Preto e Cardoso, a deficiência hídrica é mais acentuada, cerca de 100 a 150mm, ocorrendo durante 4 a 6 meses. Na região do Estado, limítrofe ao norte do Estado do Paraná (Paraguaçu Paulista), a seca é menos acentuada que no planalto, permitindo cultivos de inverno.

A deficiência hídrica corresponde à quantificação da seca e foi estimada, segundo o método do balanço hídrico de THORNTHWAITE & MATHER (1955), para 125mm de capacidade de retenção de água no solo.

A Figura 26, segundo CAMARGO et alii (1974), mostra que as deficiências mais elevadas ocorrem ao norte do Estado, proximidade do rio Grande e de seu afluente, o Pardo. Aí, as deficiências estão acima de 140mm por ano, em média. À medida que se dirigem para o sul e se afastam dos vales dos grandes rios, as deficiências hídricas vão-se reduzindo e desaparecem, atingindo a zero, pouco antes do paralelo 24, nas áreas serranas e litorâneas do Estado.

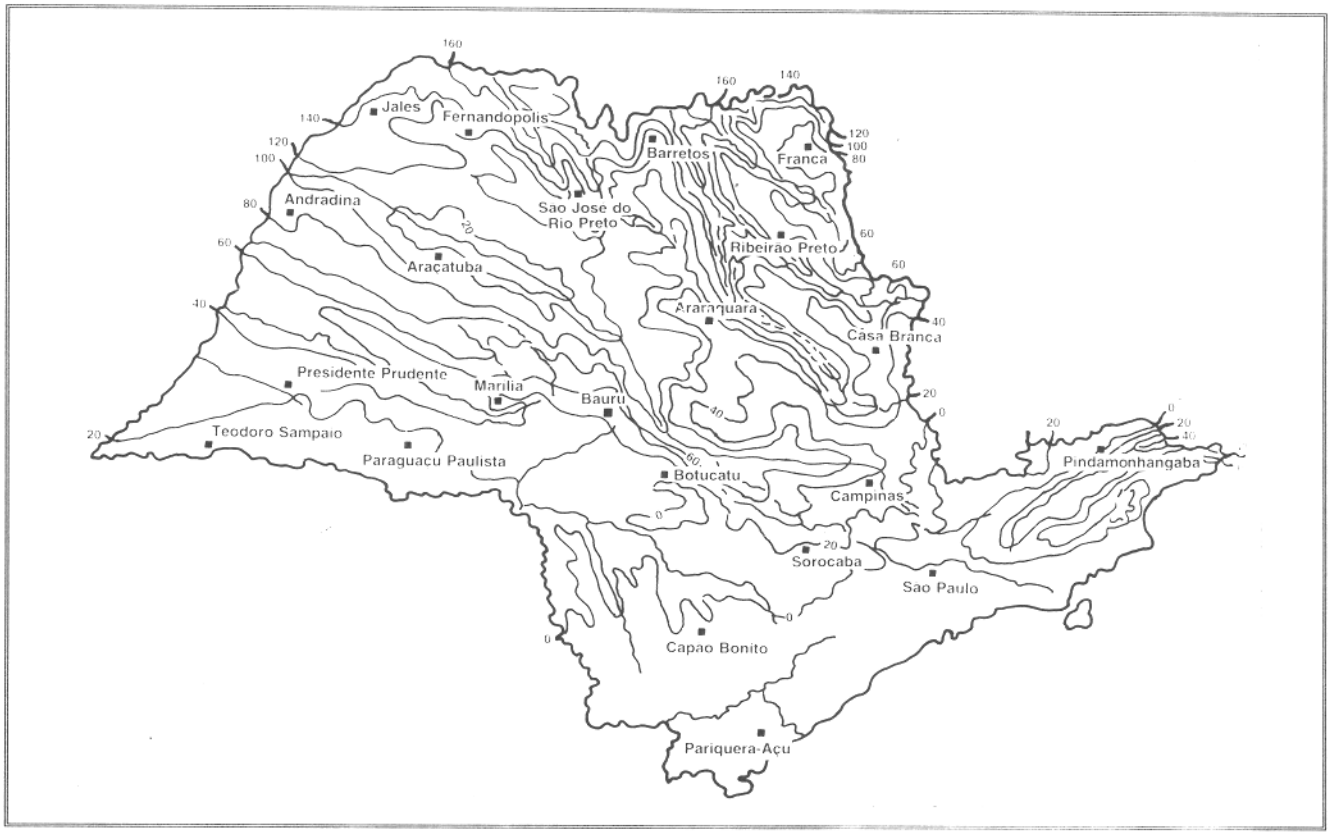


FIGURA 26 - Deficiências hídricas anuais (mm), considerando armazenamento máximo de 125mm.
FONTE: Camargo et alii, 1974

3.6 Potencialidade erosiva das chuvas

A chuva é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão dos solos. O volume e a velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração e freqüência da chuva. A intensidade é o fator pluviométrico mais importante na erosão.

A potencialidade erosiva da chuva (erosividade ou índice de erosão EI_{30}) é dada pelo produto de duas características da chuva: a energia cinética total e a intensidade máxima em trinta minutos.

Esse produto representa um termo de interação que mede o efeito da erosão por impacto, o salpico e a turbulência se combinam com a enxurrada para transportar as partículas de solo desprendidas.

O valor R (erosividade) para um dado local nada mais é do que a média dos valores anuais do índice de erosão da chuva de um longo período de tempo.

A Figura 27 mostra o mapa de isoerodentes - linhas que ligam pontos de iguais potencialidades de erosão, para o Estado de São Paulo, que representam os valores médios anuais de erosividade da chuva e também o do fator chuva na equação de perdas de solo; os valores entrelinhas podem ser interpolados.

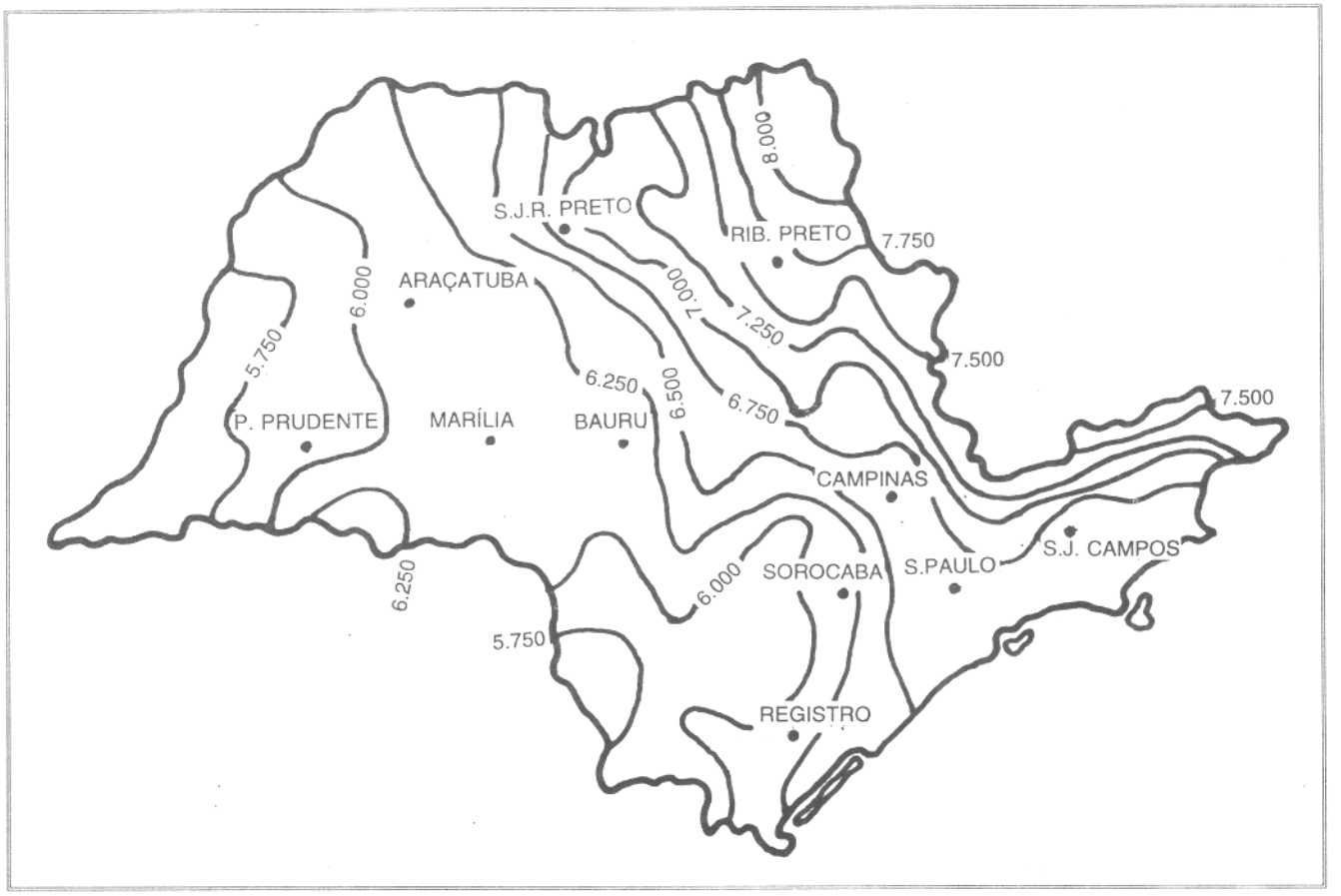


FIGURA 27 - Valores médios anuais do índice de erosão da chuva do Estado de São Paulo (MJ.mm/ha.h.ano).

As Figuras 28 e 29 mostram as isoerodentes para os meses de outubro a março (período de chuva) e abril a setembro (período de seca), respectivamente.

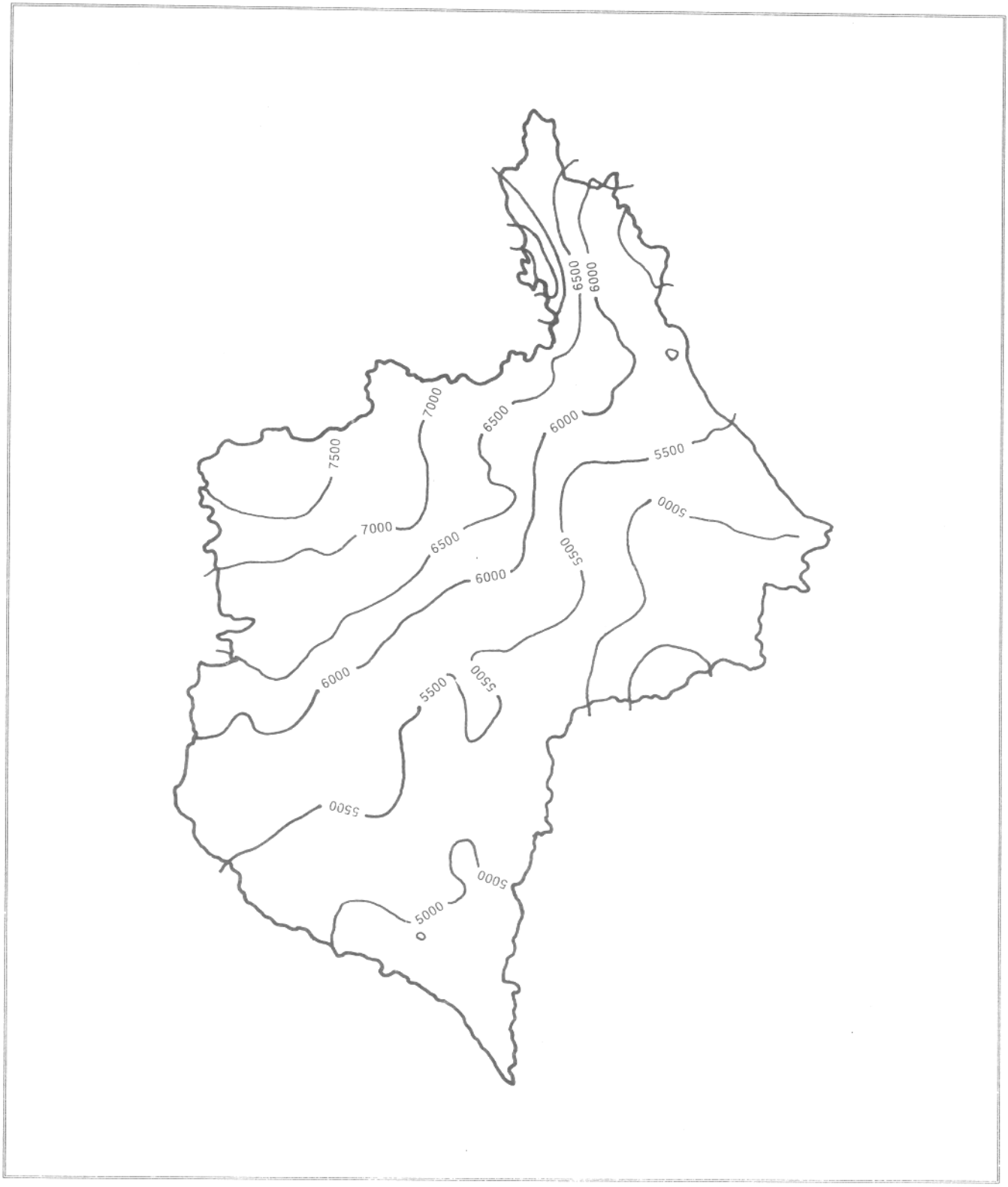


FIGURA 28 - Valores médios do índice de erosão da chuva do Estado de São Paulo (MJ.mm/h.ha.ano), para o período de outubro-março (período de chuva).
FONTE: Seção de Conservação de Solo, IAC

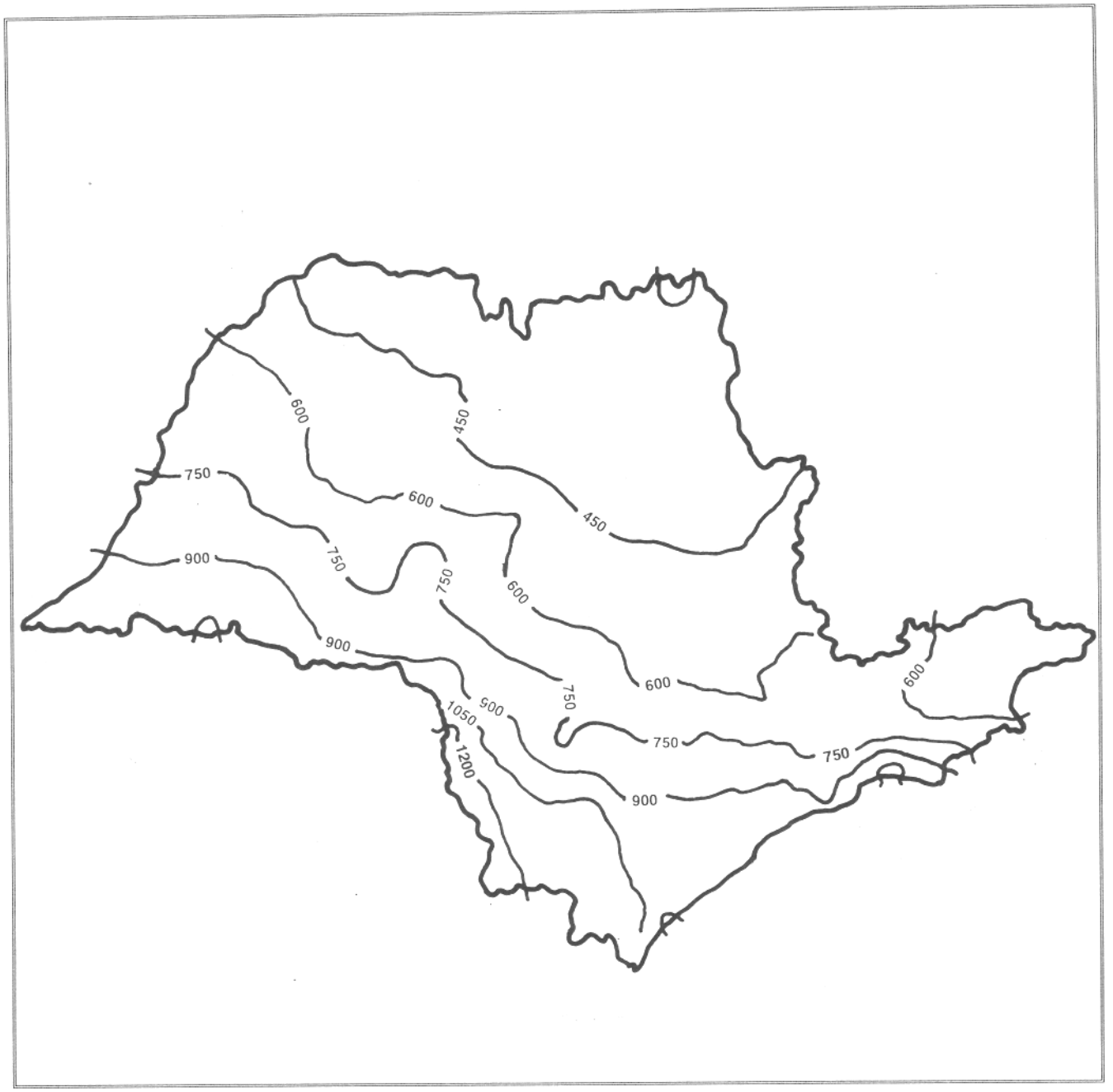


FIGURA 29 - Valores médios do índice de erosão da chuva do Estado de São Paulo (MJ. mm/h. ha. ano), para o período de abril-setembro (período de seca).
FONTE: Seção de Conservação do Solo, IAC

Quando se prevêem as perdas de solo de uma gleba em dado local, a distribuição estacional das chuvas erosivas deve ser considerada, bem como o valor anual do índice de erosão. A porcentagem do valor anual do EI, que ocorre durante um período do ano quando o solo está cultivado, é bastante vulnerável à erosividade da chuva e difere significantemente de local para local.

Os dados de chuva sumariados, para desenvolver o mapa de isoerodentes, foram analisados para diferentes locais quanto à distribuição do potencial de erosão durante o ano. As porcentagens mensais do total anual do EI para um local foram comparadas com dados similares dos adjacentes. Locais que não apresentavam diferença na porcentagem de distribuição foram combinados, e os valores médios das porcentagens foram estabelecidos. Assim procedendo, foram separadas, para o Estado de São

Paulo, catorze áreas relativamente homogêneas, onde a distribuição do potencial de erosão anual é uniforme, conforme Figura 30.

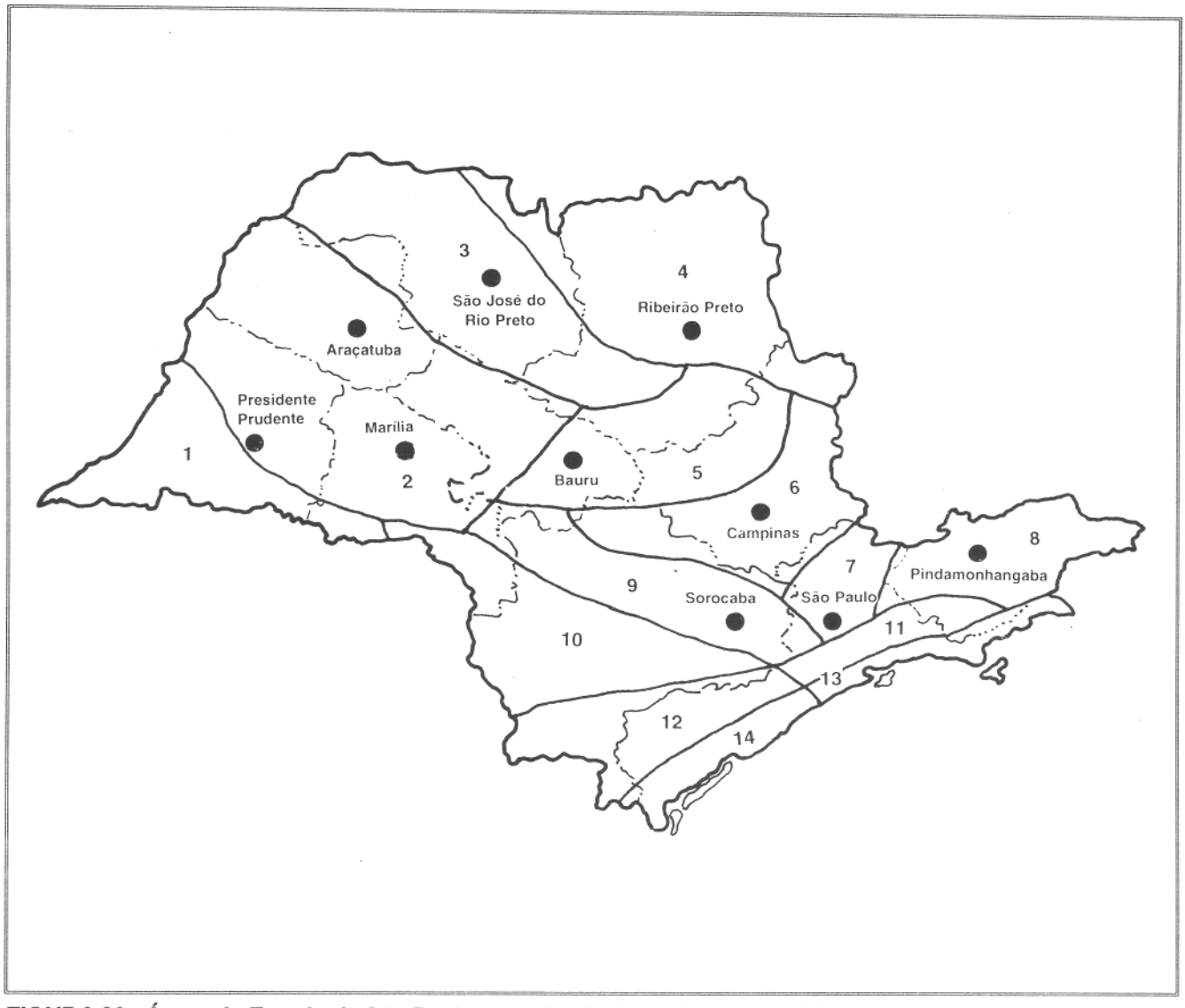


FIGURA 30 - Áreas do Estado de São Paulo cuja distribuição do potencial de erosão das chuvas é uniforme.

No cálculo do valor do fator uso-manejo da equação de perdas, a informação da distribuição esperada do potencial de erosão durante o ano é combinada com a mudança da suscetibilidade do solo à erosão, durante os estádios de desenvolvimento da cultura.

Para facilitar a aplicação dos dados, são apresentados a seguir os valores acumulados do EI durante todo o ano nas catorze áreas estabelecidas no Estado de São Paulo e as porcentagens do valor médio anual do índice de erosão que ocorre entre 1º de julho e as datas indicadas para as 14 áreas geográficas do Estado, mostradas na Figura 30.

Área nº	1º /7	1º /8	1º /9	1º /10	1º /11	1º /12	1º /1	1º /2	1º /3	1º /4	1º /5	1º /6	1º /7
1	0	2	3	5	19	30	47	66	82	88	92	97	100
2	0	1	2	4	15	23	42	54	82	92	94	98	100
3	0	1	1	2	10	18	39	62	84	95	97	99	100
4	0	0	0	1	9	21	44	66	84	95	98	99	100
5	0	1	2	3	13	21	45	68	86	95	97	99	100
6	0	1	2	4	12	21	42	65	84	95	97	99	100
7	0	1	2	4	14	24	44	65	83	94	97	99	100
8	0	0	1	4	12	22	42	63	81	75	98	99	100
9	0	2	3	6	17	25	44	65	82	93	96	98	100
10	0	2	5	9	22	30	45	63	78	88	92	96	100
11	0	1	2	5	13	22	38	61	81	94	97	99	100
12	0	2	4	7	18	24	38	59	77	90	95	98	100
13	0	2	4	9	18	27	44	59	74	88	95	99	100
14	0	2	4	7	15	21	31	47	65	81	92	98	100

As novas informações provenientes do mapa de isoerodentes e das curvas de distribuição do EI podem facilitar muito a aplicação da equação de perdas de solo, como guia para o planejamento conservacionista, tornando-o aplicável em qualquer local do Estado de São Paulo.

3.7 Considerações finais

Quanto às características climáticas do Estado de São Paulo, destacam-se as boas condições gerais, sem extremos, que possam limitar, significativamente, as explorações agrícolas, com exceção das áreas onde existem possibilidades de ocorrência de baixas temperaturas extremas ao sudoeste do Estado. Nessa região, a probabilidade de ocorrência está em torno de 60%, limitando a exploração de algumas culturas na região elevada da Serra da Mantiqueira, onde o número de dias com probabilidade de ocorrência pode chegar a 16.

Quanto à deficiência hídrica, se não impedir totalmente o desenvolvimento das culturas, limitará um melhor rendimento de algumas explorações. As deficiências hídricas, apontadas no período de abril a setembro, ditam a necessidade de técnicas de manejo que possibilitem aumentar a capacidade de armazenamento de água no solo.

Por outro lado, a ocorrência de chuvas pesadas em curto espaço de tempo ou a má distribuição das precipitações, na maior parte do Estado, principalmente no Planalto Ocidental, constitui sério problema à estabilidade dos solos, proporcionando maior risco de erosão.

4 LEVANTAMENTO DE DADOS TERMOPLUVIOMÉTRICOS[1]

A caracterização das variações espaciais e temporais das condições térmicas e hídricas é indispensável para melhor entender o clima na região da microbacia hidrográfica.

Normalmente, utiliza-se um período mínimo de 10 anos de dados de temperatura e chuva para caracterização dos regimes térmico e hídrico da microbacia.

Além dos dados, é necessário obterem-se informações sobre a localização do posto meteorológico: latitude, altitude e longitude.

---

(1) Adaptado de Pedro Júnior et alii (no prelo). Levantamento dos postos meteorológicos do Est. de São Paulo.

Os postos meteorológicos de superfície podem ser classificados em:

a) meteorológico: posto com equipamento para efetuar observações, no mínimo, três vezes ao dia (7, 14 e 21 horas ou 9, 15 e 21 horas) de: temperatura e umidade do ar; chuva; velocidade e direção do vento; nebulosidade; radiação solar e temperatura do solo;

b) termopluviométrico: posto simplificado onde são medidas diariamente as temperaturas máximas e mínimas e a quantidade de chuva;

c) pluviométrico: posto onde se observa diariamente apenas a quantidade de chuva.

No Estado de São Paulo, várias Instituições possuem postos ou mesmo redes meteorológicas e mantêm arquivos de dados de chuva e temperatura que são os parâmetros mínimos para a caracterização da região.

As principais organizações para levantamento de dados de temperatura e chuva são: Instituto Nacional de Meteorologia - 7º Distrito Meteorológico (INEMET); Instituto Agronômico de Campinas (IAC); Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE); Cooperativas; Faculdades de Agronomia e Instituições de Pesquisa (Figura 31).

Para o caso de levantamento apenas de dados pluviométricos, o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) possui uma rede com cerca de mais de 1.000 postos pluviométricos, distribuídos de maneira a contemplar quase todos os municípios do Estado.

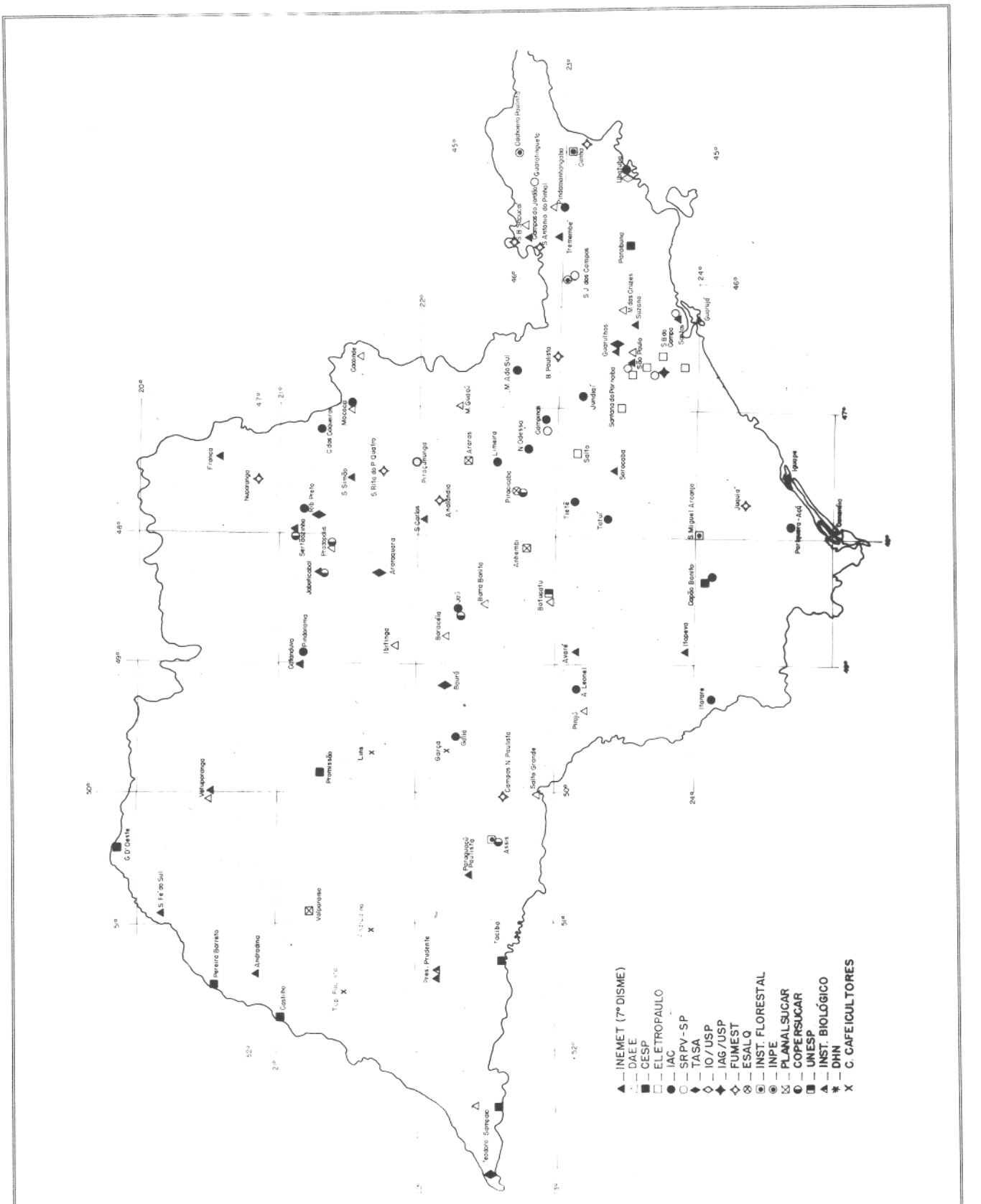


FIGURA 31 - Principais locais para levantamentos de dados de temperatura e chuva do Estado de São Paulo.

5 INSTALAÇÃO DE POSTOS TERMOPLUVIOMÉTRICOS[1]

Estes postos, para fins agrometeorológicos, são utilizados na caracterização das temperaturas máximas e mínimas e da quantidade de chuva.

O local escolhido para instalação do posto deve ser representativo da área para onde as observações serão destinadas. Normalmente, tomam-se precauções na escolha da área em terrenos declivosos, procurando-se evitar as condições extremas (baixadas e topo das colinas). Por outro lado, a área deve ser bem exposta, ter largos horizontes, principalmente, nos quadrantes leste e oeste, evitando-se a proximidade de maciços florestais, árvores isoladas e construções de alvenaria, que podem projetar sombra na área do posto ou interferir nas condições atmosféricas locais.

A área escolhida deve ser plana, de fácil acesso, com tamanho suficiente para a instalação dos instrumentos e mantida com grama sempre aparada.

Na Figura 32, é apresentada uma planta esquemática para instalação de um posto termopluviométrico, normalmente utilizado em propriedades agrícolas.

5.1 Precipitação pluviométrica (chuva)

Para determinação da quantidade de chuva, podem ser utilizados pluviômetros do tipo "Ville de Paris" ou "Paulista". Devem ser instalados com a área de captação (coletor) a 1,5m acima do solo, em nível, e livre de obstáculos. O pluviômetro é constituído de um coletor semelhante a um funil, capaz de fazer escoar a água da chuva para um reservatório. A quantidade de chuva é medida pelo escoamento da água, através de uma torneira, para uma proveta graduada em milímetros de chuva (mm), que equivale a um litro de água por metro quadrado de superfície.

Se o interessado não puder obter um pluviômetro oficial, poderá construir um modelo caseiro (Camargo, 1967) que consta de: funil especial, uma garrafa ou litro e uma proveta graduada em centímetros cúbicos ou mililitros.

A quantidade de chuva (H), em milímetros é assim determinada:

$$H = \frac{Volume\ da\ chuva\ (cm^3\ ou\ ml)}{Área\ de\ captação\ (cm^2)} \cdot 10$$

Nas Figuras 33 e 34, é apresentado o esquema de um pluviômetro caseiro, com medidas da área de captação, que facilitam a leitura da quantidade de chuva.

Como a área de captação é de $100cm^2$, cada $10cm^3$ de água recolhida corresponderá a um milímetro de chuva.

O funil é construído de folha de flandres e composto de cone, tubo e capa.

Para se obterem bons resultados na medição, devem-se observar:

a) o cone do funil com as medidas de 112,8mm de diâmetro. Dessa forma a área de captação ficará com $100cm^2$;
b) montar o funil com a área de captação de chuvas a mais circular e lisa possível;
c) a escala da proveta de medições em cm^3.

---

(1) Adaptado de Pedro Júnior et alii (no prelo). Guia para o observador dos postos agrometeorológicos do Instituto Agronômico.

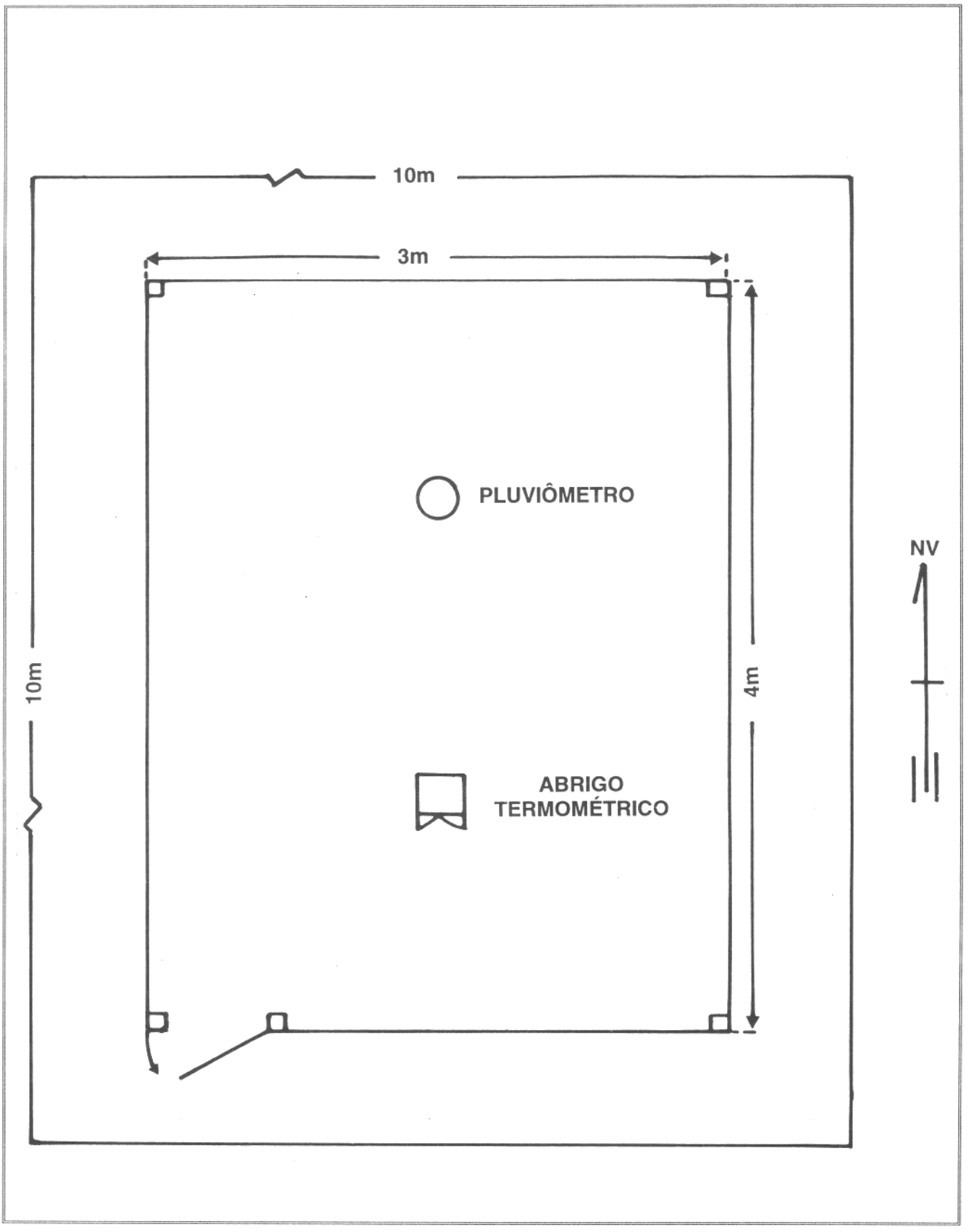


FIGURA 32 - Planta esquemática do posto termopluviométrico (anteprojeto da Seção de Climatologia Agrícola, Instituto Agronômico-Campinas).

Uma vez pronto, o pluviômetro é colocado num suporte de madeira fincado no solo (Figura 33). Um dispositivo apropriado permitirá remover facilmente o garrafão para que se possa despejar a água na proveta graduada para medição. É indispensável manter a área de captação de chuva do funil em nível.

As leituras, em caso de ocorrência de chuva, são feitas diariamente por volta das 7 horas da manhã.

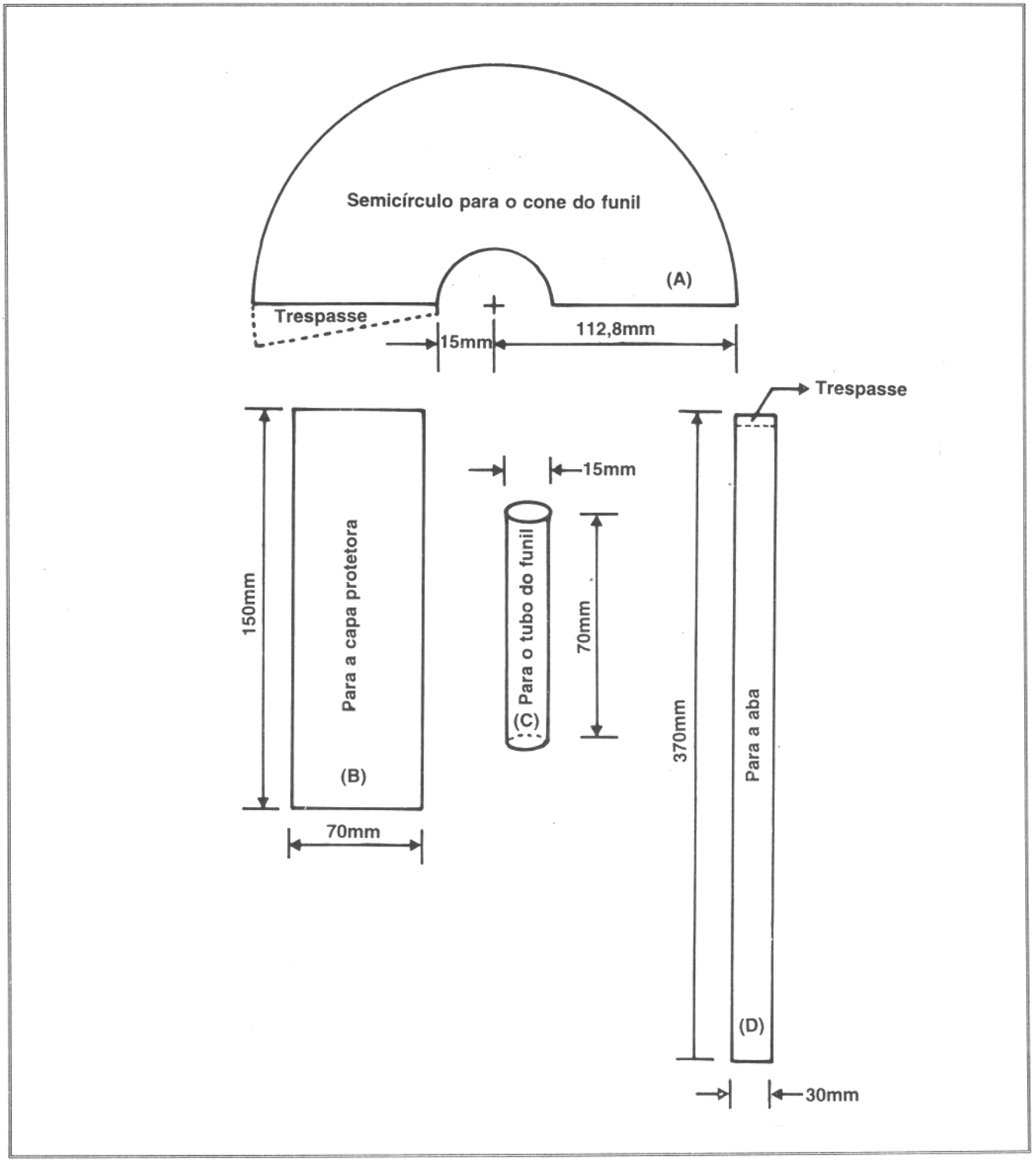


FIGURA 33 - Esquema para construção de pluviômetro caseiro (molde para confecção do funil de latão).

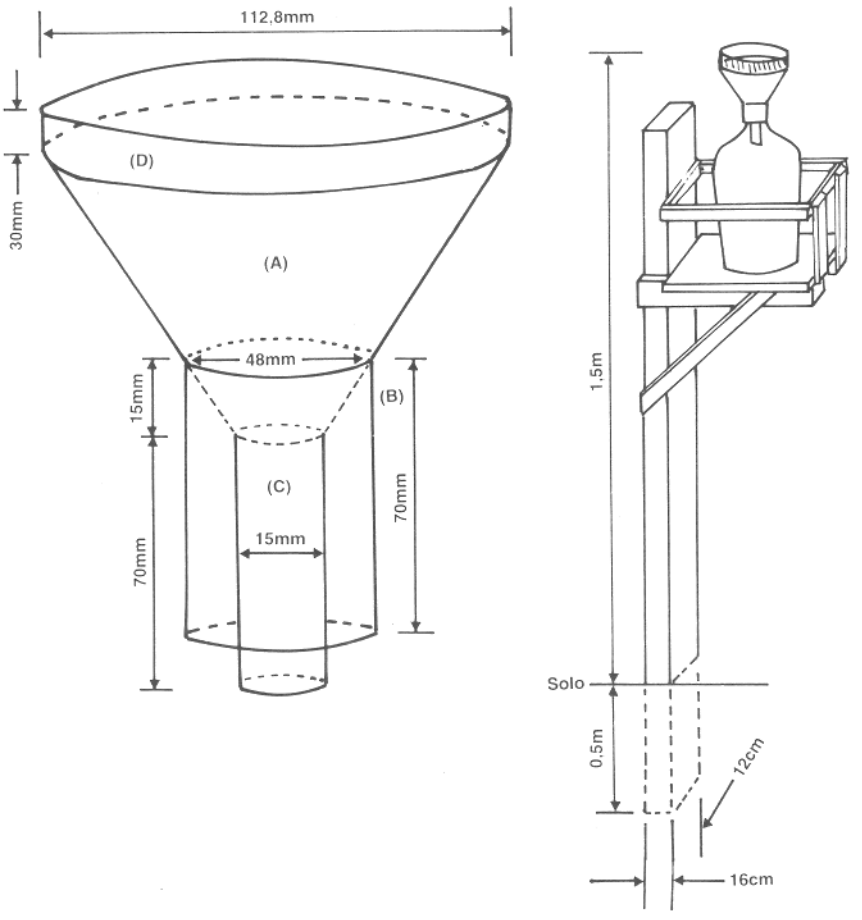


FIGURA 34 - Esquema para construção e instalação de pluviômetro caseiro.

5.2 Temperatura do ar

A temperatura do ar é determinada em abrigos termométricos que servem para proteger os termômetros da incidência direta da radiação solar, permitindo a livre passagem do ar. São normalmente pintados de branco.

Os abrigos são instalados a 1,5m acima do nível do solo, com a porta de acesso aos equipamentos voltada para o Sul (no nosso hemisfério) para evitar a incidência do sol no momento da observação.

Para determinações mais precisas, são utilizados abrigos microclimáticos (Figura 35) e termômetros meteorológicos de máxima e de mínima (Figura 36).

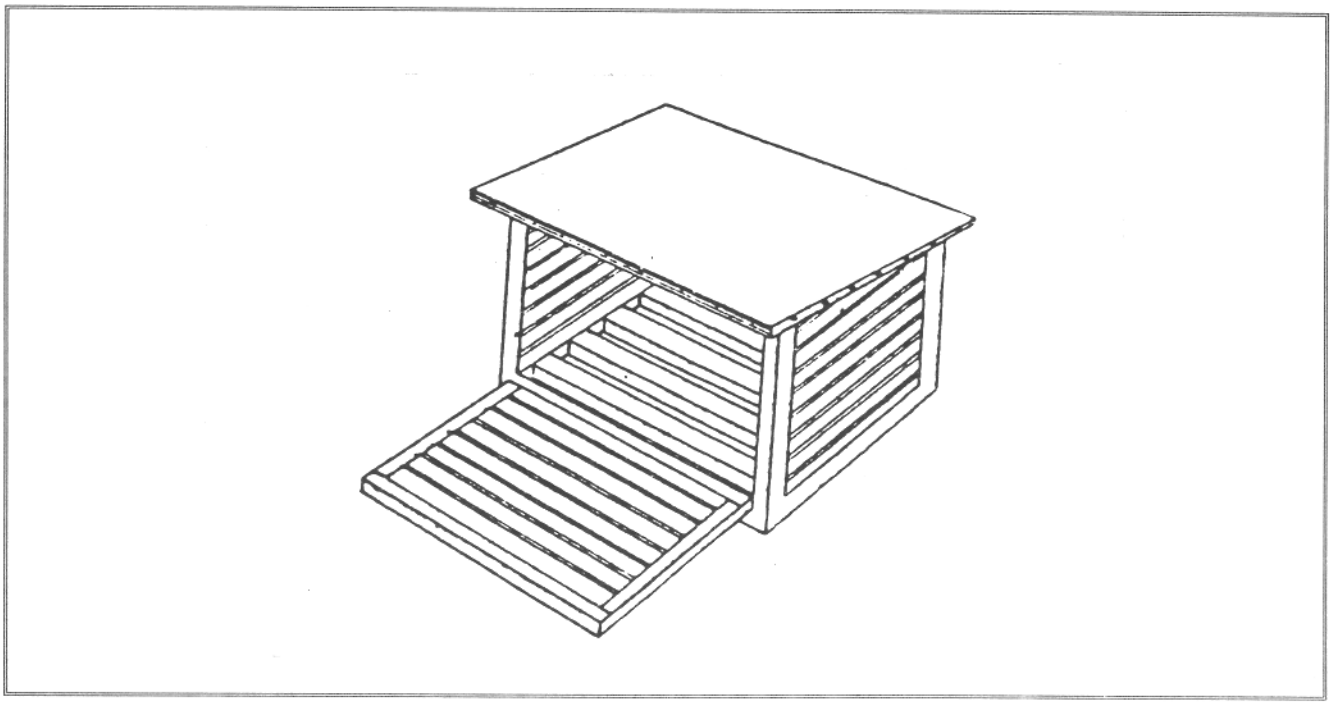


FIGURA 35 - Abrigo microclimático

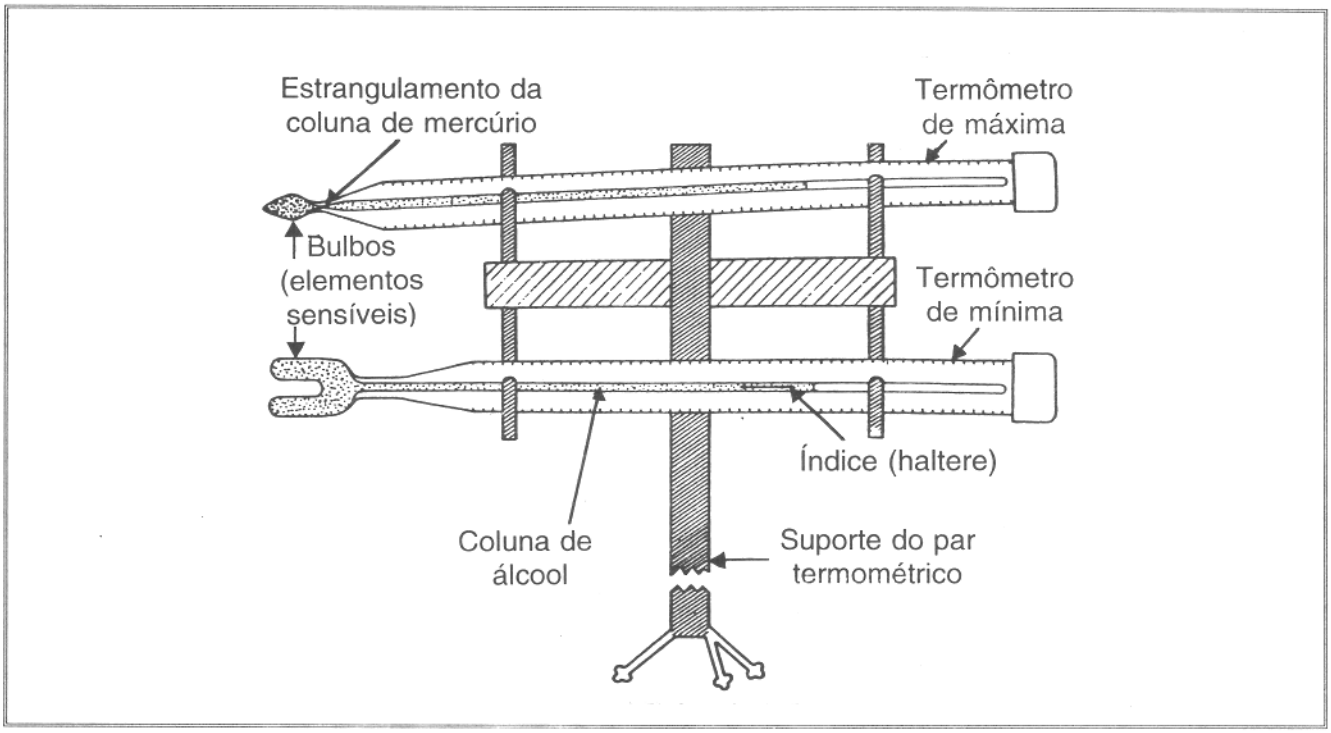


FIGURA 36 - Termômetro meteorológico de máxima e de mínima.

O termômetro de máxima é lido diariamente e, após cada leitura, é preparado de modo a forçar o mercúrio (elemento sensível) a atravessar a constrição. Isso é conseguido segurando o termômetro firmemente e girando-o em um semicírculo de cima para baixo (Figura 37).

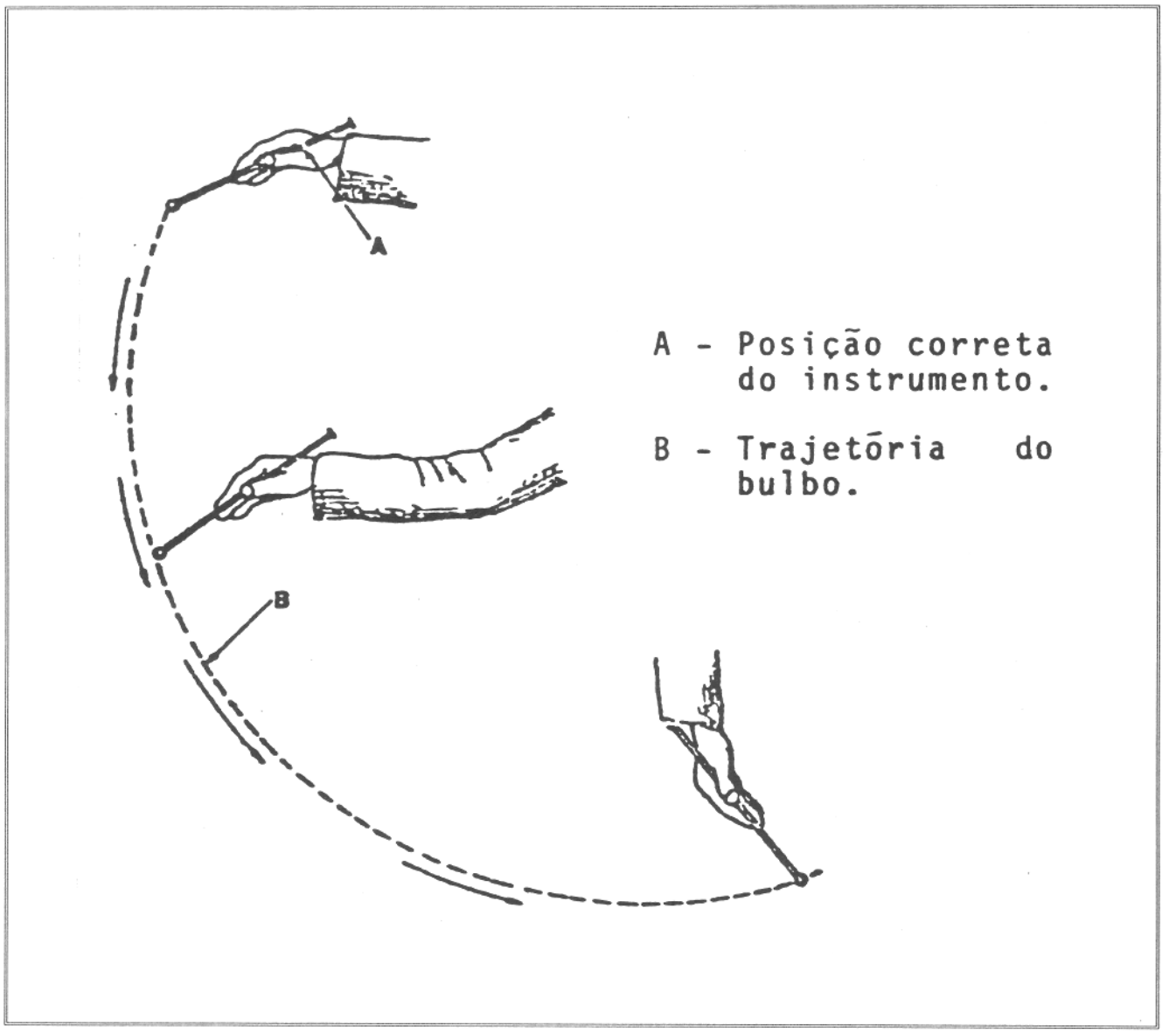


FIGURA 37 - Preparação do termômetro de máxima.

O termômetro de mínima tem como elemento sensível o álcool e, no interior do tubo capilar, existe um indicador no formato de haltere, cuja extremidade oposta ao bulbo indica a menor temperatura do ar ocorrida.

Diariamente, após cada leitura, o termômetro é preparado, bastando para isso incliná-lo, mantendo o bulbo ligeiramente levantado, até que o haltere encoste no menisco da coluna.

Se não houver necessidade de observações de temperatura do ar muito precisas, o usuário poderá utilizar abrigo e termômetro mais simplificados e de menores custos.

Para atender tais requisitos, o mais comum é o uso de abrigo simplificado, modelo IBC-GERCA (Figura 38), e de termômetro de máxima e mínima, tipo capela (Figura 39).

Esse termômetro permite determinar as temperaturas máximas e mínimas em um só instrumento, através de dois halteres existentes no interior do capilar. Diariamente, após cada leitura, o termômetro é preparado através da utilização de um imã, fazendo os halteres encostarem na coluna de mercúrio.

Descrições mais detalhadas são encontradas em publicações específicas.

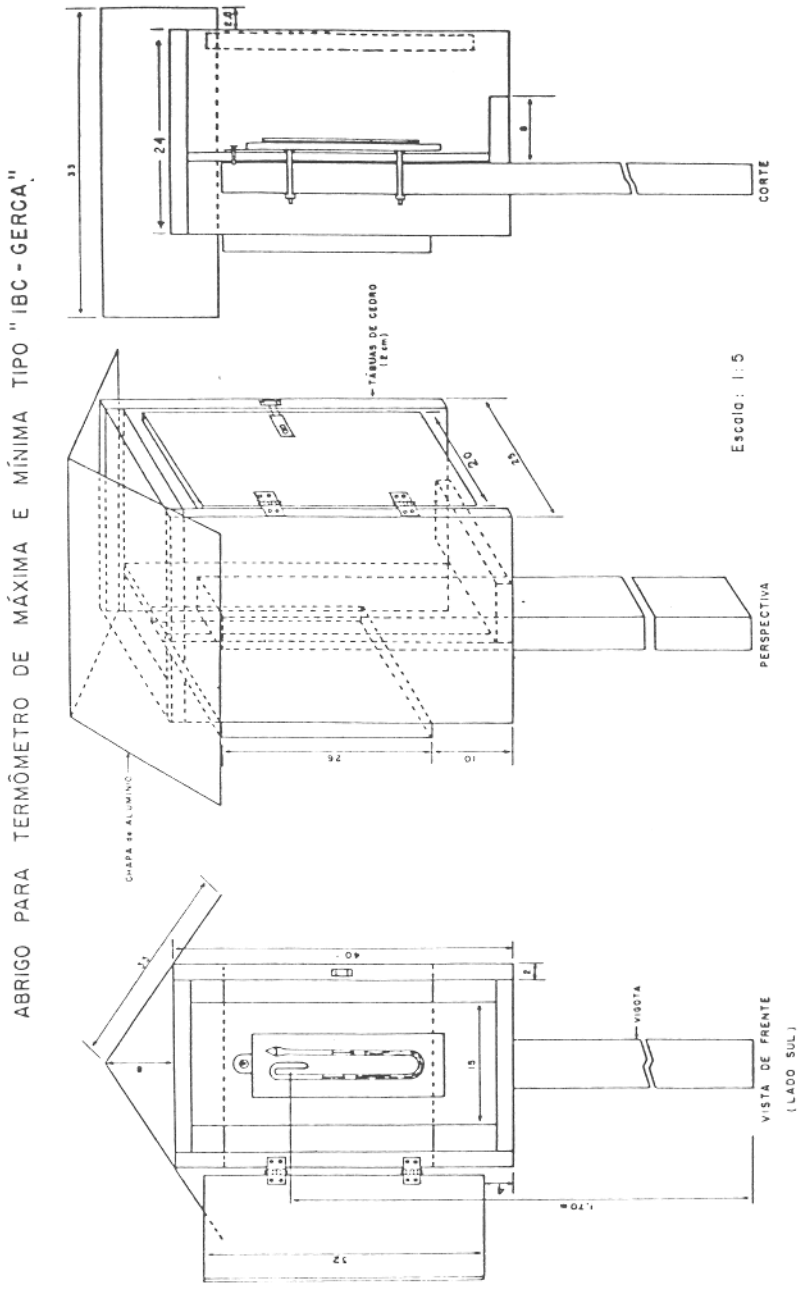


FIGURA 38 - Abrigo para termômetro de máxima e mínima, tipo IBC-GERCA.
FONTE: Camargo, 1975

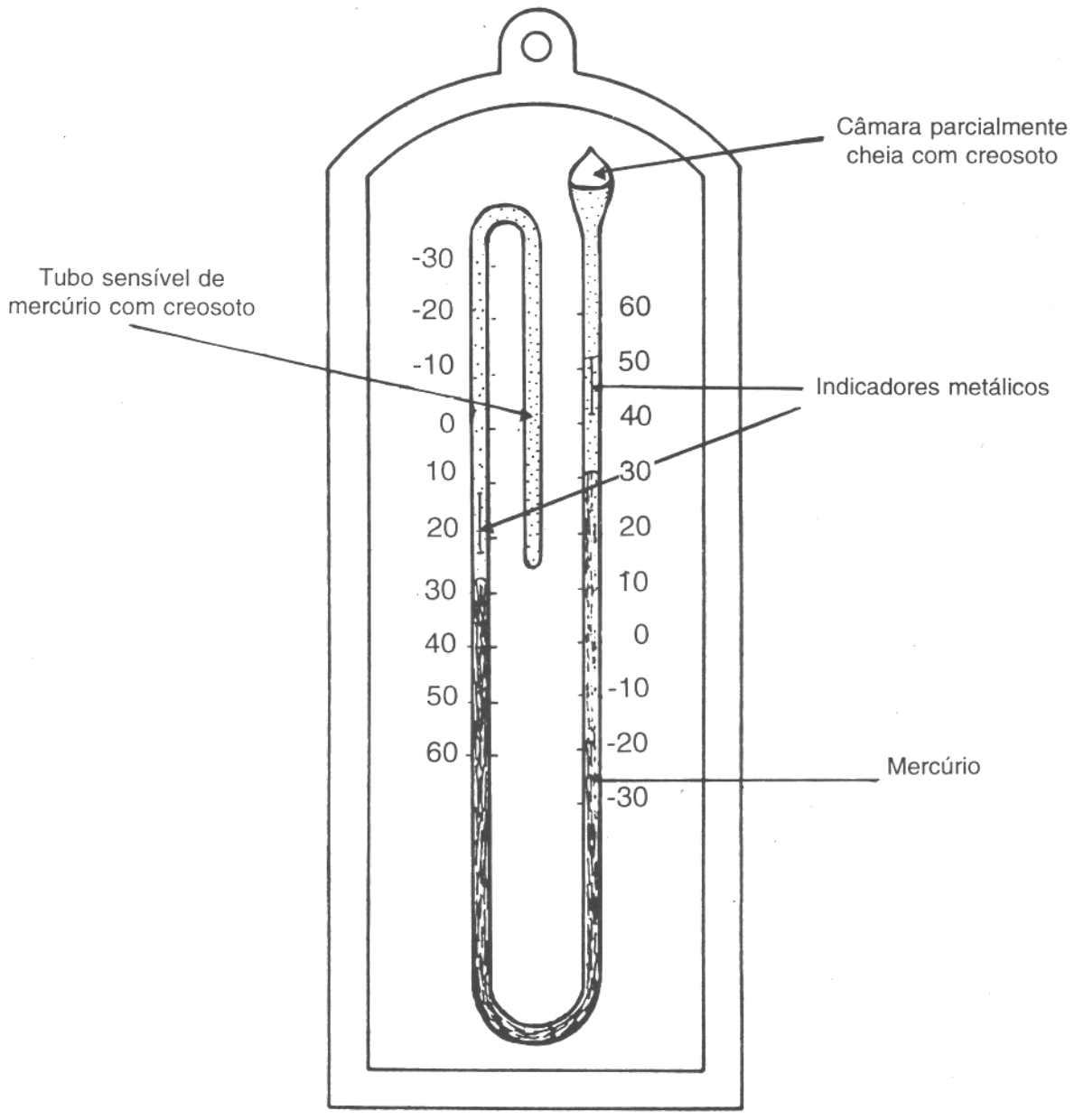


FIGURA 39 - Termômetro de parede de máxima e mínima, "tipo six".

6 ESTIMATIVA DAS TEMPERATURAS MÉDIAS MENSAIS DAS MÁXIMAS E DAS MÍNIMAS[1]

A rede de postos agrometeorológicos existente no Estado de São Paulo, com medições de temperatura do ar, é insuficiente para se caracterizarem as condições térmicas nas microbacias do Estado de São Paulo.

Para minimizar o problema da insuficiência de dados de temperatura, podem ser usadas equações de estimativa, baseadas em fatores geográficos (altitude e latitude), para se obterem valores médios mensais de temperaturas máximas e mínimas.

Nos Quadros 3 e 4, são apresentados os coeficientes da equação de regressão múltipla do tipo:

$$y = a + bx + cx_1$$

onde,

y = temperatura média mensal máxima ou mínima (°C);

a, b e c = coeficientes da equação de regressão;

x = altitude (metros);

x_1 = latitude (minutos).

QUADRO 3 - Valores dos coeficientes das equações de regressão para estimativa das médias mensais de temperatura máxima para o Estado de São Paulo, em função de altitude e latitude.

MÊS	a	b	c
Jan.	38,47	- 0,0075	- 0,0030
Fev.	38,65	- 0,0079	- 0,0029
Mar.	41,30	- 0,0077	-0,0052
Abr.	47,63	-0,0075	-0,0112
Maio	48,76	-0,0070	-0,0137
Jun.	49,81	-0,0068	-0,0154
Jul.	51,51	-0,0070	-0,0164
Ago.	59,57	-0,0076	-0,0205
Set.	63,40	-0,0067	-0,0230
Out.	57,36	-0,0073	-0,0179
Nov.	48,68	-0,0078	-0,0109
Dez.	43,83	-0,0077	-0,0074
ANO	48,99	-0,0074	-0,0122

---

(1) Adaptado de Pedro Júnior et alii (no prelo). Estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas para o Estado de São Paulo.

QUADRO 4 - Valores dos coeficientes das equações de regressão para estimativa das médias mensais de temperatura mínima para o Estado de São Paulo, em função de altitude e latitude.

MÊS	a	b	c
Jan.	26,82	-0,0058	-0,0035
Fev.	26,37	-0,0058	-0,0030
Mar.	27,29	-0,0059	-0,0042
Abr.	26,42	-0,0057	-0,0056
Maio	24,88	-0,0058	-0,0064
Jun.	26,19	-0,0059	-0,0084
Jul.	26,05	-0,0057	-0,0088
Ago.	30,24	-0,0061	-0,0107
Set.	33,93	-0,0062	-0,0119
Out.	35,32	-0,0057	-0,0119
Nov.	32,21	-0,0058	-0,0089
Dez.	29,21	-0,0059	-0,0057
ANO	28,66	-0,0059	-0,0074

Tomando-se como exemplo a microbacia do córrego São Joaquim em Piraçununga, que se situa na latitude de 22°01'S a uma altitude média de 660m, teremos para o mês de janeiro:

a) temperatura média mensal das máximas (estimada)

Tmax-janeiro = a + bx + cx, pelo Quadro 3

Tmax-janeiro = 38,47 - 0,0075(altitude) - 0,0030(latitude)

- a altitude é de 660m e a latitude transformada em minutos fica: (22 x 60) + 01, e substituindo-se na equação:

Tmax-janeiro = 38,47 - 0,0075(660) - 0,0030(1.321)

Tmax-janeiro = 38,47 - 4,95 - 3,96

Tmax-janeiro = 29,6°C

b) temperatura média mensal das mínimas (estimada)

- através do Quadro 4, a equação fica:

Tmin-janeiro = 26,82 - 0,0058(660) - 0,0035(1.321)

Tmin-janeiro = 18,4°C

Do mesmo modo, são calculadas, sucessivamente, para os outros meses, as temperaturas médias mensais para a caracterização térmica da microbacia ou para cálculo do balanço hídrico climático para a região.

7 BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO[1]

O balanço hídrico é um método climatológico que permite contabilizar a quantidade de água no solo disponível às plantas, além de indicar períodos secos ou muito úmidos.

O método considera a quantidade de chuva e/ou de irrigação como entrada de água no sistema e a evapotranspiração potencial como a saída (Figura 40), considerando-se uma determinada capacidade de retenção de água no solo.

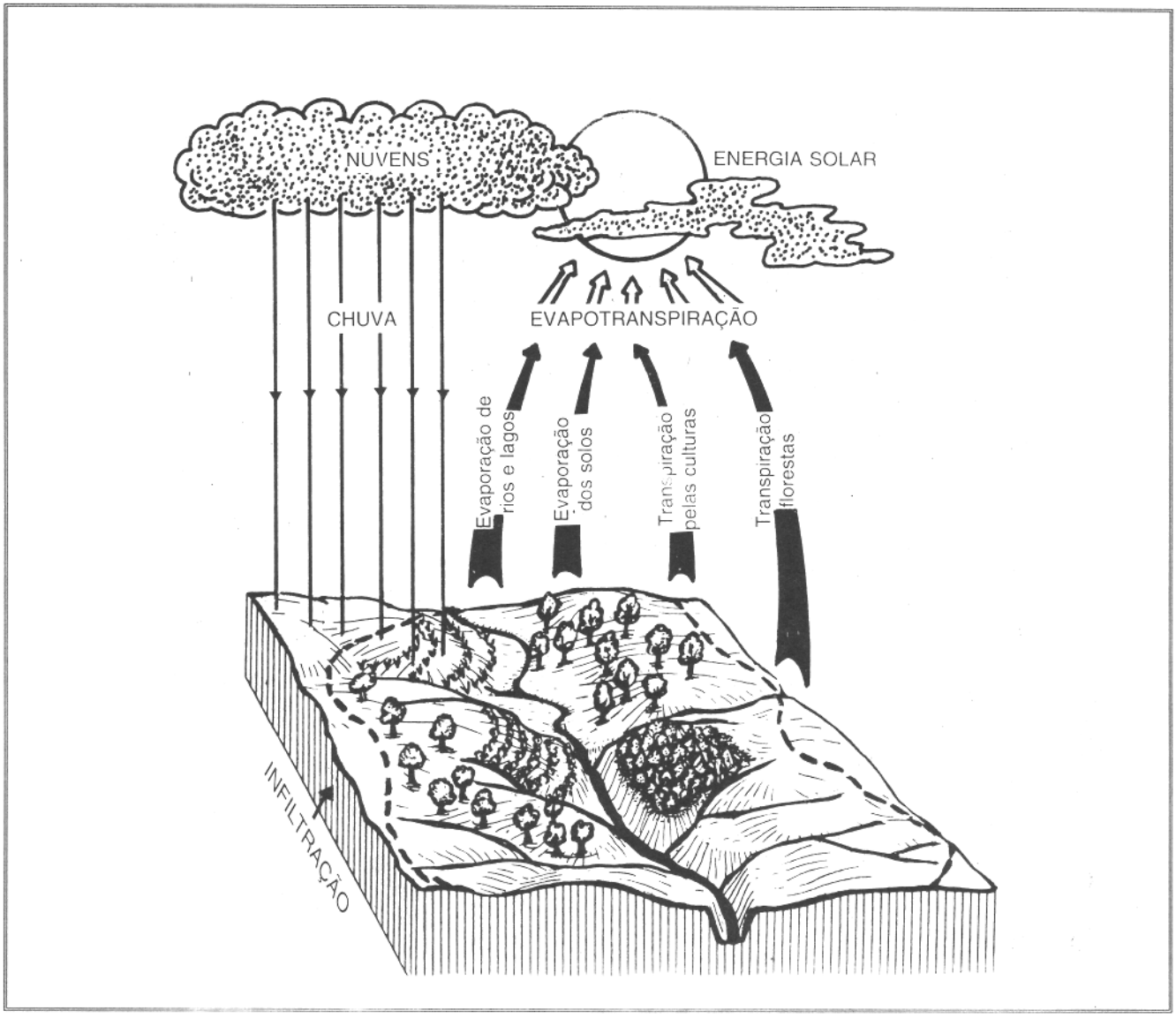


FIGURA 40 - Representação esquemática do balanço hídrico.

A evapotranspiração potencial é definida como a quantidade de água que evapora do solo e que transpira das plantas, em solo inteiramente vegetado, livremente exposto à atmosfera e em condições de capacidade de campo.

---

(1) Adaptado de Camargo (1978); Ortolani et alii (1970) e Pessoa (1985).

A determinação da evapotranspiração potencial (ETP), de acordo com Camargo & Camargo (1984), é baseada na temperatura do ar (Ta) e na radiação solar incidente numa superfície horizontal acima da atmosfera:

ETP = Ta. d. f

onde:

ETP = a evapotranspiração em milímetros de água;

Ta = a temperatura média do ar no período considerado em °C;

d = o número de dias do período considerado;

f = o resultado do produto entre a radiação solar no topo da atmosfera e a constante 0,01 (Quadro 5).

O confronto das curvas de precipitação pluvial e de evapotranspiração potencial (água necessária) pode indicar as disponibilidades hídricas e climáticas da região.

QUADRO 5 - Valores do fator f da fórmula de Camargo & Camargo (1984) de estimativa de evapotranspiração potencial em milímetros para o dia 15 de cada mês, na faixa de latitude que abrange o Estado de São Paulo.

	Latitude Sul (graus)					
meses	20	21	22	23	24	25
Jan.	0,167	0,168	0,169	0,169	0,169	0,170
Fev.	0,160	0,160	0,160	0,160	0,159	0,159
Mar.	0,145	0,144	0,143	0,142	0,141	0,140
Abr.	0,124	0,122	0,120	0,118	0,117	0,116
Maio	0,106	0,104	0,102	0,100	0,098	0,096
Jun.	0,096	0,093	0,091	0,088	0,086	0,084
Jul.	0,100	0,098	0,096	0,093	0,091	0,089
Ago.	0,115	0,113	0,111	0,109	0,107	0,106
Set.	0,135	0,133	0,131	0,131	0,131	0,129
Out.	0,153	0,152	0,152	0,151	0,151	0,150
Nov.	0,164	0,165	0,165	0,165	0,165	0,166
Dez.	0,168	0,169	0,170	0,171	0,171	0,172

FONTE: Adaptado de Camargo & Camargo (1984).

7.1 Escolha do valor de armazenamento máximo

O balanço hídrico considera o solo como um reservatório de água, o qual tem uma capacidade máxima de retenção (armazenamento máximo) acima da qual a água é percolada para o lençol freático.

O armazenamento máximo é influenciado principalmente pelo tipo de solo (características físico-hídricas) e pela capacidade de exploração das raízes (profundidade).

Para facilitar sua estimativa no Quadro 6, são encontrados valores de armazenamento máximo, adaptados às Tabelas apresentadas neste trabalho, que poderão ser utilizados no cálculo do balanço hídrico, conforme a situação que se apresentar ao usuário.

QUADRO 6 - Valores de armazenamento máximo (mm) aproximados para o uso das Tabelas de armazenamento no cálculo do balanço hídrico.

Tipo de Solo	Hortaliças	Feijão Arroz Batata	Trigo	Milho Sorgo	Culturas Perenes	Essências Florestais
Arenoso	25	25	25	25	25	75
Médio	25	25	50	50	75	125
Argiloso	25	50	75	75	100	300
Muito Argiloso	25	25	50	50	75	125

Observação: Esses valores são para as culturas em pleno desenvolvimento. Culturas mais novas terão um sistema radicular menos profundo e, portanto, um valor menor de água disponível no solo.

7.2 Roteiro para cálculo do balanço hídrico

No Quadro 7, é apresentado um exemplo do cálculo do balanço hídrico para Campinas, considerando-se armazenamento máximo de 125mm. Para preenchimento das colunas do balanço hídrico, segue-se o seguinte roteiro:

Coluna 1 - Temperatura - preencher com as respectivas temperaturas médias mensais (°C);

Coluna 2 - Fator f - preencher com os valores obtidos através do Quadro 5;

Coluna 3 - Período - preencher com o número de dias do período considerado;

Coluna 4 - Evapotranspiração potencial (EP) - obter a EP multiplicando-se os dados das colunas 1, 2 e 3 (mm);

Coluna 5 - Precipitação pluviométrica (P) - preencher com os respectivos totais de precipitação (mm);

Coluna 6 - (P-EP) - preencher com os saldos negativos ou positivos obtidos, efetuando-se as diferenças entre os valores das colunas 5 e 4;

Coluna 7 - Negativo acumulado (NEG.ACUM.) e **Coluna 8** - Armazenamento (ARM) - Essas duas colunas são preenchidas simultaneamente. O preenchimento da coluna 7 inicia-se quando aparece um valor negativo de P-EP; nesse mês, o valor do Negativo Acumulado da coluna é igual ao valor negativo de P-EP. Com esse valor, entra-se nas tabelas do armazenamento máximo que está sendo utilizado (Quadro 9 para 25mm; Quadro 10 para 50mm; Quadro 11 para 75mm; Quadro 12 para 100mm; ou Quadro 13 para 125mm e Quadros 14, 15 e 16 para 300mm), e obtém-se o valor para a coluna 8, que corresponde ao armazenamento para aquele valor de Negativo Acumulado. Sendo o valor seguinte de P-EP também negativo, o valor Negativo Acumulado correspondente será igual à soma deste valor de P-EP e do valor do Negativo Acumulado do mês anterior e assim por diante. O valor respectivo de armazenamento vai sendo obtido nas tabelas de armazenamento. Quando o valor de P-EP se tornar positivo, faz-se o processo inverso, isto é, obtém-se primeiro o Armazenamento, somando-se o seu valor do mês anterior com o valor agora positivo de P-EP. Portanto, o valor do Negativo Acumulado será obtido através dos Quadros 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16, correspondentes ao armazenamento máximo considerado. Quando o armazenamento ultrapassar seu limite máximo (25, 50, 75, 100, 125, ou 300mm), o valor do Negativo Acumulado será igual a zero.

Coluna 9 - Alteração (Alt) - é obtida pela diferença entre o valor de armazenamento do período em questão e o armazenamento do período anterior.

A determinação da evapotranspiração potencial (ETP), de acordo com Camargo & Camargo (1984), é baseada na temperatura do ar (Ta) e na radiação solar incidente numa superfície horizontal acima da atmosfera:

ETP = Ta. d. f

onde:

ETP = a evapotranspiração em milímetros de água;

Ta = a temperatura média do ar no período considerado em °C;

d = o número de dias do período considerado;

f = o resultado do produto entre a radiação solar no topo da atmosfera e a constante 0,01 (Quadro 5).

O confronto das curvas de precipitação pluvial e de evapotranspiração potencial (água necessária) pode indicar as disponibilidades hídricas e climáticaş da região.

QUADRO 5 - Valores do fator f da fórmula de Camargo & Camargo (1984) de estimativa de evapotranspiração potencial em milímetros para o dia 15 de cada mês, na faixa de latitude que abrange o Estado de São Paulo.

	Latitude Sul (graus)					
meses	20	21	22	23	24	25
Jan.	0,167	0,168	0,169	0,169	0,169	0,170
Fev.	0,160	0,160	0,160	0,160	0,159	0,159
Mar.	0,145	0,144	0,143	0,142	0,141	0,140
Abr.	0,124	0,122	0,120	0,118	0,117	0,116
Maio	0,106	0,104	0,102	0,100	0,098	0,096
Jun.	0,096	0,093	0,091	0,088	0,086	0,084
Jul.	0,100	0,098	0,096	0,093	0,091	0,089
Ago.	0,115	0,113	0,111	0,109	0,107	0,106
Set.	0,135	0,133	0,131	0,131	0,131	0,129
Out.	0,153	0,152	0,152	0,151	0,151	0,150
Nov.	0,164	0,165	0,165	0,165	0,165	0,166
Dez.	0,168	0,169	0,170	0,171	0,171	0,172

FONTE: Adaptado de Camargo & Camargo (1984).

7.1 Escolha do valor de armazenamento máximo

O balanço hídrico considera o solo como um reservatório de água, o qual tem uma capacidade máxima de retenção (armazenamento máximo) acima da qual a água é percolada para o lençol freático.

O armazenamento máximo é influenciado principalmente pelo tipo de solo (características físico-hídricas) e pela capacidade de exploração das raízes (profundidade).

Para facilitar sua estimativa no Quadro 6, são encontrados valores de armazenamento máximo, adaptados às Tabelas apresentadas neste trabalho, que poderão ser utilizados no cálculo do balanço hídrico, conforme a situação que se apresentar ao usuário.

QUADRO 6 - Valores de armazenamento máximo (mm) aproximados para o uso das Tabelas de armazenamento no cálculo do balanço hídrico.

Tipo de Solo	Hortaliças	Feijão Arroz Batata	Trigo	Milho Sorgo	Culturas Perenes	Essências Florestais
Arenoso	25	25	25	25	25	75
Médio	25	25	50	50	75	125
Argiloso	25	50	75	75	100	300
Muito Argiloso	25	25	50	50	75	125

Observação: Esses valores são para as culturas em pleno desenvolvimento. Culturas mais novas terão um sistema radicular menos profundo e, portanto, um valor menor de água disponível no solo.

7.2 Roteiro para cálculo do balanço hídrico

No Quadro 7, é apresentado um exemplo do cálculo do balanço hídrico para Campinas, considerando-se armazenamento máximo de 125mm. Para preenchimento das colunas do balanço hídrico, segue-se o seguinte roteiro:

Coluna 1 - Temperatura - preencher com as respectivas temperaturas médias mensais (°C);

Coluna 2 - Fator f - preencher com os valores obtidos através do Quadro 5;

Coluna 3 - Período - preencher com o número de dias do período considerado;

Coluna 4 - Evapotranspiração potencial (EP) - obter a EP multiplicando-se os dados das colunas 1, 2 e 3 (mm);

Coluna 5 - Precipitação pluviométrica (P) - preencher com os respectivos totais de precipitação (mm);

Coluna 6 - (P-EP) - preencher com os saldos negativos ou positivos obtidos, efetuando-se as diferenças entre os valores das colunas 5 e 4;

Coluna 7 - Negativo acumulado (NEG.ACUM.) e **Coluna 8** - Armazenamento (ARM) - Essas duas colunas são preenchidas simultaneamente. O preenchimento da coluna 7 inicia-se quando aparece um valor negativo de P-EP; nesse mês, o valor do Negativo Acumulado da coluna é igual ao valor negativo de P-EP. Com esse valor, entra-se nas tabelas do armazenamento máximo que está sendo utilizado (Quadro 9 para 25mm; Quadro 10 para 50mm; Quadro 11 para 75mm; Quadro 12 para 100mm; ou Quadro 13 para 125mm e Quadros 14, 15 e 16 para 300mm), e obtém-se o valor para a coluna 8, que corresponde ao armazenamento para aquele valor de Negativo Acumulado. Sendo o valor seguinte de P-EP também negativo, o valor Negativo Acumulado correspondente será igual à soma deste valor de P-EP e do valor do Negativo Acumulado do mês anterior e assim por diante. O valor respectivo de armazenamento vai sendo obtido nas tabelas de armazenamento. Quando o valor de P-EP se tornar positivo, faz-se o processo inverso, isto é, obtém-se primeiro o Armazenamento, somando-se o seu valor do mês anterior com o valor agora positivo de P-EP. Portanto, o valor do Negativo Acumulado será obtido através dos Quadros 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16, correspondentes ao armazenamento máximo considerado. Quando o armazenamento ultrapassar seu limite máximo (25, 50, 75, 100, 125, ou 300mm), o valor do Negativo Acumulado será igual a zero.

Coluna 9 - Alteração (Alt) - é obtida pela diferença entre o valor de armazenamento do período em questão e o armazenamento do período anterior.

Coluna 10 - Evapotranspiração Real (ER) - o valor da evapotranspiração real será igual ao da Evapotranspiração potencial (EP) quando o armazenamento estiver em seu valor máximo e quando, embora o armazenamento não seja total, o valor de P-EP for positivo. Quando P-EP for negativo, ER será igual à soma entre P e ALT, sem considerar o sinal.
Coluna 11 - Deficiência hídrica (DEF) - esse valor é obtido pela diferença entre EP e ER.

Coluna 12 - Excedente hídrico (EXC) - será sempre zero quando não ocorrer armazenamento máximo. Quando o ARM for máximo, o valor de EXC será igual à diferença entre (P - EP) e ALT.

Para saber se os cálculos do balanço hídrico estão corretos, devem ser feitas as seguintes aferições:

a) $\Sigma P = \Sigma EP + \Sigma (P - EP)$

b) $\Sigma ALT = 0$

c) $\Sigma EP = \Sigma ER + \Sigma DEF$

d) $\Sigma P = \Sigma ER + \Sigma EXC$

O símbolo Σ significa a soma dos parâmetros em questão.

7.3 Interpretação do gráfico do balanço hídrico

A finalidade deste gráfico é a visualização rápida do balanço hídrico (Figura 41). Permite em poucos instantes ter uma noção do conteúdo de água no solo de uma região, no decorrer do mês e do ano. Daí o seu interesse para aplicação na agricultura.

QUADRO 7 - Balanço hídrico climático, segundo Thornthwaite & Mather (1955), para 125mm de armazenamento. Local: Campinas, latitude: 22°05'S, longitude: 47°05'W e altitude: 669m. Período: 1956-1989.

Data	Temp °C 1	Fator f 2	Período Dias 3	Ep mm 4	P mm 5	P - Ep 6	Neg. Acum. 7	Arm mm 8	Alt 9	Er mm 10	Def mm 11	Exc mm 12
Jan.	23,1	0,169	31	121	234	+113	0	125	0	121	0	113
Fev.	23,3	0,159	28	104	187	+83	0	125	0	104	0	83
Mar.	22,7	0,141	31	99	140	+41	0	125	0	99	0	41
Abr.	20,9	0,117	30	73	73	0	0	125	0	73	0	0
Maio	18,5	0,098	31	56	68	+12	0	125	0	56	0	12
Jun.	17,2	0,086	30	44	52	+8	0	125	0	44	0	8
Jul.	17,4	0,091	31	49	32	- 17	- 17	108	- 17	49	0	0
Ago.	18,9	0,107	31	63	41	- 22	- 39	90	- 18	59	4	0
Set.	20,3	0,131	30	80	68	- 12	- 51	82	- 8	76	4	0
Out.	21,3	0,151	31	100	126	+26	- 17	108	+26	100	0	0
Nov.	22,0	0,165	30	110	137	+27	0	125	+17	110	0	10
Dez.	22,4	0,171	31	119	224	+105	0	125	0	119	0	105
ANO	20,7	-	-	1.018	1.382	-	-	-	±43	1.010	8	372

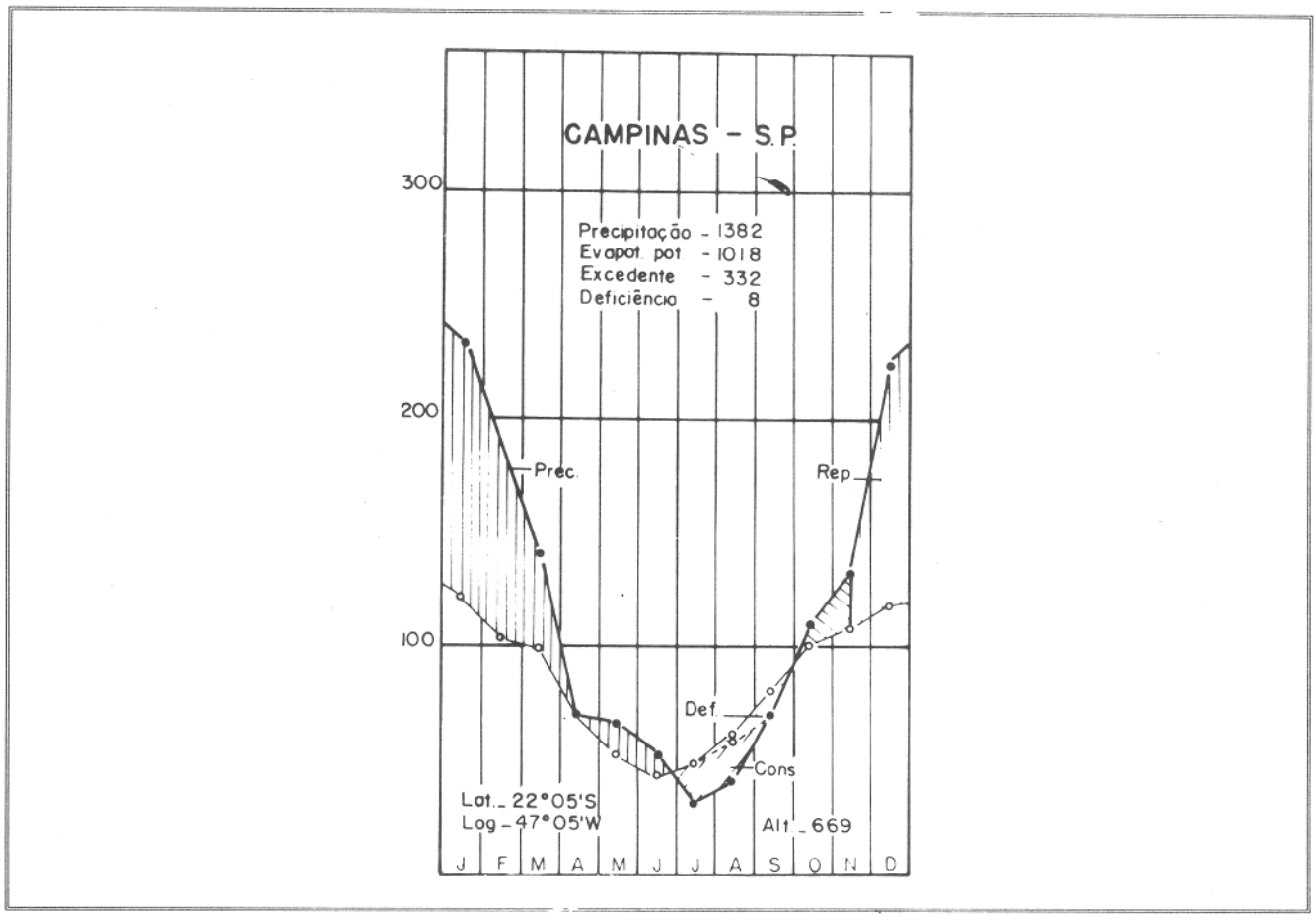


FIGURA 41 - Gráfico do balanço hídrico.

Os balanços hídricos apresentam, além da precipitação da evapotranspiração potencial e real, os seguintes dados:

- excedentes hídricos: quantidade de água, em milímetros, que excede a capacidade de armazenamento do solo, e é drenada para o lençol freático;

- deficiência hídrica: quantidade de água, em milímetros, que falta no solo para o uso das plantas. Constitui a diferença entre a evapotranspiração potencial e a real;

- retirada de água do solo: quantidade de água, em milímetros, que as plantas retiram do solo;

- reposição da água do solo: quantidade de água, em milímetros, advinda da chuva, reposta ao solo para alcançar a capacidade de campo.

Esses dados são registrados nos gráficos do balanço hídrico, conforme Figura 41: no eixo das abscissas, são indicados os meses do ano ou período considerado. No eixo das ordenadas, consta a escala de valores em milímetros de altura da água. Constam ainda o nome do município, a altitude do posto meteorológico, a evapotranspiração potencial, a precipitação, a deficiência hídrica, o excedente hídrico e a temperatura média anual.

A curva com a linha pontilhada indica os dados de precipitação média mensal (marcam-se os valores referentes a cada mês). A evapotranspiração potencial é indicada pela curva de linha cheia. A curva de linha mista corresponde à evapotranspiração real.

A área preenchida por traços verticais corresponde ao excedente hídrico, distribuído entre os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, num total de 372mm. A cotação do excedente hídrico no gráfico teve início no mês de novembro.

A área preenchida por traços oblíquos ascendentes corresponde à quantidade de água retida no solo, que foi de 65mm, quando a precipitação se apresentou inferior à evapotranspiração potencial.

A reposição de água é dada pela área preenchida com linhas oblíquas descendentes, em um total de 43mm, que aparece logo após ER, EP e P se igualarem.

A deficiência hídrica é visualizada pela área pontilhada do gráfico, corresponde a 8mm e ocorre nos meses de maio, julho, agosto e setembro.

Na Figura 42, é mostrada como exemplo a variação dos componentes do balanço hídrico no período decendial (10 dias), para melhor caracterizar e visualizar a ocorrência de períodos úmidos e/ou secos, sem que esses últimos sejam mascarados quando do uso da escala mensal.

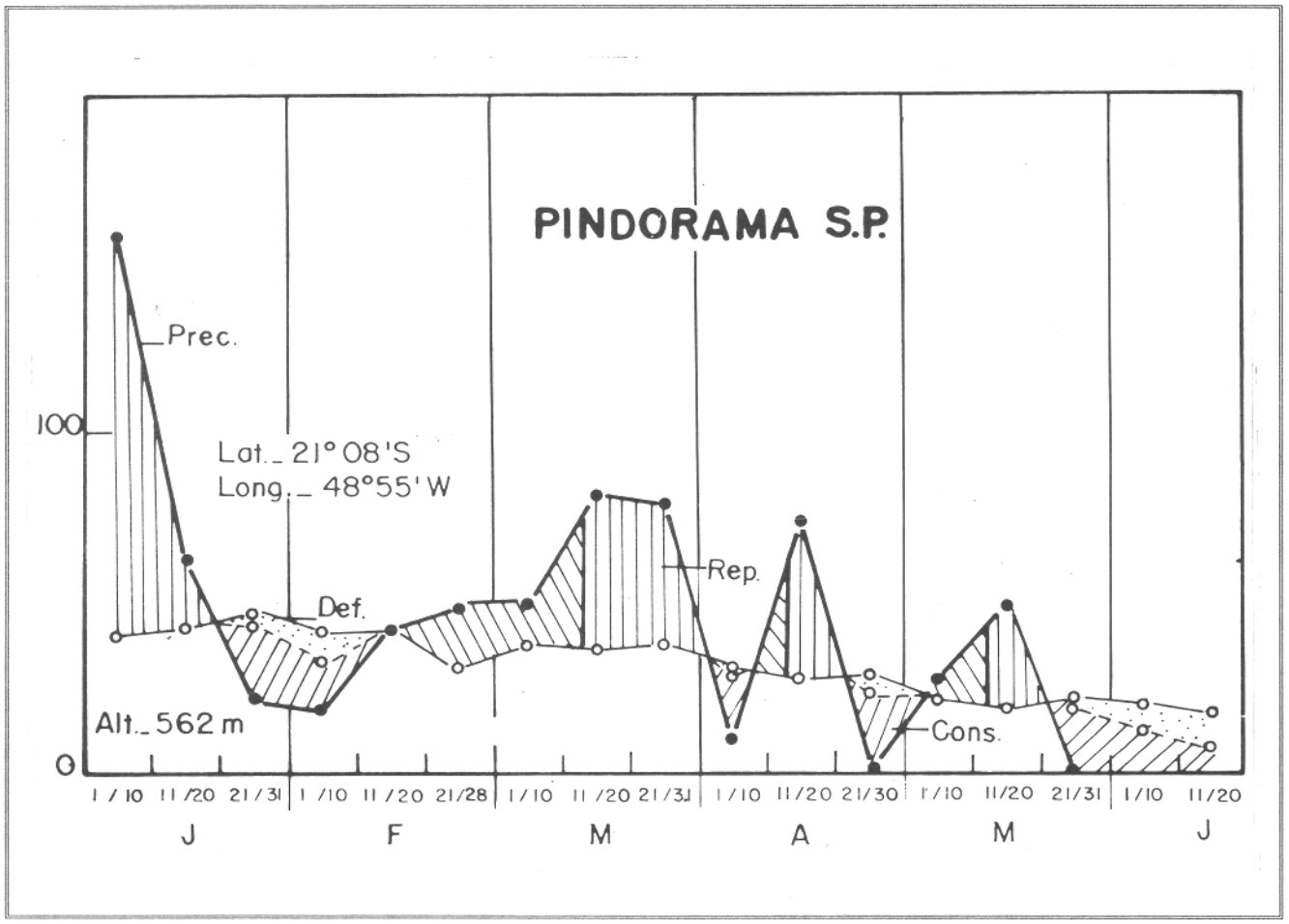


FIGURA 42 - Variação dos componentes do balanço hídrico no período decendial.

7.4 Balanço hídrico seriado

Além do balanço hídrico climático que leva em consideração os valores médios de chuva e temperatura, muitas vezes é de interesse o conhecimento do comportamento do balanço hídrico ano a ano, para se quantificar ou identificar a ocorrência de secas ou períodos muito úmidos extemporâneos.

A metodologia de cálculo é a mesma utilizada para o balanço hídrico climático; apenas deve ser tomado o seguinte cuidado: iniciar os cálculos somente quando o solo estiver em condições de armazenamento máximo, conseguido após um período chuvoso.

Os valores de temperatura e chuva são utilizados de acordo com o período considerado (5, 10 e 30 dias) e com os cálculos dos valores das respectivas colunas. O preenchimento da ficha de balanço hídrico é feito como explicado anteriormente.

No Quadro 8, é mostrado um exemplo para a cidade de Pindorama durante o ano de 1990, considerando-se um armazenamento máximo de 75mm e período de cálculo de dez dias.

O cálculo do balanço feito com períodos menores permite identificar com maior propriedade a ocorrência de veranicos, os quais poderiam ser mascarados se o período fosse mais longo. Por exemplo: se estivéssemos efetuando um balanço hídrico seriado mensal e se permanecessem 25 dias sem chuvas e, nos últimos 5 dias do mês chovesse muito, não seria detectada a deficiência hídrica ocorrida no começo do mês.

QUADRO 8 - Balanço hídrico seriado durante o ano de 1990. Armazenamento máximo de 75mm, período de cálculo de 10 dias. Local: Pindorama, latitude: 21°08'S, longitude: 48°55'W e altitude: 562m.

DATA	TEMP °C 1	FATOR F 2	PERÍODO DIAS 3	EP mm 4	P mm 5	P-EP 6	NEG ACUM 7	ARM mm 8	ALT 9	ER mm 10	DEF mm 11	EXC mm 12
								(75)[1]				
01-10/Jan.	23,9	0,168	10	40	159	+119	0	75	0	40	0	119
11-20/Jan.	26,0	0,168	10	44	63	+19	0	75	0	44	0	19
21-31/Jan.	26,2	0,168	11	48	23	- 25	- 25	53	- 22	45	3	0
01-10/Fev.	26,2	0,160	10	42	19	- 23	- 48	38	- 15	34	8	0
11-20/Fev.	25,7	0,160	10	41	42	+1	- 47	39	+1	41	0	0
21-28/Fev.	24,3	0,160	08	31	48	+17	- 21	56	+17	31	0	0
01-10/Mar.	25,7	0,144	10	37	50	+13	- 6	69	+13	37	0	0
11-20/Mar.	25,9	0,144	10	37	83	+46	0	75	+6	37	0	52
21-31/Mar.	24,2	0,144	11	38	80	+42	0	75	0	38	0	42
01-10/Abr.	26,1	0,122	10	32	11	- 21	- 21	56	- 19	30	2	0
11-20/Abr.	23,1	0,122	10	28	75	+47	0	75	+19	28	0	66
21-30/Abr.	23,9	0,122	10	29	0	-29	-29	50	-25	25	4	0
01-10/Maio	21,7	0,104	10	23	27	+4	- 23	54	+4	23	0	8
11-20/Maio	18,7	0,104	10	19	50	+31	0	75	+21	19	0	52
21-31/Maio	19,4	0,104	11	22	0	-22	-22	55	-20	20	2	0
01-10/Jun.	21,8	0,093	10	20	0	-20	-42	42	-13	13	7	0
11-20/Jun.	18,3	0,093	10	17	0	-17	-59	33	-9	9	8	0

(1) Durante o último decênio de dezembro de 1989, choveu 154mm, portanto permitindo o início do cálculo do balanço hídrico no primeiro decênio de janeiro de 1990 com armazenamento máximo de 75 milímetros.

QUADRO 9 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 0 e 70mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 25 milímetros.

(P-EP) NEG.ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
10	16	15	15	14	13	13	12	12	11	11
20	10	10	9	9	8	8	8	8	7	7
30	7	6	6	6	5	5	5	5	5	4
40	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3
50	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
60	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

FONTE: Thornthwaite & Mather (1957)

QUADRO 10 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 0 e 170mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 50 milímetros.

(P-EP) NEG.ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41
10	41	40	39	38	37	36	36	35	34	33
20	33	32	32	31	30	30	29	28	28	27
30	27	26	25	25	24	24	23	23	22	22
40	21	21	20	20	19	19	19	18	18	18
50	17	17	17	16	16	16	15	15	15	14
60	14	14	13	13	13	13	12	11	11	11
70	11	11	11	10	10	10	10	9	9	9
80	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8
90	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6
100	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5
110	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
120	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
130	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
140	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
150	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
160	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
170	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

FONTE: Thornthwaite & Mather (1957)

QUADRO 11 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 0 e 290mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 75 milímetros.

(P-EP) NEG.ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66
10	65	64	63	62	61	60	59	58	58	57
20	57	56	55	54	53	53	52	51	51	50
30	50	49	48	47	46	46	45	45	44	44
40	43	43	42	41	40	40	39	39	38	38
50	38	37	36	36	35	35	35	34	34	33
60	33	33	32	31	31	31	30	30	29	29
70	28	28	28	27	27	27	26	26	25	25
80	25	24	24	23	23	23	23	22	22	22
90	22	21	21	21	20	20	20	20	19	19
100	19	19	18	18	18	18	17	17	17	17
110	16	16	16	16	15	15	15	15	15	14
120	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13
130	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11
140	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10
150	10	10	9	9	9	9	9	9	9	8
160	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7
170	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6
180	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
190	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5
200	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4
210	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
220	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
230	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
240	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
250	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
260	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
270	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
280	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
290	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

FONTE: Thornthwaite & Mather (1957).

QUADRO 12 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 0 e 420mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 100 milímetros.

(P-EP) NEG.ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91
10	90	89	88	88	87	86	85	84	83	82
20	81	81	80	79	78	77	77	76	75	74
30	74	73	72	71	70	70	69	68	68	67
40	66	66	65	64	64	63	62	62	61	60
50	60	59	59	58	58	57	56	56	55	54
60	54	53	53	52	52	51	51	50	50	49
70	49	48	48	47	47	46	46	45	45	44
80	44	44	43	43	42	42	41	41	40	40
90	40	39	39	38	38	38	37	37	36	36
100	36	35	35	35	34	34	34	33	33	33
110	32	32	32	31	31	31	30	30	30	30
120	29	29	29	28	28	28	27	27	27	27
130	26	26	26	26	25	25	25	24	24	24
140	24	24	23	23	23	23	22	22	22	22
150	22	21	21	21	21	20	20	20	20	20
160	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18
170	18	17	17	17	17	17	16	16	16	16
180	16	16	15	15	15	15	15	15	14	14
190	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13
200	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12
210	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11
220	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
230	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
240	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
250	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7
260	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6
270	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
280	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5
290	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
300	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
310	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
320	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
330	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
340	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
350	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
360	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
370	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
380	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
390	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
400	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
410	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
420	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

FONTE: Thornthwaite & Mather (1957)

QUADRO 13 - Água retida no solo (mm) após os valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 0 e 420mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 125 milímetros.

(P-EP) NEG.ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	125	124	123	122	121	120	119	118	117	116
10	115	114	113	112	111	110	109	108	107	106
20	106	105	104	103	102	102	101	100	99	99
30	98	97	96	95	94	94	93	92	91	90
40	90	89	88	87	86	86	85	84	84	83
50	83	82	82	81	80	80	79	79	78	77
60	76	76	75	74	74	73	73	72	72	71
70	70	70	69	69	68	68	67	67	66	65
80	65	64	64	63	63	62	62	61	61	60
90	60	59	59	58	58	57	57	56	56	55
100	55	55	54	54	53	53	53	52	52	51
110	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47
120	47	47	46	46	45	45	45	44	44	43
130	43	43	42	42	41	41	41	41	40	40
140	40	40	39	39	39	38	38	38	38	37
150	37	37	36	36	36	35	35	35	35	34
160	34	34	33	33	33	32	32	32	32	31
170	31	31	31	30	30	30	30	30	30	29
180	29	29	29	29	28	28	28	27	27	27
190	26	26	26	26	26	25	25	25	25	25
200	24	24	24	24	24	23	23	23	23	23
210	22	22	22	22	22	22	22	21	21	21
220	21	21	21	21	20	20	20	20	20	20
230	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18
240	18	18	17	17	17	17	17	17	17	17
250	16	16	16	16	16	16	16	16	15	15
260	15	15	15	15	15	14	14	14	14	14
270	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13
280	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12
290	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11
300	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10
310	10	10	10	10	10	10	10	10	9	9
320	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
330	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
340	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7
	(0)	(5)			(0)	(5)			(0)	
350	7	7	450		3	3	550		1	
360	7	6	460		3	3	560		1	
370	6	6	470		3	3	570		1	
380	6	5	480		2	2	580		1	
390	5	5	490		2	2	590		1	
400	5	5	500		2	2	600		1	
410	4	4	510		2	2	610		1	
420	4	4	520		2	2	620		1	
430	4	4	530		2	2	630		1	
440	3	3	540		2	1	640		1	

FONTE: Thornthwaite & Mather (1957)

QUADRO 14 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 0 e 449mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 300 milímetros.

(P-EP) NEG.ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	300	299	298	297	296	295	294	293	292	291
10	290	289	288	287	286	285	284	283	282	281
20	280	279	278	278	277	276	275	274	273	272
30	271	270	269	268	268	267	266	265	264	263
40	262	261	260	260	259	258	257	256	255	254
50	254	253	252	251	250	249	248	248	247	246
60	245	244	244	243	242	241	240	240	239	238
70	237	236	236	235	234	233	232	232	231	230
80	229	228	228	227	226	225	225	224	223	222
90	222	221	220	219	219	218	217	216	215	215
100	214	214	213	212	212	211	210	209	209	208
110	207	207	206	205	204	204	203	202	202	201
120	200	200	199	198	198	197	196	196	195	194
130	194	193	192	192	191	191	190	189	189	188
140	187	187	186	186	185	184	184	183	182	182
150	181	181	180	179	179	178	178	177	176	176
160	175	175	174	173	173	172	172	171	171	170
170	170	169	168	168	167	167	166	166	165	164
180	164	163	163	162	162	161	160	160	159	159
190	158	158	157	157	156	156	155	155	154	154
200	153	153	152	152	151	151	150	150	149	149
210	148	148	147	147	146	146	145	145	144	144
220	143	143	142	142	141	141	140	140	139	139
230	138	138	138	137	137	136	136	135	135	134
240	134	133	133	132	132	132	131	131	130	130
250	130	129	128	128	128	127	127	126	126	126
260	125	125	124	124	124	123	123	122	122	121
270	121	121	120	120	119	119	119	118	118	117
280	117	117	116	116	115	115	115	114	114	114
290	113	113	112	112	112	111	111	110	110	110
300	109	109	109	108	108	108	107	107	106	106
310	106	105	105	105	104	104	104	103	103	103
320	102	102	102	101	101	101	100	100	100	99
330	99	98	98	98	98	97	97	97	96	96
340	96	95	95	95	94	94	94	93	93	93
350	92	92	92	92	91	91	91	90	90	90
360	89	89	89	88	88	88	88	87	87	87
370	86	86	86	86	85	85	85	84	84	84
380	84	83	83	83	82	82	82	82	81	81
390	81	80	80	80	80	80	79	79	79	78
400	78	78	78	77	77	77	77	76	76	76
410	76	75	75	75	74	74	74	74	74	73
420	73	73	72	72	72	72	72	71	71	71
430	71	70	70	70	70	70	69	69	69	68
440	68	68	68	68	67	67	67	67	66	66

FONTE: Thornthwaite & Mather (1957).

QUADRO 15 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 450 e 899mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 300 milímetros.

(P-EP) NEG.ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
450	66	66	66	65	65	65	65	64	64	64
460	64	64	63	63	63	63	63	62	62	62
470	62	62	61	61	61	61	61	60	60	60
480	60	60	59	59	59	59	59	58	58	58
490	58	58	57	57	57	57	57	56	56	56
500	56	56	55	55	55	55	55	54	54	54
510	54	54	54	53	53	53	53	53	52	52
520	52	52	52	52	51	51	51	51	51	50
530	50	50	50	50	50	50	49	49	49	49
540	49	49	48	48	48	48	48	48	47	47
550	47	47	47	47	46	46	46	46	46	46
560	46	45	45	45	45	45	45	44	44	44
570	44	44	44	44	44	43	43	43	43	43
580	43	42	42	42	42	42	42	42	42	41
590	41	41	41	41	41	41	40	40	40	40
600	40	40	40	39	39	39	39	39	39	39
610	38	38	38	38	38	38	38	38	38	37
620	37	37	37	37	37	37	36	36	36	36
630	36	36	36	36	36	36	35	35	35	35
640	35	35	35	34	34	34	34	34	34	34
650	34	34	33	33	33	33	33	33	33	33
660	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
670	32	31	31	31	31	31	31	31	31	31
680	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
690	30	29	29	29	29	29	29	29	29	29
700	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
710	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27
720	27	26	26	26	26	26	26	26	26	26
730	26	26	26	26	25	25	25	25	25	25
740	25	25	25	25	25	24	24	24	24	24
750	24	24	24	24	24	24	24	24	23	23
760	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
770	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
780	22	22	22	22	22	21	21	21	21	21
790	21	21	21	21	21	21	21	21	20	20
800	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
810	20	20	20	20	20	19	19	19	19	19
820	19	19	19	19	19	19	19	19	19	18
830	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
840	18	18	18	18	18	18	18	17	17	17
850	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
860	17	17	17	17	16	16	16	16	16	16
870	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
880	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15
890	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

FONTE: Thornthwaite & Mather (1957)

QUADRO 16 - Água retida no solo (mm) após valores de evapotranspiração potencial ocorrida entre 900 e 1490mm (P-EP) negativo acumulado. Capacidade máxima de retenção de água de 300 milímetros.

(P-EP) NEG.ACUM.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
900	15	15	14	14	14	14	14	14	14	14
910	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
920	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13
930	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
940	13	13	13	13	12	12	12	12	12	12
950	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
960	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
970	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11
980	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
990	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10
1000	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1010	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1020	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1030	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
1040	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
1050	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
1060	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
1070	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
1080	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
1090	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
1100	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1110	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1120	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1130	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
1140	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1150	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1160	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1170	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1180	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1190	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5
	(0)	(5)			(0)	(5)			(0)	(5)
1200	5	5	1300		4	4	1400		3	3
1210	5	5	1310		4	4	1410		3	3
1220	5	5	1320		4	4	1420		2	2
1230	5	5	1330		3	3	1430		2	2
1240	5	5	1340		3	3	1440		2	2
1250	4	4	1350		3	3	1450		2	2
1260	4	4	1360		3	3	1460		2	2
1270	4	4	1370		3	3	1470		2	2
1280	4	4	1380		3	3	1480		2	2
1290	4	4	1390		3	3	1490		2	2

FONTE: Thornthwaite & Mather (1957)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, A.P. Pluviômetro caseiro. **O Agronômico**. Campinas. Instituto Agronômico, vol.19:23-27. 1967.

CAMARGO, A.P. **Determinação de temperaturas máximas e mínimas diárias em abrigo simplificado: modelo IBC-GERCA.** In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Agropecuárias, 3. Curitiba. Anais p.189-191. 1975.

CAMARGO, A.P. **Balanço hídrico no Estado de São Paulo**. Campinas. Instituto Agronômico, (4ª ed.). 1978. 28p. (Bol. Téc. 116)

CAMARGO, A.P. & CAMARGO, M.B.P. **Teste de uma equação simples para estimativa da evapotranspiração potencial baseada na radiação solar extraterrestre e na temperatura média do ar**. Anais do 3º Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Campinas (SP), 17-22 de julho de 1983. p.229-244. 1984.

CAMARGO, M.B.P.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ALFONSI, R.R.; ORTOLANI, A.A.; BRUNINI, O. & CHIAVEGATTO, O.M.D.P. **Probabilidade de ocorrência de geadas nos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul**. Campinas, Instituto Agronômico, Boletim Técnico. (No prelo).

CAMARGO, A.P.; PINTO, H.S.; BRUNINI, O.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A. & ALFONSI, R.R. **Clima do Estado de São Paulo**. In: Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. São Paulo, Secretaria da Agricultura. p.51-86. (Vol.1). 1974.

DAEE. Standford watershed Model IV, - **Um modelo de Simulação hidrológica**. 1975. (Boletim Técnico, 7). DAEE.

DIVERSOS AUTORES. **Les bassiris representatifs et experimentaux**. Ed. UNESCO/IASH. 1970.

HERMAN, M.R.; JESUS, R.M.R.de & PORTO, R.L.L. **Simulação digital em hidrologia** - O modelo DRENG-P21A. In: Boletim Técnico DAEE, Vol.2, nº 2, São Paulo, maio-agosto. 1979.

LINSLEY Jr., R.K. KOHLER, M.A. & PAULHUS, J.L.H. **Aplied Hidrology. McGraw-Hill Co**., New York 1949.

MORGAN, P.E. & JOHNSON, S.M. **Analysis of Synthetic unit-graph methods**. ASCE, Journal Hydraulics Division, NY 5, Sept. 1962.

ORTOLANI, A.A.; PINTO, H.S.; PEREIRA, A.R. & ALFONSI, R.R. **Parâmetros climáticos e a cafeicultura**. Ministério da Indústria e do Comércio. Instituto Brasileiro do Café. 1970. 27p.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; CAMARGO, M.B.P. & MACEDO, L.A. **Guia para o observador dos postos agrometeorológicos do Instituto Agronômico**. Campinas, Instituto Agronômico, 1987. Boletim Técnico, 116. 59p.

PEDRO JÚNIOR, M.J.; MELLO, M.H.A.; ORTOLANI, A.A.; ALFONSI, R.R. & SENTELHAS, P.C. **Estimativa das temperaturas médias mensais das máximas e das mínimas para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico, Boletim Técnico. (No prelo).

PEDRO JÚNIOR, M.J.; SENTELHAS, P.C.; ALFONSI, R.R.; ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. & BRUNINI, O. **Levantamento dos postos meteorológicos do Estado de São Paulo**. Instituto Agronômico, Boletim Técnico. (No prelo)

PESSOA, N.S. **Balanço hídrico**. Campinas, CATI, 1985. Boletim Técnico, 190. 32p.

ROCHE, M. **Hidrologie de surface**. Orstom & Gauthier-Villars, França. 1963.

RUSSO JÚNIOR, M. **Dados climáticos auxiliares para planejamento e projeto de sistemas de irrigação**. São Paulo, CESP, 1980. 13p., mapas.

SÃO PAULO. **Atlas pluviométricos do Estado de São Paulo** (período: 1941-1970). Secretaria dos Serviços e Obras Públicas. Departamento de Águas e Energia Elétrica. 1972. 84p. mapas.

SETZER, J. **Chuvas de intensidade máxima no Estado de São Paulo.** Revista DAE, São Paulo, XXXIII(93): 52-89. 1973.

SHERMAN, L.K. **Stream flow from rainfall by unit-graph method.** Eng. New-Record, 108, USA, p.501-505. 1932.

SHERMAN, L.K. **The unit hydrograph method**. In: Meinzen Hidrology. USA. 1942.

SNYDER, F.F. **Synthetic Unit Graphes**. Trans. of Am. Union. Vol. 19, USA. 1938.

SOUZA PINTO, N.L.de. **Estabelecimento do hidrograma unitário para uma Bacia Hidrográfica.** Esc. de Engenharia - UFPar, Paraná. 1959.

SOUZA PINTO, N.L.; HOLTZ, A.C.T. & MARTINS, J.A. **Hidrologia de superfície**, 2ª ed., Edgard Blücher Ltda, Brasil, 1973.

STRANG, D.D. **On recession curves**. 1. Recession equations. Journal of Hydrology (NZ), 3(2):2-15, USA. 1964.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, N.J. Lab. of Climatology. (Publications in Climatology, 8(1):104. 1955.

THORNTHWAITE, C.W. & MATHER, J.R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance.**Centerton, New Jersey, Lab. of Climatology. (Publications in Climatology, X(3):184-311). 1957.

VIEIRA, S.R.; LOMBARDI NETO, F. & BURROWS, R.I.T. **Mapeamento da chuva diária máxima provável para o Estado de São Paulo**. Rev.Bras. Ciência do Solo, Campinas, 15(1):93 - 98. 1991

WERNER, P.W. & SUNODUIST, K.S. **On the groundwater recession curve for large watersheds**, IASH, publ. nº32, Bélgica. 1951.

WISLER, C.O. & BRATER, E.F. **Hidrologia**. Ed. Ao Livro Técnico S.A., Brasil. 1964.

YEVJEVICH, V. **Sthocastic process in hydrology**. Water Resources Public. Colorado, USA. 1972.

YEVJEVICH, V. **Probability and statistics in hydrology**. Water Resources Public. Colorado, USA. 1972.

SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO[1]

Igo Fernando Lepsch [2]

1 NATUREZA E FUNÇÕES DE UM SOLO

O agricultor considera o solo como ambiente natural de crescimento e desenvolvimento das plantas, responsável direta e indiretamente pelo sucesso ou fracasso das suas explorações agrícolas e pastoris. O solo suporta e nutre as plantas que produzem alimentos, fibras e combustível, daí o grande interesse em estudá-lo, pois só assim poderemos compreender suas múltiplas e complexas funções para melhor decidir como manejá-lo, cultivando-o adequadamente.

Na constituição do solo, entram substâncias minerais, matéria orgânica, água e ar.

1.1 Partículas minerais e orgânicas

Exceto para os solos orgânicos, as partículas minerais predominam no solo. Elas podem ser classificadas pelo tamanho em diversas frações granulométricas:

Frações granulométricas	Limites de diâmetro (mm)
Areia Grossa	2,00 - 0,20
Areia Fina	0,20 - 0,02 ou 0,05
Silte	0,02 ou 0,05 - 0,002
Argila	abaixo de 0,002

Dessas partículas, a fração argila representa o máximo de subdivisão material (o que faz com que tenha propriedades coloidais), e por isso é a fração coloidal mineral do solo mais ativa no que se refere à afinidade pela água e elementos químicos nela dissolvidos.

As partículas sólidas de origem orgânica são provenientes da acumulação e decomposição de restos de origem vegetal e animal. Elas também podem ser encontradas sob a forma de colóides orgânicos, genericamente designados húmus. Em conjunto, os colóides orgânicos e inorgânicos são referidos como o complexo coloidal do solo.

As argilas podem ser classificadas em dois tipos: a) argilas "silicatadas" que são silicatos de alumínio, ferro e magnésio. Como exemplo, temos a caulinita e a montmorilonita, com pequena e grande capacidade de troca de cátions, respectivamente; b) argilas sexquioxídicas, constituídas de óxidos hidratados de ferro e alumínio. Estas têm acentuado poder cimentante ou aglutinante dos sólidos do solo e exibem propriedades químicas de capacidade de troca de cátions a níveis inferiores aos da caulinita.

Convém esclarecer que nem toda argila se encontra no estado coloidal, pois o limite superior de tamanho das partículas coloidais dos minerais é menor do que 0,001mm ou 1 mícron, e o limite máximo de tamanho da fração argila de um solo é de 0,002mm ou 2 micras.

As cargas negativas existentes na argila atraem e retêm uma imensa quantidade de cátions dissolvidos na água do solo. A esse fenômeno dá-se o nome de adsorção iônica. A adsorção iônica é dinâmica, porque um íon adsorvido na superfície de uma partícula pode ser facilmente trocado por outro. As extremidades das raízes, por exemplo, retiram dos colóides os elementos necessários à nutrição da

---

(1) Texto em sua maior parte adaptado de ASSIS (1976) e LEPSCH e OLIVEIRA (1987).

(2) Pesq. Cient. SAA/CPA/IAC - Seção de Pedologia

planta, substituindo-os por outros (geralmente hidrogênio) que não são necessários à sua nutrição e ao seu crescimento. Entre os elementos adsorvidos, em maiores quantidades, nos colóides do solo estão o cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio e alumínio. Nem todos servem para a nutrição dos vegetais, e alguns são inclusive prejudiciais, como é o caso do hidrogênio e do alumínio, tóxicos se presentes em quantidades apreciáveis.

Por serem deslocados com relativa facilidade, os cátions adsorvidos (Ca^{2+}, Mg^{2+}, H^{+}, k^{+}, Na^{+}, NH_{4+}, Al^{3+}) são chamados de cátions permutáveis ou trocáveis.

A capacidade de troca de cátions (T) de um solo é, portanto, a quantidade de cátions necessária para neutralizar a carga negativa de 100g de solo em determinadas condições. Ela é uma propriedade dinâmica, uma vez que varia com o grau de acidez do solo (quanto maior o pH, maior quantidade de cargas negativas o solo terá). Por isso, para efeito de padronização, os laboratórios estabelecem o pH 7 como referência. O valor T a pH 7 é calculado pela expressão:

$$T = H^{+} + Al^{3+} + Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$$

As bases trocáveis referem-se à soma dos cátions metálicos trocáveis (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}). Chama-se valor S a soma das bases trocáveis, e à proporção relativa de cátions adsorvidos dá-se o nome de saturação por bases. A percentagem de saturação por bases ou valor V é calculada com a seguinte fórmula:

$$V = \frac{S}{T} \times 100$$

Outro índice importante é a percentagem de saturação por alumínio, ou valor m, calculado pela fórmula:

$$m = \frac{Al}{S + Al} \times 100$$

O importante é que o solo retenha quantidades suficientes de nutrientes, cedendo-os à medida que a solução do solo empobrece.

Os colóides inorgânicos do solo originam-se de decomposições dos minerais constituintes das rochas e de sínteses a partir de produtos dessas decomposições. Assim, as argilas "silicatadas" originam-se principalmente de feldspatos, micas, anfibólios e piroxênios.

As frações maiores, representadas pela areia e pelo silte, contribuem pouco para o fornecimento de nutrientes às plantas, pois são praticamente inertes. Garantem, porém, os espaços livres entre as partículas sólidas, permitindo a circulação do ar e da água.

1.2 Água do solo

As composições da água e do ar do solo são diferentes da água das chuvas e do ar atmosférico. A água do solo é uma solução, pois contém dissolvidos os sais de cálcio, potássio, magnésio e sódio.

O solo tem capacidade de reter água, armazenando-a por um determinado tempo. As plantas utilizam-se dessa água e sua reposição é feita pelas chuvas ou irrigação. Ela pode estar retida nos poros, entre os torrões, e na superfície das partículas coloidais. De acordo com o conteúdo e a natureza da retenção de umidade, reconhecem-se três estados de solo: molhado, úmido e seco.

No solo molhado, todos os poros estão preenchidos com água e o ar está praticamente ausente. Em condições naturais, depois que todos os poros estão preenchidos com água e cessa seu fornecimento, em poucos dias o líquido que está contido nos poros maiores drena para baixo, ou

lateralmente, indo molhar as partes mais profundas, ou juntar-se ao lençol d'água subterrâneo e dar origem às nascentes. Essa água é denominada gravitacional, porque infiltra facilmente no solo sob a ação da gravidade.

O solo úmido contém ar nos macroporos (poros maiores que 0,05mm de diâmetro) e água nos microporos (poros menores que 0,05mm). Os poros menores funcionam como tubos capilares e, por essa razão, a água é referida como água capilar. Ela está retida no solo com tal força que consegue se manter mesmo contra a ação da gravidade; mas esta força não é tão grande a ponto de impedir as raízes de extraí-la, representando, portanto, um armazenamento disponível às plantas.

O conteúdo máximo de água, incluindo a capilar, que um solo pode armazenar é denominado **capacidade de campo**. A quantidade de água situada entre a capacidade de campo e umidade de murchamento é conhecida como **água disponível**. Nem todos os solos têm a mesma capacidade de armazenar água disponível, variando em função de características, com textura e conteúdo de matéria orgânica. Solos arenosos e com pouco húmus têm menor capacidade de armazenar água do que os solos argilosos ou de textura média, ricos em húmus.

Mesmo quando aparentemente seco, o solo pode conter ainda certa quantidade de água sob a forma de películas extremamente finas ao redor das partículas coloidais. Essa água é retida com força superior à capacidade de extração das raízes das plantas e, por essa razão, é denominada **água inativa.** O conteúdo de água armazenada pelo solo, nessas condições, recebe o nome de **umidade de murchamento**, pois só com essa água as folhas das plantas murcham.

A água do solo contém pequenas e variáveis quantidades de sais minerais, oxigênio e gás carbônico, formando, portanto, uma solução do solo. O tipo e a quantidade de elementos que se encontram dissolvidos nessa solução dependem diretamente dos elementos que estão adsorvidos nos colóides (ou da saturação por bases), os quais funcionam como reservatório. Entre esses e a solução do solo existe um equilíbrio que é mantido graças à capacidade de troca. Assim, se por exemplo, o cálcio é o cátion que prevalece entre os adsorvidos, esse prevalecerá também na solução do solo, que será neutra. Se, pelo contrário, o hidrogênio ou o alumínio predominam entre todos os cátions adsorvidos na superfície dos colóides, a saturação de bases é baixa e eles predominarão também na solução do solo que, conseqüentemente, se torna ácida.

O grau de acidez é medido pela concentração de hidrogênio iônico na solução do solo e é normalmente expresso pelo símbolo pH [p(potencial de) H(hidrogênio)]. A escala do pH vai de 0 a 14, sendo 7 o ponto médio, onde se diz que o pH é neutro. Acima de 7 a faixa é alcalina e abaixo de 7, ácida.

As plantas não conseguem se desenvolver bem quando cultivadas em solo muito ácido (normalmente com pH abaixo de 5,5) ou com baixa saturação por bases (normalmente menor que 50%). No entanto, na maior parte dos casos, não é a acidez que prejudica o crescimento dos vegetais, e sim certos fenômenos colaterais que ela ocasiona, como, por exemplo, o aparecimento de elementos tóxicos às plantas (alumínio), insolubilização de alguns nutrientes (fósforo e boro) e a remoção de outros pela substituição iônica (substituição de cálcio, magnésio e potássio por hidrogênio e alumínio).

A acidificação do solo é fenômeno comum em regiões de clima úmido, onde grande quantidade de chuva acarreta a lavagem progressiva, pela água gravitacional, de quantidades apreciáveis de bases. Estas, quando lavadas do perfil, são substituídas inicialmente pelo hidrogênio que é responsável pela reação ácida da solução do solo. Com o prosseguimento do processo, o hidrogênio adsorvido nos colóides do solo, por ser quimicamente instável, é substituído pelo alumínio que, como foi visto, é tóxico para a maior parte das plantas cultivadas.

1.3 Ar do solo

Os espaços porosos não preenchidos pela água são ocupados pelo ar do solo, e a quantidade desses dois constituintes, como já foi visto, é variável com o tempo. É essencial para o desenvolvimento

das plantas que exista uma certa quantidade de ar no solo, porque as raízes, da mesma forma que as folhas, necessitam de oxigênio para a respiração. Certas plantas são mais tolerantes que outras às deficiências de aeração, mas, com exceção de certos vegetais aquáticos, todas perecem na ausência de ar nos poros do solo.

Em virtude de aumento relativo do gás carbônico, devido ao consumo de oxigênio pelas raízes, e a sua produção, durante a decomposição da matéria orgânica, o ar que se encontra no solo torna-se enriquecido em gás carbônico e empobrecido em oxigênio.

A atividade da maioria dos microorganismos úteis ao solo é regulada diretamente pelas condições de aeração: na presença de ar, rico em oxigênio, esses microorganismos participam ativamente na transformação em húmus dos restos das plantas e animais, liberando, assim, os nutrientes. Quando as terras estão permanentemente encharcadas, como nos brejos, a decomposição dos restos vegetais pode ser tão lenta que eles se acumulam em camadas espessas, formando as turfas ou solos orgânicos.

2 ORIGEM E FORMAÇÃO DO SOLO

2.1 Intemperização

O solo desenvolve-se sobre a rocha intemperizada, motivo pelo qual podemos considerá-lo como um produto da transformação de rochas. Essa transformação envolve processos destrutivos da matéria-prima original e construtivos do produto final. Tem-se a impressão que a intemperização atua primeiro e depois o processo de pedogênese. Isso nem sempre é verdade porque os dois processos podem atuar simultaneamente.

Reconhecem-se três tipos de intemperização: física, química e biológica.

a - Intemperização física

A intemperização física envolve processos de subdivisão da rocha em fragmentos menores. Há apenas modificação na forma e no tamanho das rochas e dos minerais, sem haver alteração nas suas composições químicas.

Dentre os processos de intemperização física ou desintegração, podemos citar: temperatura (expansão e contração); ação mecânica do gelo; ação mecânica da água; ação dos ventos e ação dos vegetais e animais.

b - Intemperização química

A intemperização química ou decomposição atua modificando a composição química da rocha e dos minerais. Dentre estes podemos citar: hidrólise; hidratação e desidratação; dissolução; acidificação e carbonatação; e oxidação e redução.

c - Intemperização biológica

Esta forma de intemperização é essencialmente uma combinação de intemperização física e química, ocasionada pela ação de organismos vivos. Por exemplo: as raízes das plantas podem rachar e desintegrar as rochas. Outro exemplo é a ação química sobre os minerais do ácido carbônico, produzido pela decomposição de matéria orgânica e/ou respiração das raízes.

2.2 Formação dos solos

A intemperização é um processo essencialmente destrutivo das rochas e conduz à formação de uma camada de materiais subdivididos denominada **manto intemperizado ou regolito.**

Quando as forças destrutivas da intemperização progridem, as fragmentações e modificações dos minerais ocorrem, surgindo então as possibilidades para início da formação do corpo do solo. Esses processos destrutivos da rocha e construtivos do solo são representados em linhas gerais pelas transformações (como, por exemplo, a síntese dos minerais de argila), adições (como a do húmus), transporte seletivo (como a iluviação de argila), remanejos mecânicos (como movimento de terra pelas formigas) e perdas (como exportação pelas colheitas e erosão).

As argilas "silicatadas" derivam principalmente de certos minerais, como feldspatos, micas, anfibólios e piroxênios; e muitos componentes solúveis são perdidos nas águas de drenagem. Na primeira fase de formação do solo, há também acúmulo de matéria orgânica na superfície do regolito. Aos poucos, o regolito vai evoluindo e se diferenciando em camadas distintas, aproximadamente paralelas à superfície, as quais denominamos **horizontes.**

No primeiro estágio de formação do solo, se houver a presença de camadas superpostas, estas nada têm a ver com horizontes de um perfil: as feições presentes são as herdadas do material de origem, havendo, portanto, predominância das características litológicas.

À medida que os processos de gênese evoluem, notamos a presença de argila, matéria orgânica, óxidos hidratados de ferro e de alumínio, podendo-se também diferenciar os horizontes pelos atributos de cor, textura, estrutura e consistência. Desenvolve-se, assim, um **perfil** que é característico e único, predominando as **características pedológicas**. Temos então formado um corpo natural que é o **solo.**

2.3 Fatores de formação do solo

As forças de intemperismo são manifestações ativas que variam com um certo número de fatores, dos quais depende o tipo de solo que finalmente se desenvolve. Esses fatores de formação do solo ou fatores pedogênicos são: **clima; material de origem; relevo; tempo e organismos.**

2.3.1 Clima

O clima de uma região é caracterizado principalmente pelas condições de umidade, temperatura e ventos. Como fator de formação do solo, atua pelos seus componentes principais, umidade, temperatura e vento, os quais regulam a velocidade e o tipo de intemperismo das rochas, bem como o crescimento dos vegetais. Boa parte da influência do clima é, portanto, exercida através de seu condicionamento sobre os tipos e quantidade de organismos presentes no solo.

Quanto mais quente e úmido for o clima, mais rápida e intensa será a decomposição das rochas, as quais, nessas condições, irão fornecer materiais de origem muito intemperizados e solos bastante profundos. Por outro lado, em climas ávidos e/ou muito frios, os solos são normalmente rasos e contêm quantidades apreciáveis de minerais primários.

2.3.2 Material de origem

A importância do material de origem destaca-se, em última análise, se o solo for considerado um produto de transformação de rocha. Entretanto, o material de origem nem sempre é uma rocha consolidada, e, especialmente nas zonas tropicais, não é necessariamente uma rocha na definição restrita da palavra.

Segundo sua gênese, as rochas estão classificadas em: **rochas magmáticas ou ígneas ou eruptivas; rochas metamórficas; e rochas sedimentares.**

2.3.2.1 Rochas magmáticas

As rochas magmáticas provêm da consolidação do magma. O magma é um sistema constituído de três fases: sólida, líquida e gasosa.

Os elementos voláteis são constituídos, predominantemente, de água no estado dissociado e de quantidades menores de CO^2, CO, HCL, H_2S e outros. A fase líquida é representada pela fusão de silicatos e a sólida, pelos cristais em suspensão.

As rochas magmáticas são diferentes entre si, mas originam-se do mesmo magma. As rochas magmáticas estão classificadas em:

- Intrusivas: formadas no interior da crosta. Resfriamento lento, bem-cristalizados. Exemplo: granito, sienito e diorito.

- Extrusivas: formadas na superfície da crosta. Resfriamento rápido. Exemplo: basalto.

As magmáticas ou eruptivas podem ainda ser;

- Ácidas: quando seus teores de sílica forem superiores a 65%. Exemplo: granito.

- Neutras: quando o teor de sílica for de 65 a 52%. Exemplo: diorito.

- Básicas: quando o teor de sílica for de 52 a 45%. Exemplo: basalto.

2.3.2.2 Rochas Metamórficas

Formam-se de rochas existentes, sujeitas a uma grande pressão dirigida num determinado sentido, ou ao calor quando em contato com o magma. As principais são quartzito, mármore, filito, micaxisto, gnaisse, ardósias.

2.3.2.3 Rochas Sedimentares

Formam-se rochas existentes, submetidas ao intemperismo. Há destruição e transporte do material que é posteriormente depositado ou precipitado em bacias de sedimentação.

Sedimentos detríticos ou clásticos são os resultantes da destruição e fragmentação da rocha existente.

Sedimentos não detríticos são os resultantes de reações químicas ou biológicas.

Sedimentos detríticos não consolidados e respectivos limites de diâmetro em mm: argila (menor que 0,002); silte (0,002 - 0,02 ou 0,002 - 0,05); areia (0,02 - 2,00); seixos (2,00 - 20,00).

Sedimentos detríticos consolidados: argílito; siltito; arenito e conglomerado.

Sedimentos não detríticos: sulfatos; carbonatos; fosfatos; turfas e minerais.

Citaremos apenas as espécies minerais que têm significado como constituintes de rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares, por representarem o material de origem dos solos.

Apesar de o volume dessas rochas ser gigantesco, o número das principais espécies que as constituem é pequeno.

Em função das rochas, os minerais estão classificados em: minerais das rochas eruptivas; minerais das rochas metamórficas; minerais das rochas sedimentares.

a) Minerais das rochas eruptivas

- Grupo da sílica: quartzo; calcedônia; opala

- Grupo dos feldspatos: ortoclásio; microlina; plagioclásios
- Grupo dos feldspatóides: leucita; nefelina
- Grupo das micas: muscovita; biotita
- Grupo dos piroxênios
- Grupo dos anfibólios
- Grupo da olivina

b) Minerais das rochas metamórficas

- Grupo das granadas
- Serpentina
- Talco
- Cloritas
- Epidoto

c) Minerais das rochas sedimentares

- Minerais que resistiram ao intemperismo (ou primários): quartzo, turmalina, granada, magnetita.
- Minerais que se formaram em conseqüência do intemperismo (ou secundários):

- Minerais de argila: caolinita, montmorilonita

- Grupo dos óxidos: óxidos de ferro (hematita, geotita, etc.) e alumínio (gibbsita)

- Produtos de precipitação química:

- Grupo dos sulfatos: gesso

- Grupo dos cloretos: halita e silvita

- Produtos biogênicos

- Grupo dos carbonatos: calcita, dolomita, magnetita.

- Grupo dos fosfatos

2.3.3 Relevo

O relevo do terreno poderá acelerar ou retardar o trabalho das forças climáticas. Em zonas planas e baixas, a remoção do excesso de água é muito mais lenta que em terrenos ondulados. Nestes, a topografia favorece a erosão natural das camadas da superfície e, sendo esta erosão muito intensa, dificilmente poderá ser formado um solo muito espesso.

A penetração da água no manto intemperizado é inversamente proporcional à declividade. Considerando-se três tipos de relevo, teremos: no terreno plano, a quantidade de água que o solo recebe

é igual à precipitação; no terreno de encosta, essa quantidade é igual à precipitação menos o deflúvio; nas áreas deprimidas ou baixadas, a água recebida é igual à soma daquela precipitada com o deflúvio recebido das encostas vizinhas.

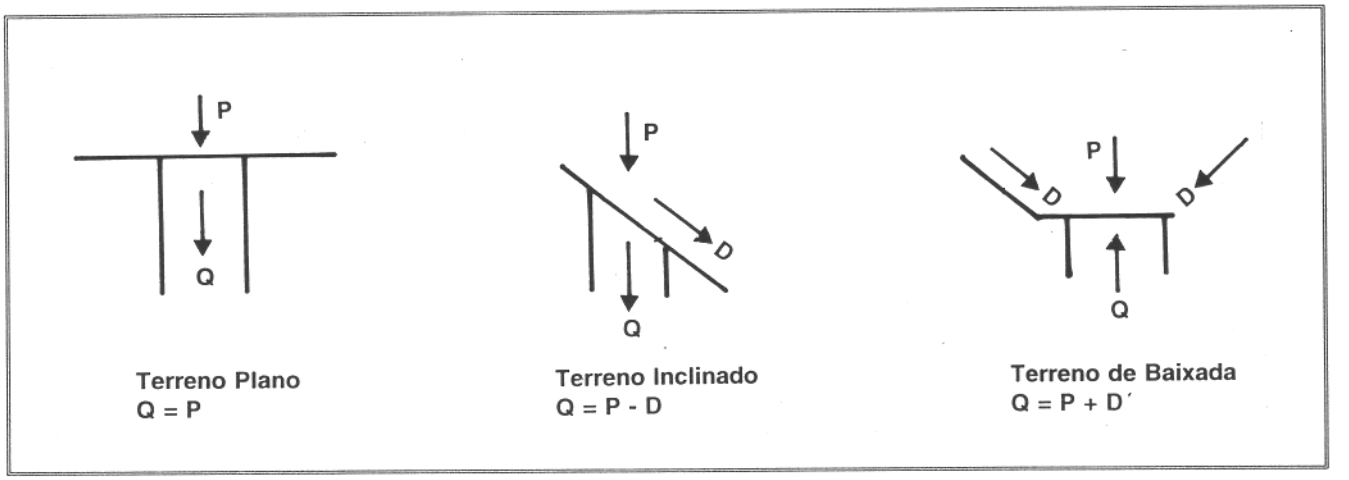


FIGURA 1 - Penetração da água em três situações de relevo.

2.3.4 Tempo

O tempo de formação do solo é normalmente avaliado em termos do desaparecimento das características litológicas e da ocorrência de características edafológicas, isto é, pode-se encarar o tempo não como fator cronológico, mas como questão de desenvolvimento ou maturidade do perfil.

Numa encosta com declive suave, pode-se ter um solo maduro com o perfil bem-desenvolvido. Numa encosta íngreme, o mesmo material de origem pode apresentar um perfil pouco desenvolvido porque, à medida que o perfil se forma, há perdas pela contínua lavagem superficial.

2.3.5 Organismos

Dentre os organismos considerados como fatores de formação do solo, encontram-se os vegetais, os animais e as formas inferiores de manifestação de vida. Também pode-se incluir o homem, pelas suas atividades agrícolas.

Os vegetais formam sobre o solo uma cobertura natural que atua como moderadora das influências climáticas. Por outro lado, as raízes trazem à superfície elementos minerais retirados das camadas mais profundas e, com a queda das folhas e/ou a morte das plantas, os elementos são outra vez incorporados ao solo, estabelecendo um processo cíclico.

3 PERFIL E HORIZONTES

As camadas que compõem o perfil do solo são chamadas horizontes. A diferenciação dos horizontes é uma conseqüência de adições diferenciais (matéria orgânica) e do movimento da água.

A água da chuva, que atinge o regolito, tende a penetrar verticalmente, arrastando partículas sólidas em suspensão e substâncias dissolvidas. Essa translocação de materiais chama-se eluviação, e os horizontes, nos quais se processam os transportes, são denominados eluviais ou de perdas.

Em qualquer profundidade do regolito, o movimento da água de percolação pode sofrer paralisação, havendo então possibilidade de deposição de materiais. Nesses pontos, os horizontes recebem o nome de iluviais ou de acúmulo.

Os principais símbolos utilizados para designar os horizontes e a rocha, segundo EMBRAPA (1988), são os seguintes: O, A, E, B, C, R. (Figura 2 e Quadro 1).

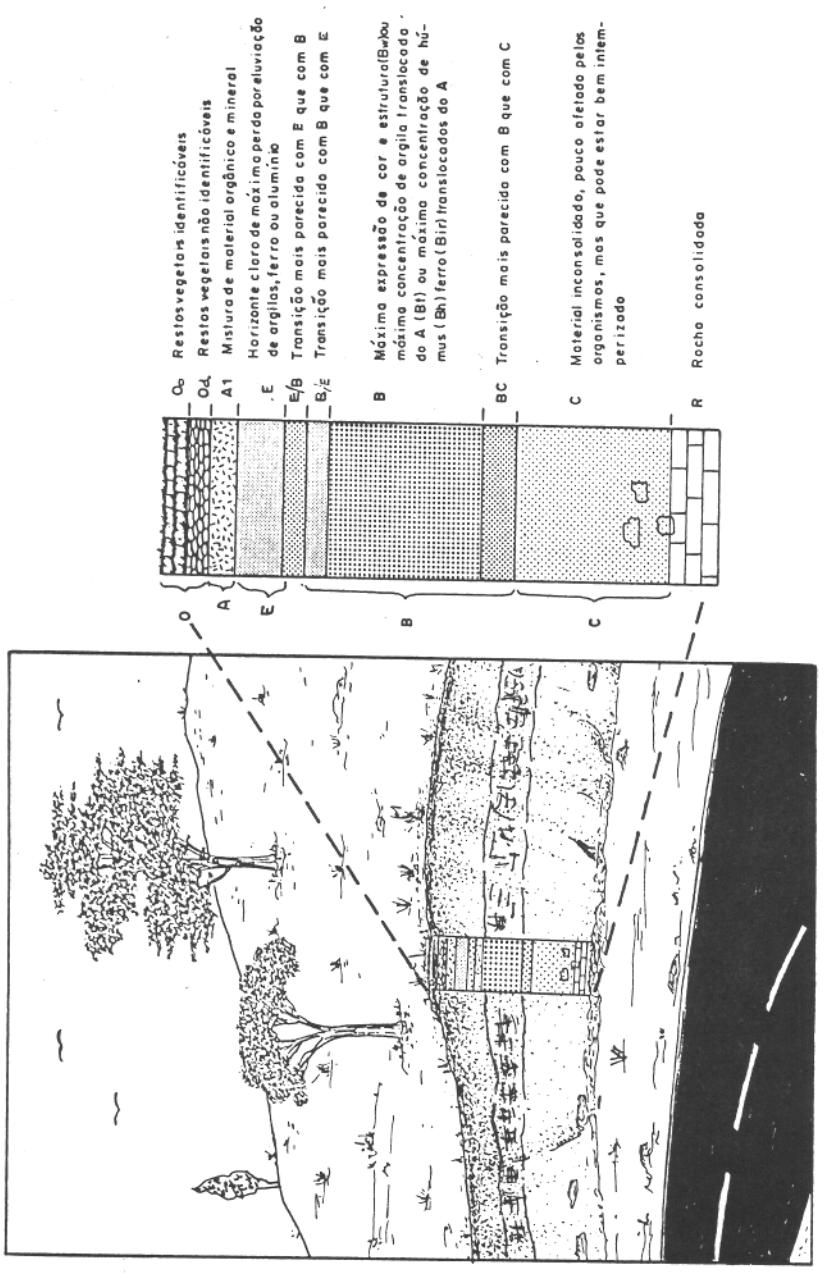


FIGURA 2 - Esquema de um perfil de solo hipotético, mostrando os principais horizontes.

QUADRO 1 - Símbolos e definições dos principais horizontes do perfil do solo.

Símbolo	Definição
O	Horizonte orgânico situado sobre o horizonte mineral superficial,formado por resíduos vegetais,correspondentes à serrapilheira
H	Horizonte orgânico formado pela acumulação de resíduos orgânicos em condições hidromórficas (turfas)
A	Horizonte superficial mineral,com coloração escurecida,rico em húmus. Quando perturbado pela aração: Ap
E(1)	Horizonte mineral sob horizonte A,apresentando máxima aluviação de argilas ou sesquióxidos e matéria orgânica,com textura mais arenosa e coloração mais clara que o B subjacente
B	Horizonte mineral sob um A ou E,apresentando máxima expressão de cor e/ou estrutura,podendo ter as seguintes concentrações: residual de sesquióxidos - Bw; de argila iluviada - Bt; de ferro e/ou húmus iluviado - Bhs; de bicarbonato de cálcio - Bk. Quando pouco desenvolvido ou incipiente: Bi
C	Material inconsolidado,pouco afetado pelos processos pedogenéticos e que pode corresponder ao material de origem do solo
F	Horizonte ou camada de material consolidado sob A,E ou B,rico em ferro e/ou alumínio,proveniente do endurecimento irreversível da plintita (laterita)
R	Rocha consolidada,substrato do solo

(1) Antes denominado A2

O - Horizonte orgânico formado ou em formação na parte superior dos solos minerais e por cima da parte mineral, dominado por matéria orgânica fresca ou parcialmente decomposta.

Oo - Horizonte orgânico no qual a forma original da maior parte da matéria é distinta.

Od - Horizonte orgânico no qual a forma original da maior parte da matéria vegetal ou animal não pode ser reconhecida à simples vista.

A - Horizonte mineral rico em matéria orgânica formada ou em formação na superfície. Horizonte no qual a característica principal é a acumulação de matéria orgânica humificada, intimamente associada à fração mineral.

E - Horizonte eluvial no qual a característica é a perda de argila, ferro ou alumínio e, como resultado, há uma concentração relativa de quartzo e outros minerais resistentes, do tamanho da areia e silte.

A/B - Horizonte transicional entre A e B, dominado pelas propriedades características de um A suprajacente.

A/E - Horizonte transicional entre A e E, dominado pelas propriedades características do A suprajacente.

B - Horizonte com uma, ou mais combinações, das seguintes características:

- concentração iluvial de argila "silicatada", ferro, alumínio, húmus, sós ou em combinação;

- concentração residual de sesquióxidos ou argilas "silicatadas";

- revestimento de sesquióxidos, dando a estes horizontes uma coloração mais forte ou mais escura e avermelhada que os demais;

- o material de origem apresenta-se sensivelmente alterado, sem a estrutura original, formando argila silicatada, liberando óxidos e formando estrutura colunar, em blocos ou prismática.

B/A ou B/E - Horizonte transicional entre B e A ou entre B e E, dominado pelas propriedades de um B subjacente, porém com algumas propriedades do A ou do E suprajacente.

B - Horizonte caracterizado pelo acúmulo de material proveniente dos horizontes superiores e/ou desenvolvimento de cor e estrutura e/ou por concentração residual de sesquióxidos de ferro e alumínio.

B/C - Horizonte de transição entre B e C, no qual as propriedades do B suprajacente estão claramente evidenciadas, porém associadas com propriedades características do C ou do R.

C - Horizonte mineral intemperizado (não é o estrato rochoso) pode ser semelhante ou diferente do material do qual, presumivelmente, o solo se formou. É pouco afetado pelos processos pedogênicos e não tem as propriedades diagnósticas do A ou do B.

R - Estrato rochoso consolidado subjacente.

3.1 Subdivisão dos Horizontes

Os horizontes A e B podem ser subdivididos. Exemplos: A1, A2, B1, B2, B3, etc. Esses índices indicam apenas seqüência vertical dos principais suborizontes.

3.2 Ocorrências Especiais

Os horizontes de um perfil do solo podem apresentar ocorrências particulares e especiais, relacionadas ao processo de gênese ou ao uso e manejo a que foram submetidos.

Quando essas ocorrências conferem ao solo, ou ao horizonte em particular, variações significativas, elas devem ser assinaladas por símbolos convencionais, representados por letras minúsculas, colocadas ao lado direito da designação dos horizontes.

Por exemplo:
p: este símbolo é usado para indicar distúrbios nos horizontes superficiais do perfil, provocados por aração, cultivo, pastoreio ou outra causa (escreve-se Ap)

h: indica acumulação iluvial de matéria orgânica (escreve-se Bh)

s: acumulação iluvial de sesquióxidos com matéria orgânica

t: horizonte de acumulação de argila (B textural - Bt)

w: intensa alteração com inexpressiva acumulação de argila (horizonte B latossólico - Bw)

i: incipiente desenvolvimento de horizonte B (B incipiente - Bi)

g: horizonte com indícios de "gleização" (solos "gleizados")

c: concreções ou nódulos endurecidos (Ac ou Bc)

d: acentuada decomposição de material orgânico (Od)

o: material orgânico mal ou não decomposto (Oo)

v: características verticas (argila 2:1)

4 PROPRIEDADES DO SOLO

Os horizontes são separados por características ligadas ao solo, e, por isso, recebem o nome de propriedades do solo (textura, estrutura, cor, consistência e cerosidade).

4.1 Textura

A textura diz respeito ao tamanho das partículas minerais e à sensação que dá ao tato uma massa de solo grosseira, fina, sedosa, etc. As partículas maiores (areia) dão sensação de aspereza, as intermediárias (silte) de maciez e as partículas menores (argila) parecem duras quando secas, e plásticas e pegajosas quando a massa está molhada.

A textura pouco muda com o tempo e é propriedade fundamental da qual dependem todos os outros atributos do solo.

As partículas individuais, conforme o seu tamanho, estão agrupadas nas chamadas classes texturais. A determinação dessas classes pode ser feita no laboratório e no campo.

No laboratório, levam-se as porcentagens de areia, silte e argila, a um diagrama textural, em forma de um triângulo, que contém todas as combinações possíveis em porcentagem de separados (Figura 3).

No campo, a classe textural é avaliada pela sensibilidade através do tato.

Não podemos esquecer que os separados do solo, areia, silte e argila, dizem respeito apenas ao tamanho das partículas e que a maior ou menor atividade de um solo pode não ser função da quantidade de argila e sim dos tipos de minerais de argila.

4.2 Classificação textural do "material do solo"

A classificação adotada pelo "Soil Survey" (EUA, 1981), provavelmente a mais difundida entre os técnicos que trabalham em levantamento de solo, é apresentada na Figura 3, de acordo com a tradução e adaptação feita pela Comissão Permanente de Métodos de Trabalhos de Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (LEMOS & SANTOS, 1982). Suas principais características são: utilização do triângulo equilátero e adoção da Escala Textural Americana.

4.3 Estrutura

A estrutura de um solo refere-se ao agrupamento e arranjamento de suas partículas. A importância agrícola fica evidenciada, levando-se em conta que a movimentação da água, aeração, densidade aparente, porosidade e transmissão de calor são muito influenciadas pela estrutura.

A estrutura, ao contrário da textura, é dinâmica, alterando-se, principalmente, no horizonte A, pela ação do homem e da natureza. É uma conseqüência da aproximação de partículas sólidas por um agente mecânico e da intervenção de um agente cimentante para consolidar a união. Destacam-se como agentes cimentantes a matéria orgânica e as argilas.

No campo, a estrutura é avaliada através de três parâmetros:

a) forma: definida como tipos e subtipos;

b) tamanho: diz respeito às classes de estrutura;

c) resistência: diz respeito ao grau de estrutura.

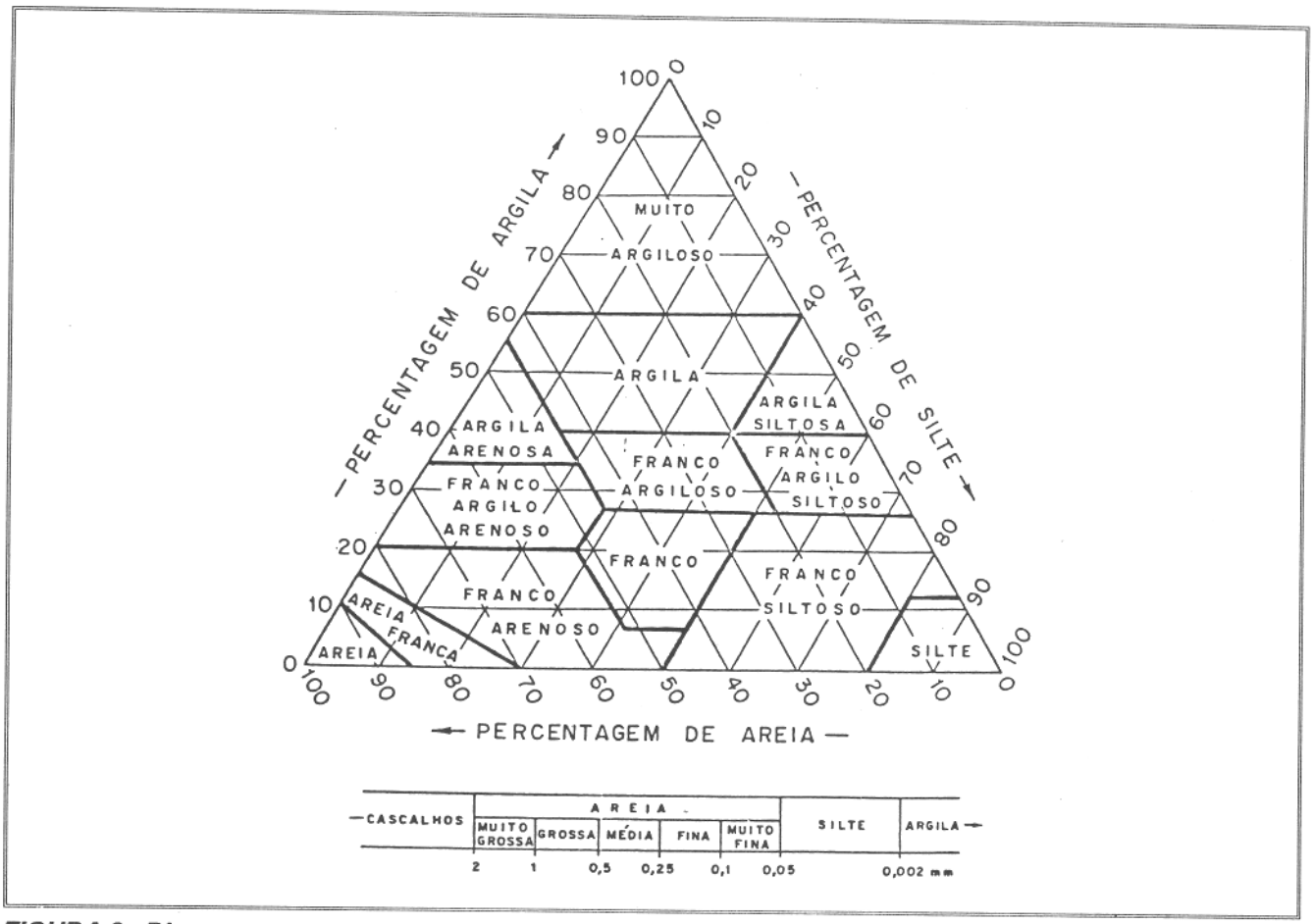


FIGURA 3 - Diagrama para determinação da classe textural do solo, segundo Soil Survey Staff (EUA, 1981) e de acordo com a tradução e adaptação da Comissão Permanente de Métodos de Trabalho de Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
FONTE: Lemos & Santos, 1982

4.4 Cor

A cor do solo é a propriedade física que primeiro nos chama a atenção. Isolada não tem significado, porém associada com outras propriedades do solo adquire importância. Por exemplo, relacionada com a drenagem interna: um horizonte de cor vermelha indica a presença de óxidos de ferro desidratados (drenagem boa); um horizonte de cor amarelada com mosqueamentos indica a presença de óxidos de ferro hidratados, geralmente formados em condições de drenagem deficiente.

Há também uma relação importante entre a cor do solo, sua textura e a porcentagem de matéria orgânica. Solos com a mesma porcentagem de matéria orgânica: os argilosos são geralmente mais vermelhos ao passo que os arenosos, mais escuros.

A cor é determinada no campo (amostras secas e úmidas) por comparação com as cores padrões da carta de Munsell.

4.5 Consistência

A consistência do solo é representada pelas manifestações das forças físicas de coesão e adesão, entre os constituintes do solo, e os conteúdos variáveis de umidade.

São conhecidas cinco formas de consistências:

Estado de umidade do solo	Seco	Úmido	Molhado		
Formas de consistência	Tenacidade	Friabilidade	Plasticidade	"Pegajosidade"	Fluidez

A textura é das propriedades do solo a que mais perto se situa da consistência. Os solos de textura fina são, em geral, plásticos e pegajosos quando molhados, firmes quando úmidos, e duros quando secos.

4.6 "Cerosidade" ou filmes de argila ("Clay Skins")

A argila removida dos horizontes superiores para os inferiores, durante o processo de gênese, pode ser encontrada envolvendo as superfícies dos agregados, formando uma película chamada cerosidade. Na maioria dos horizontes tipo B textural, é possível reconhecer no campo esses filmes de argila.

5 PROCESSOS DE FORMAÇÃO DOS SOLOS

O solo pode ser considerado uma função do processo pedogênico ou de gênese do solo.

Esses processos podem ocorrer simultaneamente; entretanto, para a finalidade didática, podemos separá-los em podzolização, latossolização, salinização, calcificação e hidromorfização.

5.1 Podzolização

O nome Podzol é de origem russa e significa: pod = sub e zola = cinza. São solos que exibem uma camada cinza mais clara, abaixo da superfície exposta.

O mecanismo geral da podzolização representa uma eluviação de argila, húmus e sesquióxidos do horizonte A e a iluviação desses no horizonte B. Quando o transporte de material for principalmente de húmus e sesquióxidos de Fe a Al, teremos a formação dos Podzóis. São solos que normalmente não possuem "B textural" e sim "B podzol" ou "B espódico".

Quando a eluviação e iluviação forem essencialmente de minerais de argila, teremos a formação dos Podzólicos, solos que apresentam "B textural" (Figura 4). Muitos preferem chamar esse processo de "lessivage".

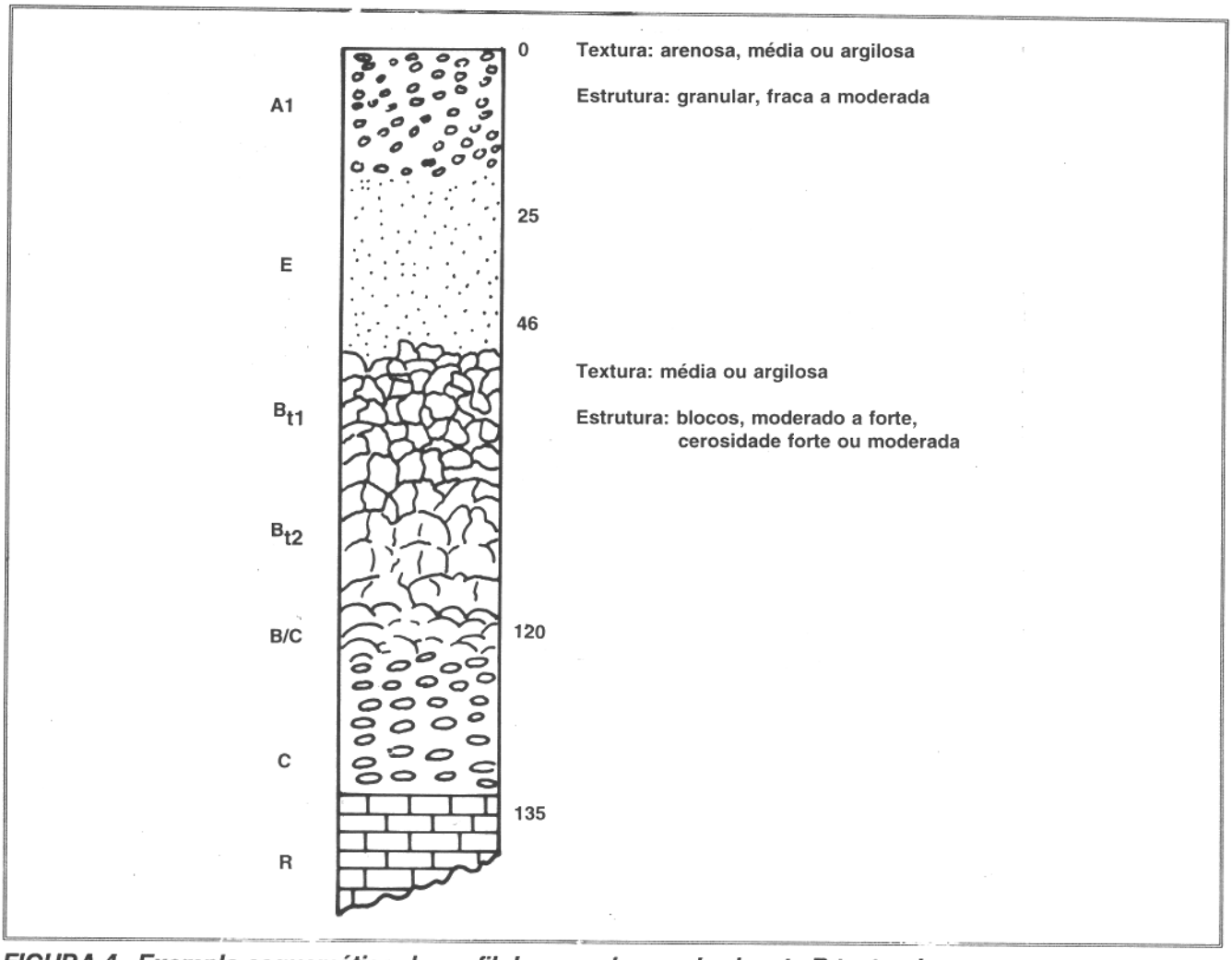


FIGURA 4 - Exemplo esquemático do perfil de um solo com horizonte B textural.

5.2 Latossolização

O termo Latossolo foi proposto por Kellog, em 1949, para designar os solos das regiões equatoriais, avermelhados, apresentando como características importantes a baixa relação sílica-sesquióxidos, na fração argila, e o baixo conteúdo de minerais primários.

Normalmente, em regiões quentes, com chuvas abundantes, alternadas com períodos de estiagem mais ou menos prolongados, ocorrem condições favoráveis à mineralização da matéria orgânica e decomposição dos minerais primários, com libertação das bases solúveis, como cálcio, potássio, magnésio e sódio, provocando, inicialmente, uma elevação do pH que permite a solubilização da sílica. Durante as chuvas, estas e as bases são lixiviadas, deixando livres os óxidos de ferro e alumínio que permanecem no perfil em forma de resíduo concentrado.

Em virtude de intensidade da intemperização, muitos dos solos formados são latossolos profundos, podendo atingir até 10 metros, e a transição entre horizontes é gradual (Figura 5). Por outro lado, a maioria dos solos podzólicos das regiões tropicais úmidas, principalmente os vermelho-amarelos e vermelho-escuros, é interpretada como formada por processos de iluviação de argila (ou lessivage) sobre materiais de origem, formados por latossolização.

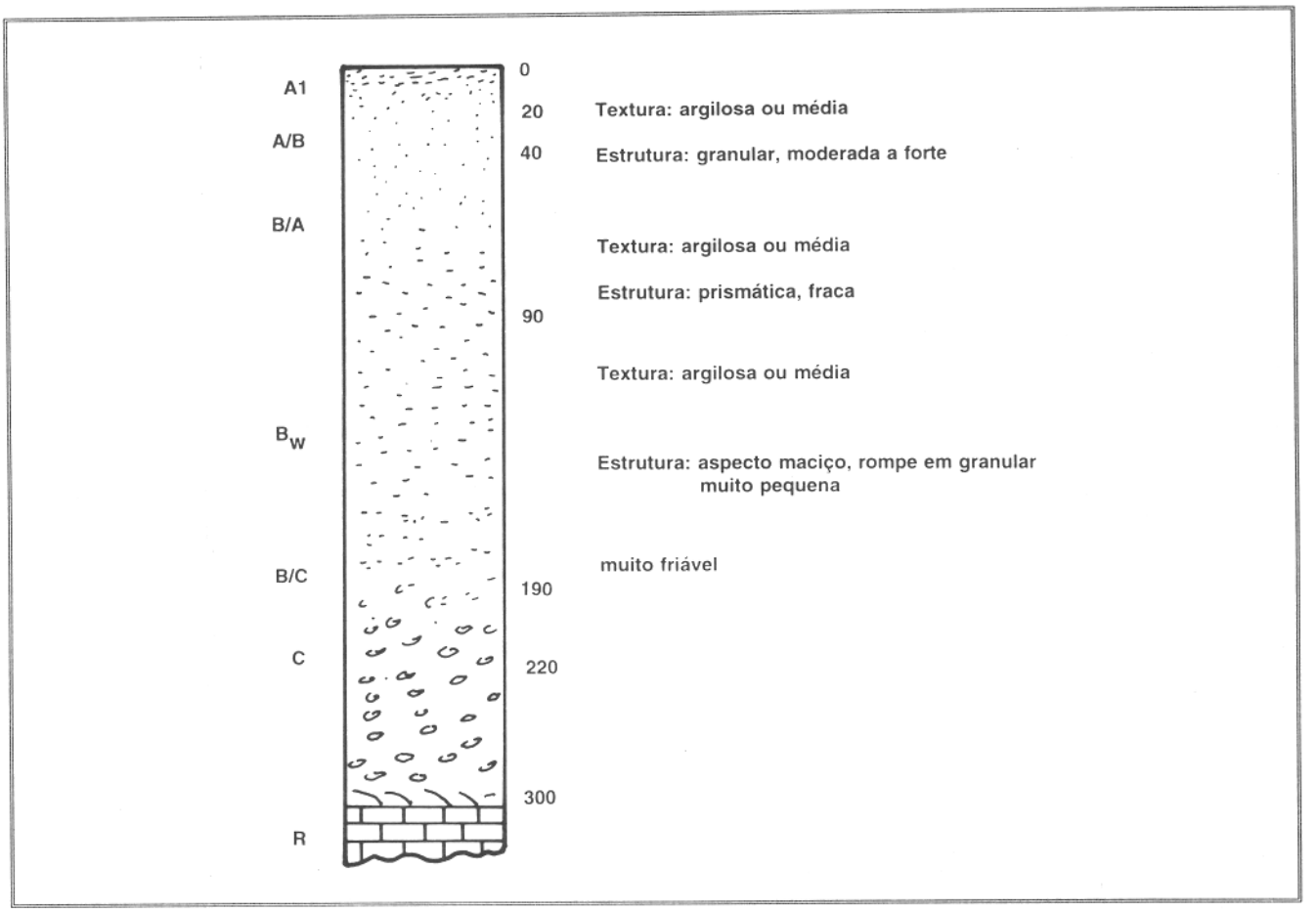


FIGURA 5 - Exemplo esquemático do perfil de um solo com horizonte B latossólico.

5.3 Hidromorfização

Os solos hidromórficos são caracterizados por terem se formado sob condições de excesso de umidade. A drenagem é, em geral, insuficiente, quer pelas características do perfil, que impossibilitam infiltração normal da água, quer pelo lençol freático superficial, pela localização nas proximidades de rios, lagos, etc.

O encharcamento pode determinar uma acumulação de matéria orgânica (formação de solos orgânicos) ou um fenômeno de redução, acusado pela cor cinza característica (formação dos solos "gleizados").

Outros processos de formação de solos, como a calcificação e a salinização, por não ocorrerem no Estado de São Paulo, não serão aqui abordados.

6 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

A classificação de solos representa uma organização de conhecimentos, os quais são legações da experiência do passado e refletem o avanço dos conhecimentos científicos.

Para se estabelecer o melhor uso e aproveitamento agrícola de região, precisamos em primeiro lugar dispor de conhecimentos profundos sobre seus solos. Conhecendo-se sua gênese, mais fácil ficará o estabelecimento das suas tendências naturais, bem como pode-se prever o seu comportamento com relação às plantas a serem exploradas.

6.1 Classificação dos solos, usada no levantamento de reconhecimento publicado em 1960

No levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo, feito pela Comissão de Solos do Centro Nacional de Pesquisas Agronômicas, Ministério da Agricultura (SERVIÇO NACIONAL..., 1960) adotou-se um sistema de classificação baseado no sistema de BALDWIN, KELLOG e THORP (1938), revisado por THORP e SMITH (1949), que substituiu o utilizado no mapa anterior de PAIVA NETO et al. (1951).

Esse sistema compreende as seguintes categorias: ordem, subordem, grande grupo, subgrupo, família e série. O maior agrupamento é feito na base de poucas características, ou melhor, têm-se muitos solos agrupados em um número pequeno de grupos amplos. Assim, dentro da categoria ordem, os solos estão classificados em:

a) solos zonais: exibindo perfis desenvolvidos sob a ação equilibrada dos fatores de gênese;

b) solos intrazonais: são os que mostram nos seus perfis a dominância de um ou mais fatores de gênese sobre os demais;

c) solo azonais: sem características bem-desenvolvidas.

O grande-grupo compreende solos presumivelmente formados por um mesmo processo de gênese. Neles, estão incluídas as séries, que constituem a categoria mais simples desse sistema de classificação.

Série é um grupo de solos, tendo horizontes semelhantes quanto às características, seqüência e desenvolvimento a partir do material de origem semelhante. Dentro de uma série, os solos pouco variam em exigências de manejo e aptidões para uso, embora as características físicas, morfológicas e a espessura dos horizontes não devem variar significativamente.

A categoria taxonômica usada pela comissão de solos foi equivalente ao grande-grupo, porém as unidades de mapeamento incluem também grandes-grupos, subgrupos, variações e fases de grandes-grupos. Em muitos casos também, não sendo possível usar unidades taxonômicas simples, os solos foram agrupados em associação de grandes-grupos.

Nas categorias mais elevadas, os solos do Estado de São Paulo foram assim agrupados: solos com B textural; solos com B latossólico; solos hidromórficos; solos pouco desenvolvidos.

• Solos com horizonte B textural

São solos zonais que, quando completos, apresentam seqüência de horizontes A, E, Bt e C. A transição entre E e B normalmente é clara ou abrupta, podendo ser gradual. Entre o B e o C é gradual ou clara. O horizonte B textural é o mais importante sob o ponto de vista de classificação dos solos. Apresenta as seguintes características: a saturação de base tem amplitude muito grande, de 10 a 90%; a classe textural pode ser argilosa ou média, sendo a fração argila sempre maior que 15% e sempre superior ao conteúdo do horizonte A; o grau de estrutura é moderado e forte, com presença de "cerosidade" revestindo os elementos estruturais. Enquadram-se nesta categoria as seguintes unidades:

- **Podzólico Vermelho-Amarelo** - solos com nítida diferenciação textural entre os horizontes A e B, sendo comum o horizonte E (antigamente denominado A2); horizonte B com estrutura em blocos, forte moderada; presença de cerosidade. Saturação em base baixa.

De acordo com as principais variações, foram separadas as seguintes unidades de mapeamento:

a) Podzólico Vermelho-Amarelo - orto (PV) - corresponde ao conceito modal da unidade; ocorre principalmente nas serras do Mar e da Mantiqueira, originando-se de granitos e gnaisses. Ocorre também

no Vale do Paraíba, sobre sedimentos argilosos do Terciário (Figura 6). As suas principais características, relacionadas com fatores limitantes ao uso agrícola, são:

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado
erosão	moderado
excesso de água	ligeiro
falta de água	ligeiro e moderado
impedimento à motomecanização	ligeiramente moderado
geadas	nulo no Litoral; ligeiro no Planalto Atlântico

- Uso: esse solo é regular para agricultura, pois apresenta problemas de fertilidade, erosão e de uso de máquinas agrícolas, sendo necessária a seleção de locais menos declivosos e o emprego de práticas conservacionistas, simples ou intensivas. Depois de alguns anos de uso agrícola, geralmente são necessárias adubações para a obtenção de melhores colheitas, incluindo a correção de acidez. Usado em pastagens, corre o risco de ser erodido de acordo com a declividade do relevo.

Na área desse solo, aparecem inclusões que apresentam fertilidade maior, especialmente na Serra da Mantiqueira.

b) Podzólico Vermelho-Amarelo - variação-Piracicaba (PVp) - apresenta as mesmas características do Podzólico Vermelho-Amarelo-orto, com maior contraste de cor e estrutura entre os horizontes A (ou E) e B. A estrutura do horizonte B é mais desenvolvida, sendo a "cerosidade" e o "marchetamento" mais comuns. Material de origem: argilitos e folhelhos das formações geológicas Itararé, Tatuí, Irati e Corumbataí. Ocorre predominantemente na depressão periférica paulista (Figura 6).

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado
erosão	moderado
excesso de água	ligeiro e moderado
falta de água	moderado
impedimento à motomecanização	nulo e ligeiro moderado
geadas	ligeiro

- Uso: esse solo é geralmente regular para a agricultura, podendo apresentar problemas de fertilidade e de erosão e, em alguns locais, restrições ao uso de máquinas agrícolas, bem como pequenas dificuldades de aeração. São necessárias práticas conservacionistas, simples e intensivas, de acordo com as condições locais e, após alguns anos de uso agrícola, geralmente será necessário fazer adubações, incluindo correções de acidez, para obtenção de melhores colheitas. Usado em pastagens, corre também o risco de ser erodido, de acordo com a declividade do relevo.

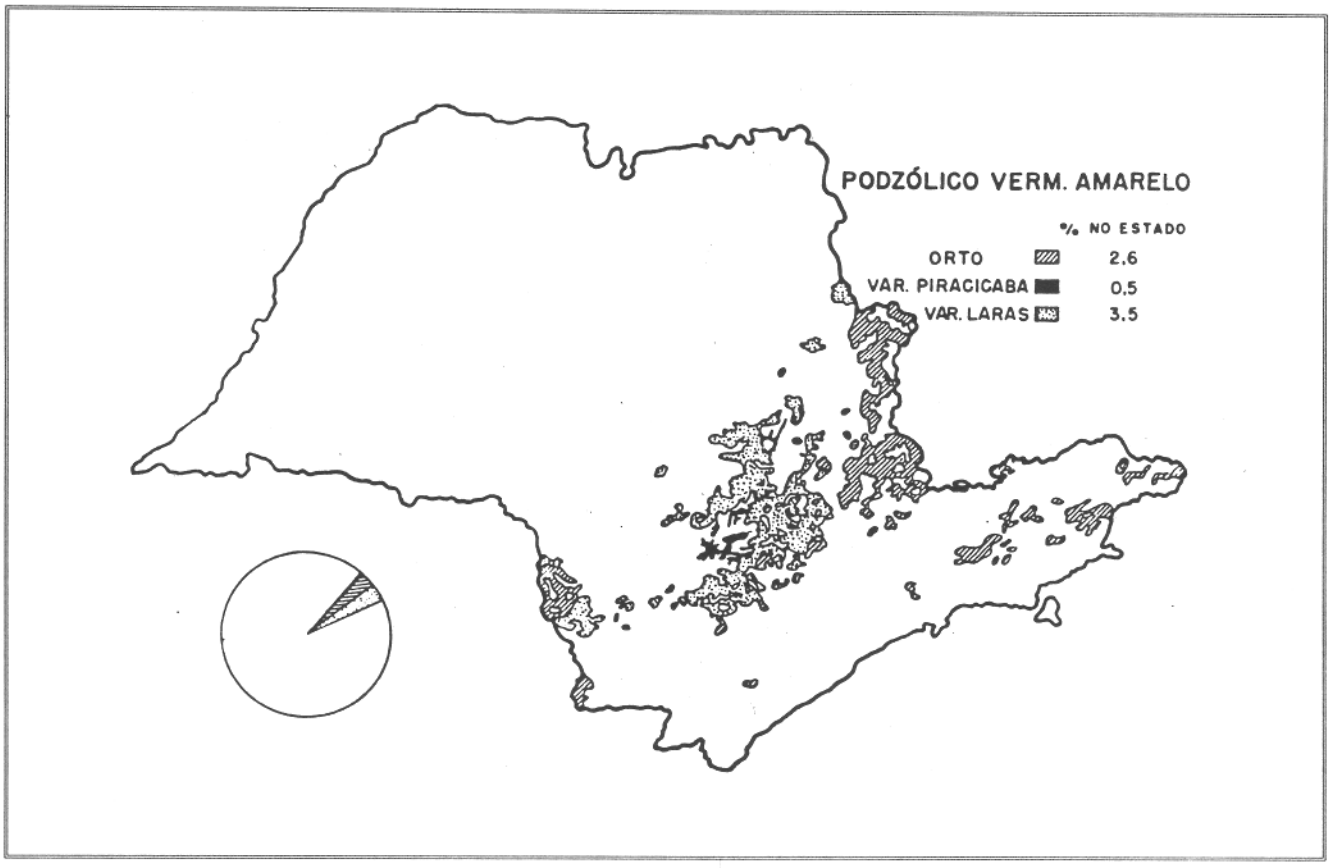


FIGURA 6 - Mapa esquemático, mostrando a localização dos solos Podzólicos Vermelho-Amarelo no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos.
FONTE: Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica, 1960

c) Podzólico Vermelho-Amarelo - variação Laras (PVls) - solo com as mesmas características dos anteriores, porém em grau menos acentuado, devido ao fato de ser originado a partir de arenitos (Glacial e Botucatu-Pirambóia). A podzolização é mais fraca, e a fertilidade também é mais baixa.

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado e forte
erosão	moderado
excesso de água	nulo; ligeiro e moderado
falta de água	moderado
impedimento à motomecanização	ligeiro e moderado
geadas	ligeiro

- Uso: esse solo, dependendo da textura e outros fatores, pode ser regular ou não adequado à agricultura, pois apresenta problemas de fertilidade, por vezes muito graves, além de ser suscetível à erosão e ter restrições para mecanização da lavoura. Usado em pastagens, corre o risco de ser erodido, de acordo com a declividade do relevo. O solo dessa unidade, que apresenta baixa fertilidade, possivelmente é mais apropriado para reflorestamento ou conservação da vegetação natural.

- Podzólico Vermelho-Amarelo "intergrade" para Latossolo Vermelho - Amarelo (PVL) - esse solo apresenta características morfológicas mais comuns ao Podzólico Vermelho-Amarelo-orto, com algumas intermediárias para o Latossolo.

Possui o B textural, ausência do suborizonte E. Situa-se no Litoral Sul e no Planalto Atlântico, nas serras do Mar e Mantiqueira. Material de origem: granitos, gnaisses, filitos e micaxistos.

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado
erosão	moderado
excesso de água	nulo
falta de água	ligeiro
impedimento à motomecanização	moderado e forte
geadas	no Litoral, nulo; no Planalto Atlântico, ligeiro

- Uso: solo que varia de regular a não adequado à agricultura, pois têm bastantes restrições para a mecanização da lavoura, além de apresentar problemas com respeito à fertilidade e suscetibilidade à erosão, sendo necessário o uso de práticas conservacionistas geralmente intensivas e, depois de alguns anos de uso agrícola, será necessário fazer adubações, para obtenção de melhores colheitas, incluindo correção de acidez. Mesmo quando usado em pastagens, corre o risco de ser erodido, conforme a declividade do relevo.

- **Podzolizado com cascalho (Pc)** - solo pouco profundo, observando-se em todo seu perfil distribuição de cascalhos de 3 a 5mm de diâmetro, superior a 20%. Relevo fortemente ondulado, sendo comum a presença de matacões. A saturação de bases pode ser alta ou baixa. Material de origem: granito. Ocorre apenas nas regiões das serras do Mar e da Mantiqueira (Figura 7).

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado e ligeiro
erosão	moderado
excesso de água	nulo e ligeiro
falta de água	nulo e ligeiro
impedimento à motomecanização	moderado e forte
geadas	ligeiro

- Uso: solo que varia de regular a não adequado à agricultura, pois apresenta graves dificuldades para a mecanização da lavoura, já que, além de possuir relevo bastante acentuado, tem muitos "boulders". Quanto à fertilidade, pode ou não apresentar vários problemas. Também é suscetível à erosão, exigindo medidas de conservação. Mesmo quando usado em pastagens, corre o risco de ser erodido, conforme a declividade do relevo.

- **Podzolizados de Lins e Marília** - solos superficialmente arenosos com nítida diferença textural entre A e B, saturação de bases alta e desenvolvidos a partir de arenitos com cimento calcário do grupo Bauru. Foram separadas duas unidades de mapeamento:

a) Podzolizado de Lins e Marília - variação Lins (PIn) - profundo, 2 a 3 metros, relevo suave, declives longos e menor diferença textural entre os horizontes A e B do que o da variação Marília. Presença de camadas finas mais argilosas, com espessura de 1 a 2cm, podendo ocorrer dentro dos horizontes A, B e C.

Uso: solo bom a regular para a agricultura, pois, embora possa apresentar alguns problemas de fertilidade e suscetibilidade à erosão, as medidas de conservação e as restrições à motomecanização da lavoura são mais de caráter local do que geral.

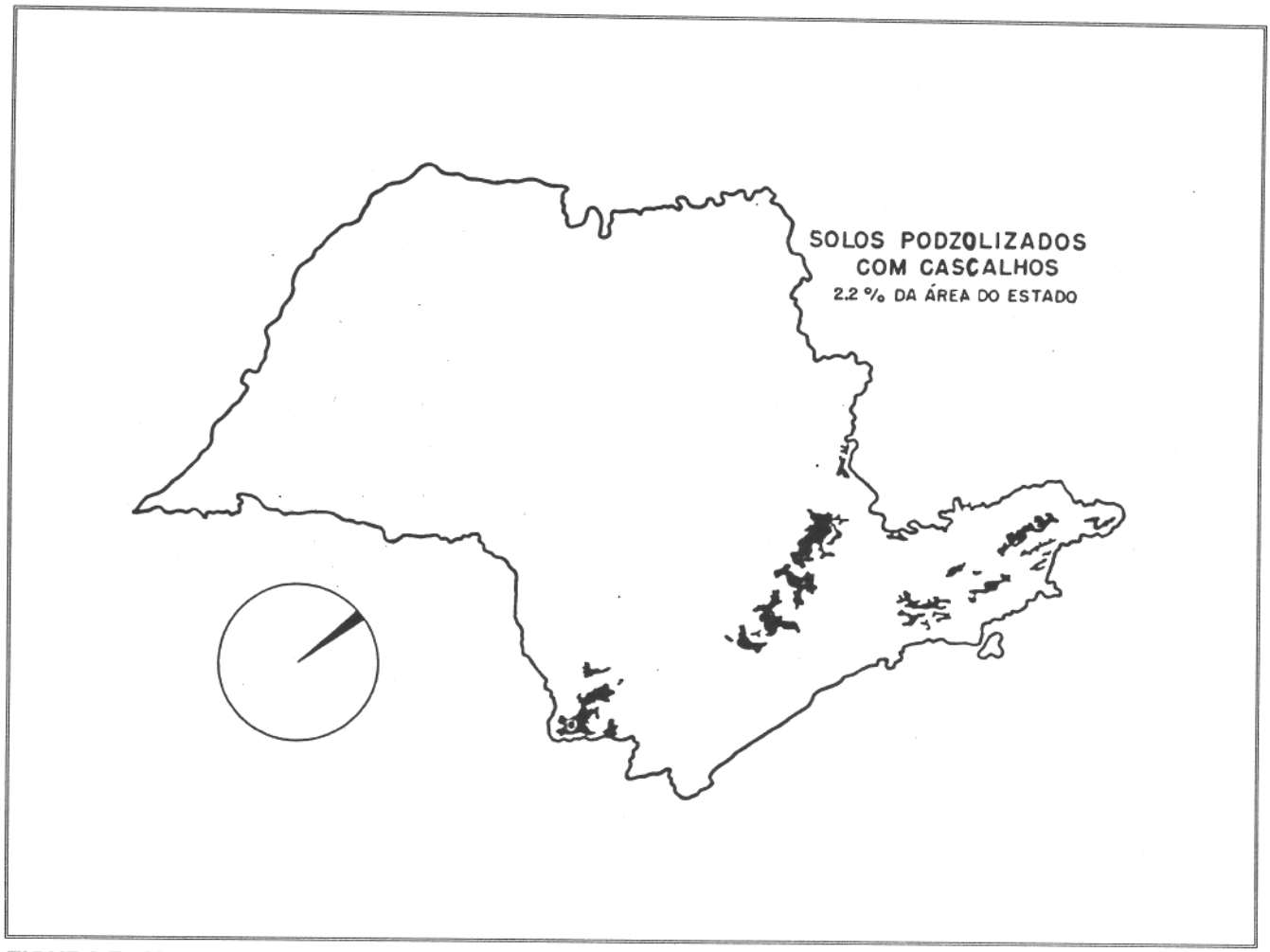


FIGURA 7 - Mapa esquemático mostrando a localização dos solos Podzolizados com cascalhos no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos.
FONTE: Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica, 1960

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado e ligeiro
erosão	ligeiro e moderado
excesso de água	nulo
falta de água	moderado
impedimento à motomecanização	nulo e ligeiro
geadas	ligeiro

b) Podzolizados de Lins e Marília - variação Marília (Pml) - mais raso, freqüentemente associado com Litossolo - fase substrato arenito calcário. O relevo é ondulado e existe maior diferença textural entre A (ou E) e B. O horizonte E tem transição abrupta para o Bt e pode ser removido facilmente com o martelo de pedólogo, deixando então um degrau na passagem para o B. Ocorre no planalto Atlântico do Estado (Figura 8).

Fator limitante	Grau
fertilidade	ligeiro
erosão	ligeiro e moderado
excesso de água	nulo
falta de água	moderado
impedimento à motomecanização	nulo e ligeiro
geadas	ligeiro e moderado

- Uso: solo bom para agricultura, sem apresentar maiores problemas a não ser a alta suscetibilidade à erosão, o que exige práticas conservacionistas intensivas de acordo com as condições locais. As restrições para mecanização da lavoura são também mais locais do que gerais.

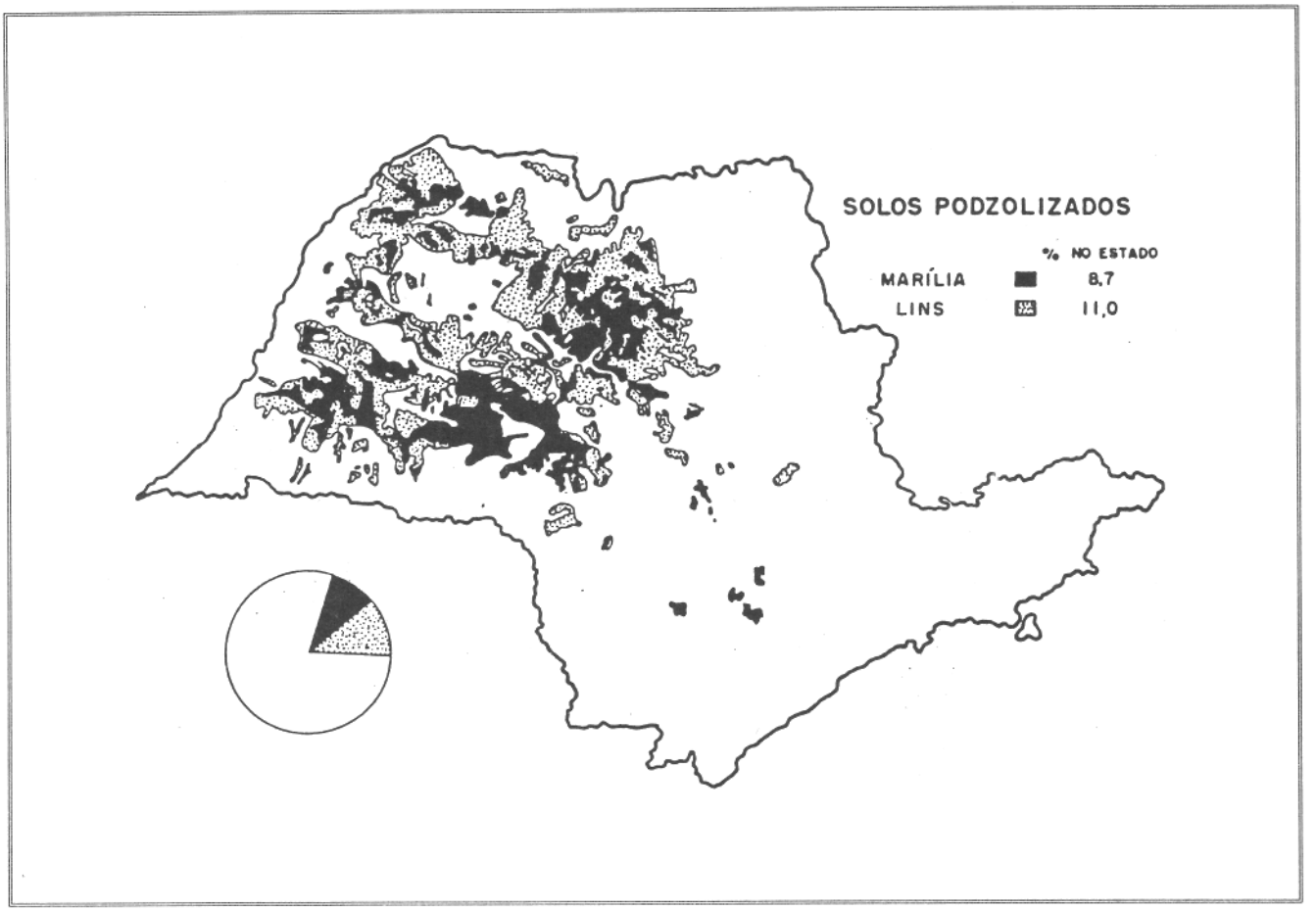


FIGURA 8 - Mapa esquemático mostrando a localização dos solos Podzolizados de Lins e Marília no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos.
FONTE: Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica, 1960

- **Mediterrânico Vermelho-Amarelo (M)** - esse solo ocorre em pequenas manchas no Estado, provenientes de rochas eruptivas básicas, calcários e gnaisses ricos em minerais escuros (biotita, hornblenda). "Cerosidade" forte e abundante no B, apresentando consistência dura quando seco, plástico e pegajoso quando molhado; presença de minerais primários no B e C. Contraste de cor entre A, que é escuro, e B, vermelho. Saturação de bases alta. Perfil pouco espesso. Relevo ondulado e montanhoso. Em levantamentos pedológicos mais recentes que os da Comissão de Solos (1960), a maior parte desse solo é agora denominada como Brunizém-Avermelhado.

Fator limitante	Grau
fertilidade	ligeiro
erosão	forte e moderado
excesso de água	nulo e ligeiro
falta de água	ligeiro e moderado
impedimento à motomecanização	moderado e forte
geadas	moderado e forte

- Uso: solo que varia de regular a não adequado à agricultura. Ainda que não tenha grandes problemas a respeito da fertilidade, apresenta relevo acentuado que dificulta a mecanização da lavoura e aumenta a suscetibilidade à erosão. Usado em pastagens, corre o risco de ser erodido e, de acordo com as condições locais, adapta-se melhor ao reflorestamento.

- Terra Roxa Estruturada (TE) - esse solo ocorre principalmente em três manchas no Estado: ao longo do rio Paranapanema, na região de Fartura, e na região de Barra Bonita (Figura 9).

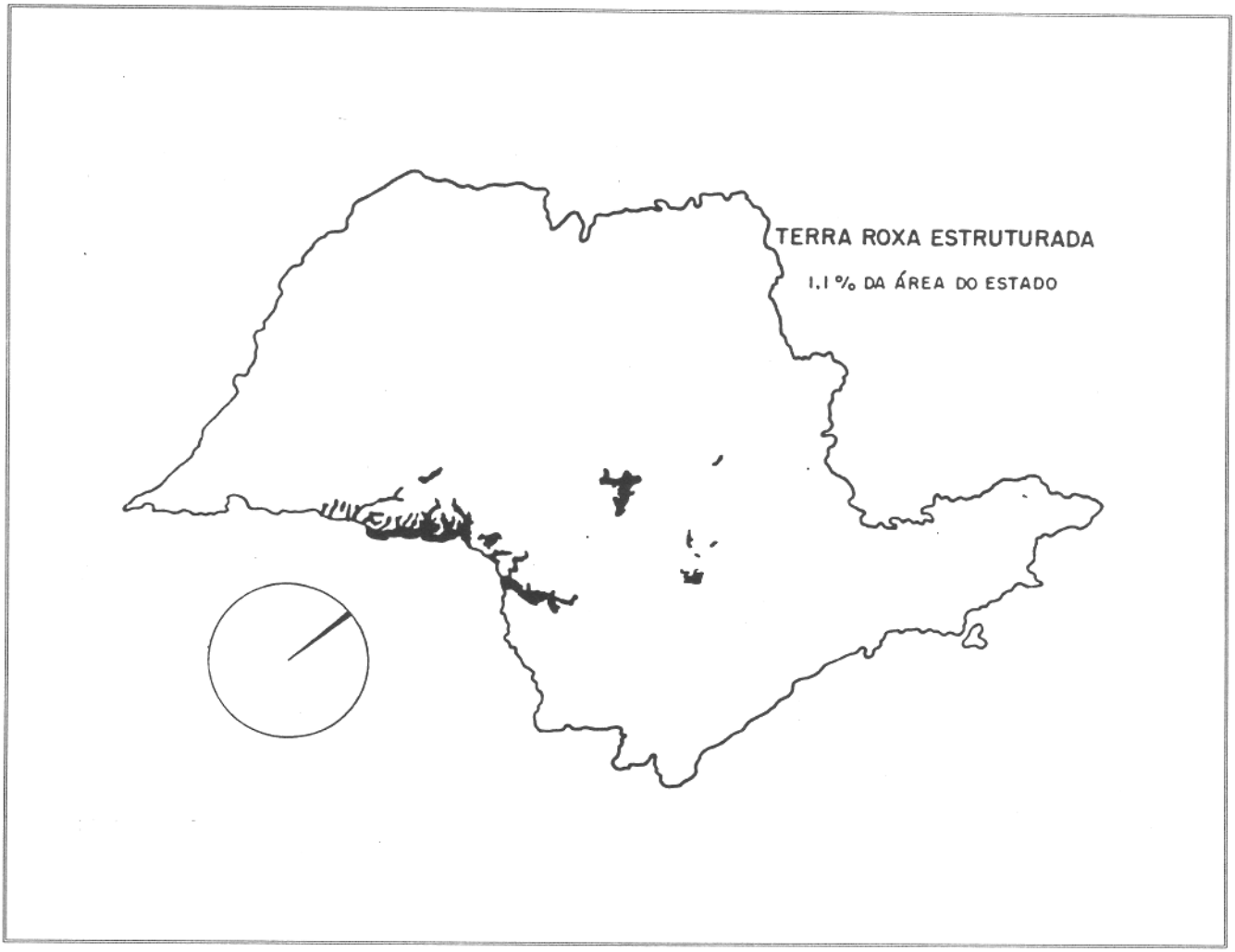


FIGURA 9 - Mapa esquemático mostrando a localização da Terra Roxa Estruturada no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos.
FONTE: Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1960

A textura é argilosa no A e B. É difícil a separação dos suborizontes, a "cerosidade" é forte e abundante, revestindo os agregados. Há abundância de minerais pesados que se depositam nos leitos de drenagem superficial, com aspecto de limalha de ferro. O material de origem são as rochas eruptivas

básicas (basalto e diabásio), o relevo é ondulado a suavemente ondulado e a saturação de bases é de média a alta.

Fator limitante	Grau
fertilidade	ligeiro
erosão	forte e moderado
excesso de água	nulo e ligeiro
falta de água	ligeiro e moderado
impedimento à motomecanização	moderado e forte
geadas	moderado e forte

- Uso: solo bom para a agricultura, sem apresentar maiores problemas, a não ser as geadas e o perigo da erosão. As geadas, dependendo da intensidade com que ocorrem, algumas vezes causam prejuízos vultosos.

• Solos com B Latossólico

Esse horizonte diagnóstico também é o mais importante para a caracterização e definição dos Latossolos. Apresenta as seguintes características: a saturação de bases é normalmente baixa, inferior a 40% e raramente entre 49 e 90%. A classe textural predominante é argilosa, mas pode ser também franco-argilo-arenosa, franco-argilosa, argila-arenosa e franco-arenosa. A fração argila é sempre superior a 15%. O horizonte B pode ter o mesmo, ou mais elevado, conteúdo de argila do horizonte A. O grau da consistência úmido é friável a muito friável. Enquadram-se nessa categoria as seguintes unidades:

- Latossolo Roxo (LR) - Inclui tanto as popularmente conhecidas terra roxa legítima como a terra roxa misturada, porque a morfologia é semelhante; o que varia é a fertilidade (de alta a baixa), especialmente quando em transição para as áreas de solos originados do arenito de Botucatu.

Há pequena variação de cor no A e B, a textura é argilosa ou muito argilosa no A e B, e é difícil a distinção dos horizontes. O horizonte A apresenta estrutura granular estável, e o horizonte B estrutura com aspecto maciço poroso, que se desfaz em grânulos muito pequenos, tipo "pó de café". A saturação de bases pode ser alta ou baixa.

O material de origem é dominantemente derivado de eruptivas básicas e o relevo é suavemente ondulado a ondulado, com declives longos (Figura 10).

Fator limitante	Grau
fertilidade	ligeiro; moderado e forte
erosão	ligeiro
excesso de água	nulo
falta de água	ligeiro
impedimento à motomecanização	ligeiro
geadas	moderado e ligeiro

- Uso: solo bastante bom para agricultura, exceto aquele que tem o cerrado como vegetação natural, pois nele a fertilidade constitui o problema principal. Normalmente, o perigo da erosão e as restrições para mecanização da lavoura são pequenas, porém as geadas podem provocar em algumas áreas grandes prejuízos às lavouras.

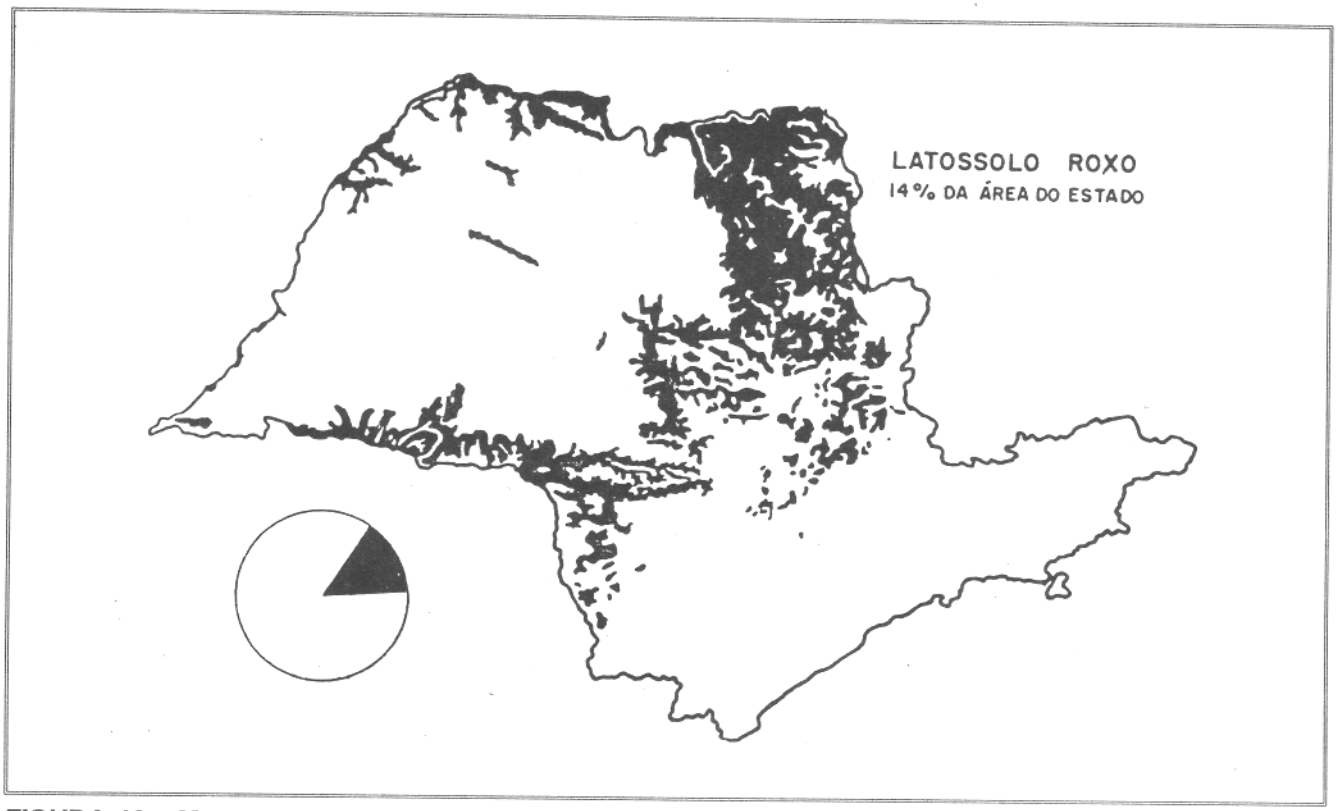


FIGURA 10 - Mapa esquemático mostrando a localização do Latossolo Roxo no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos.
FONTE: Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica, 1960

- **Latossolo Vermelho-Escuro** - este grande grupo foi dividido em duas unidades de mapeamento, cujas diferenças são devidas principalmente ao material de origem.

a) Latossolo Vermelho-Escuro - orto (LE) - solo vermelho, profundo, argiloso, originado de folhelhos, varvitos e argilitos. A textura é argilosa em todos os horizontes, havendo dificuldade na identificação dos suborizontes. Normalmente, ocupa as posições altas dos relevos adjacentes a encostas com Podzólico Vermelho-Amarelo - variação Laras, Terra Roxa Legítima ou Litossolo - fase substrato folhelho-argilito. A saturação de bases é baixa.

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado e forte
erosão	ligeiro
excesso de água	nulo
falta de água	moderado e ligeiro
impedimento à motomecanização	ligeiro
geadas	moderado e ligeiro

- Uso: solo regular para a agricultura, embora não apresente grande problema a respeito da erosão e da mecanização da lavoura. A fertilidade pode ser média ou baixa. De maneira geral o solo dessa unidade, localizado na região sul do Estado, é menos fértil. Os solos da região de Limeira são regulares e os de Itapetininga, inferiores. Usado em pastagens, o menos fértil pode apresentar alguns problemas, como necessidade de adubações, por exemplo.

b) Latossolo Vermelho-Escuro - fase arenosa (LEa) - solo originário de materiais provenientes do arenito Bauru sem cimento calcário, apresentando pequena variação textural ao longo do perfil. A saturação de bases nos horizontes A e B mostra uma amplitude de variação bastante grande. Ocorre

principalmente no planalto Ocidental do Estado (Figura 11). O relevo pode ser quase plano, caso em que a área ocupada por essa unidade é mais uniforme. Quando o relevo é mais movimentado (suave ondulado a ondulado), podem ocorrer inclusões - dos Solos Podzolizados - variação Lins e às vezes até a variação Marília e Terra Roxa Estruturada ou Latossolo Roxo.

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado e forte
erosão	ligeiro
excesso de água	nulo
falta de água	moderado e forte
impedimento à motomecanização	nulo
geadas	ligeiro e nulo

- Uso: solo regular à agricultura. Embora não apresente grande suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização da lavoura, perde a sua fertilidade natural com relativa facilidade quando cultivado no regime de agricultura rotineira.

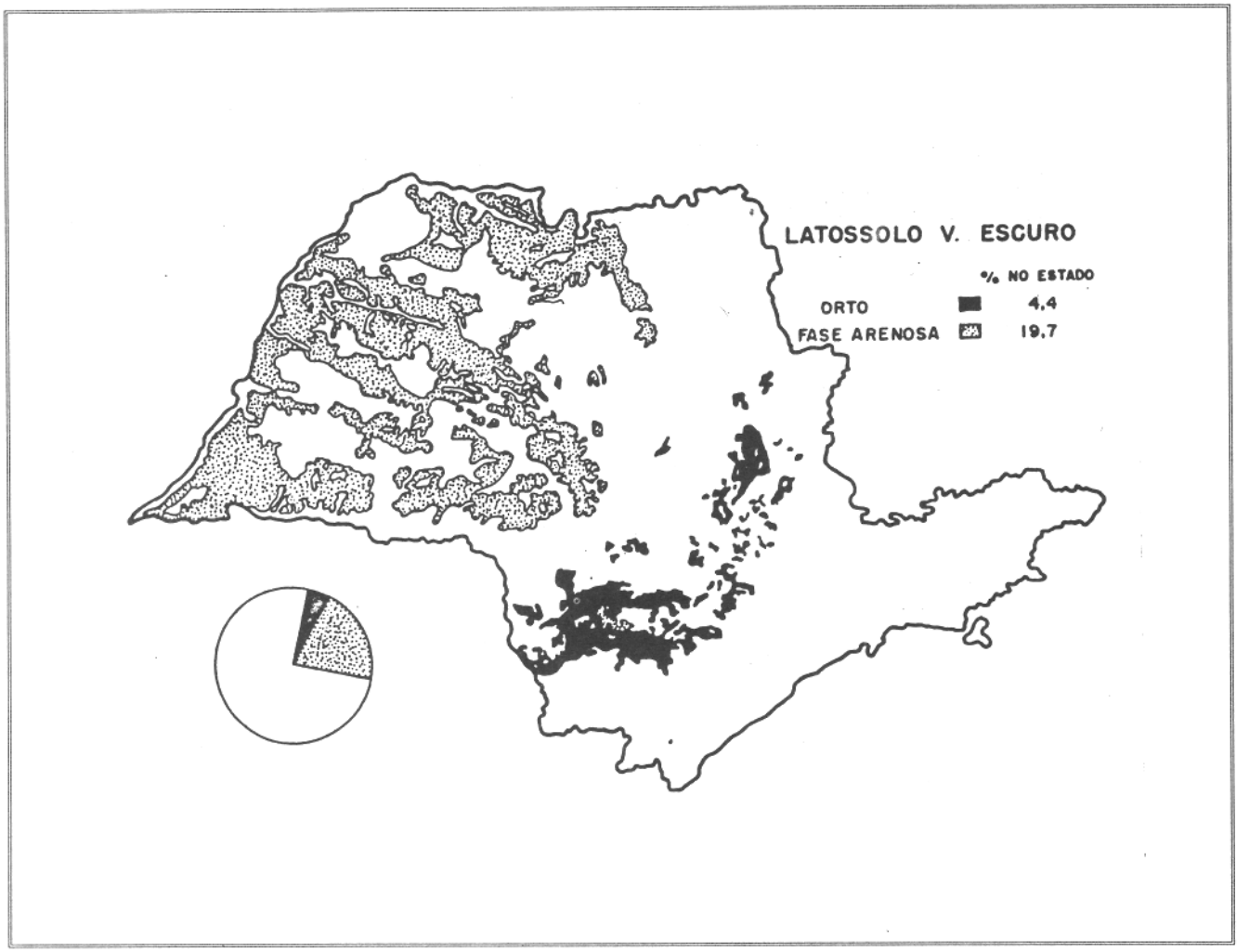


FIGURA 11 - Mapa esquemático mostrando a localização do Latossolo Vermelho-Escuro no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos.
FONTE: Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica, 1960

- **Latossolo Vermelho-Amarelo** - solo que apresenta B latossólico com saturação de bases baixa. Essa unidade taxonômica foi dividida em quatro unidades de mapeamento, assim denominadas:

a) Latossolo Vermelho-Amarelo - orto (LV) - solo argiloso, profundo, de coloração alaranjada, desenvolvido a partir de granitos e gnaisses, que ocorrem nas serras do Mar e da Mantiqueira (Figura 12). Ocupa a meia encosta das serras e também os sopés ou patamares dos morros cristalinos.

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado e forte
erosão	moderado
excesso de água	nulo
falta de água	ligeiro
impedimento à motomecanização	moderado e forte
geadas	ligeiro e nulo

- Uso: solo que varia de regular a marginal para a agricultura, pois apresenta problemas de fertilidade de acordo com o tempo que foi usado. Também encontra-se sujeito ao perigo da erosão e pode apresentar restrições para a mecanização da lavoura devido ao relevo acentuado que o afeta. Usado em pastagens ou reflorestamento não apresenta maiores problemas.

b) Latossolo Vermelho-Amarelo - fase rasa (LVr) - diferencia-se do orto, por ser menos profundo. A espessura do solum (A+B) é menor que 120cm. Ocorre nas serras do Mar e da Mantiqueira, proveniente de filitos, xistos, granitos e gnaisses.

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado e forte
erosão	moderado e forte
excesso de água	nulo
falta de água	ligeiro e nulo
impedimento à motomecanização	moderado e forte
geadas	ligeiro, moderado e forte

- Uso: solo que varia de regular a não adequado para a agricultura, pois apresenta problemas de fertilidade e, devido ao relevo acentuado que possui, está sujeito à erosão, ficando também prejudicada a mecanização da lavoura. De forma geral, o solo de relevo mais acentuado é menos apropriado para agricultura, adaptando-se melhor para pastagens, reflorestamento ou conservação da vegetação natural.

c) Latossolo Vermelho-Amarelo - fase arenosa (LVa) - solo profundo, arenoso, cor vermelho-amarelada, desenvolvido a partir de arenitos de Botucatu, Glacial e possivelmente sedimentos do Terciário. Horizonte A normalmente mosqueado devido a pontos claros de areia quartzosa lavada. Textura comumente franco-argilo-arenosa no A e B. Relevo suavemente ondulado ou quase plano.

Fator limitante	Grau
fertilidade	forte
erosão	ligeiro
excesso de água	nulo
falta de água	moderado e forte
impedimento à motomecanização	nulo
geadas	ligeiro e nulo

- Uso: solo regular à agricultura. O perigo de erosão é pequeno, e a mecanização da lavoura não encontra dificuldades, porém, pela fertilidade natural baixa que apresenta, esse solo requer, desde o início de sua exploração, aplicação adequada de corretivos (calcário) e fertilizantes.

d) Latossolo Vermelho-Amarelo - fase terraço (LVt) - constituído por solos geralmente amarelados, desenvolvido a partir de sedimentos cenozóicos formando antigos terraços, principalmente dos rios Paraíba do Sul e Tietê. Difere do Latossolo Vermelho-Amarelo-orto por apresentar horizonte A, quando seco e duro, além de alguns perfis apresentarem plintitas em suas camadas mais profundas.

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado e forte
erosão	ligeiro
excesso de água	nulo
falta de água	ligeiro e moderado
impedimento à motomecanização	nulo
geadas	ligeiro e nulo

- Uso: solo que varia de regular a marginal para a agricultura. Apresenta problema de fertilidade, o perigo de erosão é pequeno e a mecanização da lavoura não apresenta dificuldades. Dadas as suas condições físicas, as correções e adubações adequadas melhoram as possibilidades para agricultura intensiva. Usado em pastagens, não apresenta maiores dificuldades.

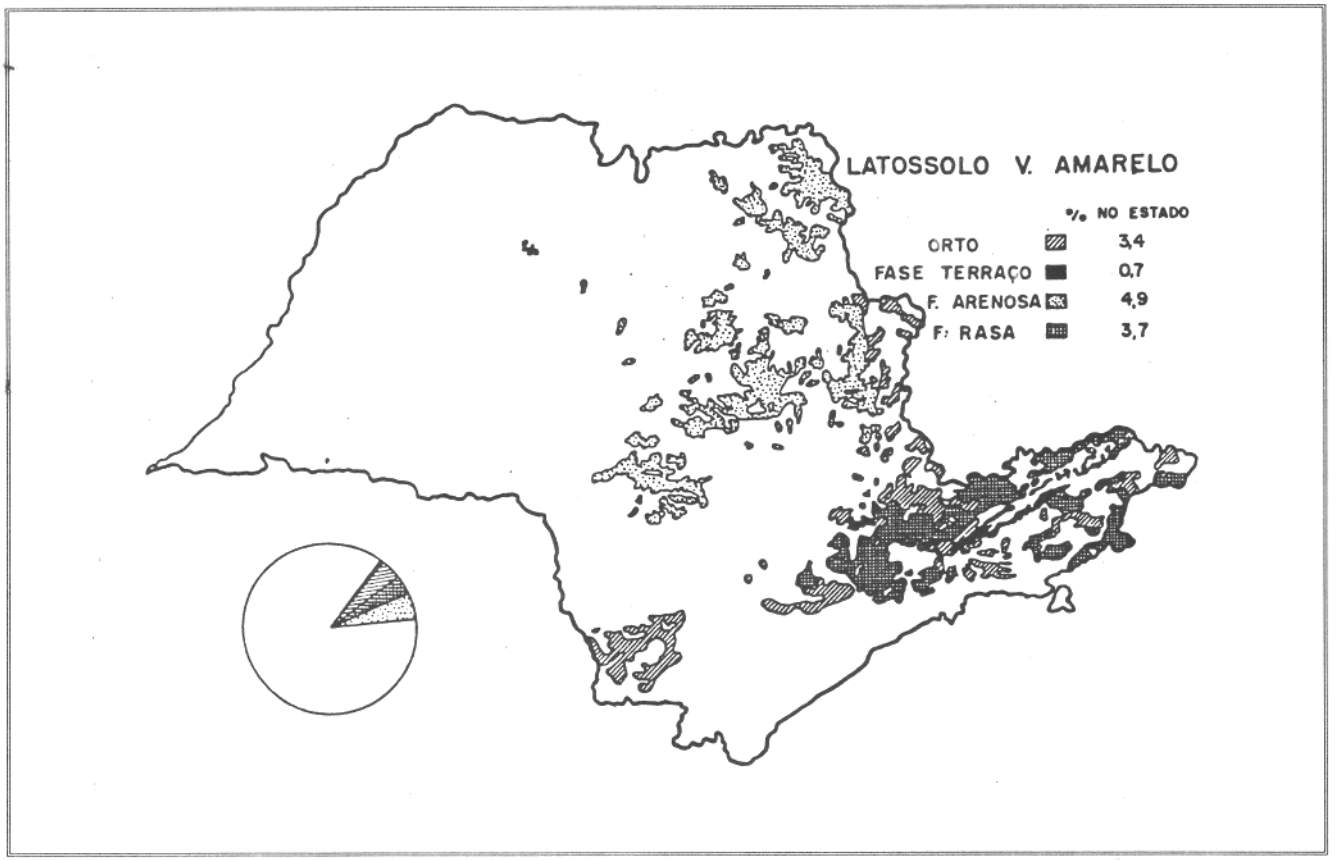


FIGURA 12 - Mapa esquemático mostrando a localização do Latossolo Vermelho-Amarelo no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos.
FONTE: Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica

- **Latossolo Vermelho-Amarelo "intergrade" para Podzólico Vermelho-Amarelo (LVP)** - apresenta características morfológicas mais comuns ao Latossolo Vermelho-Amarelo, possuindo horizonte B latossólico, sendo entretanto menos friável. Em relação ao Podzólico Vermelho-Amarelo "intergrade" para Latossolo Vermelho-Amarelo, destaca-se por apresentar o perfil mais espesso, ausência de "cerosidade" ou quando esta ocorre é muito fraca. Esse solo é formado a partir de rochas gnáissicas. Seu relevo é forte, ondulado a montanhoso.

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado
erosão	moderado
excesso de água	nulo
falta de água	ligeiro
impedimento à motomecanização	moderado e forte
geadas	ligeiro e nulo

- Uso: solo que varia de regular a não adequado à agricultura, pois tem bastantes restrições para a mecanização da lavoura, além de apresentar problemas com respeito à fertilidade e à suscetibilidade à erosão, sendo necessário o uso de práticas conservacionistas intensivas. Depois de alguns anos de uso agrícola, será necessário lançar mão de adubações, incluindo correção de acidez, para obtenção de melhores colheitas. Usado em pastagens, corre o risco de ser erodido, de acordo com a declividade do relevo.

- **Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico (LH)** - solo bastante semelhante ao Latossolo Vermelho-Amarelo, diferindo deste por apresentar um horizonte A bastante espesso, bem escuro, rico em matéria orgânica. Esse horizonte A atinge mais de um metro de profundidade, com teores de carbono acima de 2%. Todavia, é muito ácido e pobre, com baixa saturação de bases e elevado teor de Al^{+++} trocável. Desenvolve-se a partir de granito e gnaisses. Seu relevo varia do forte ondulado e montanhoso no planalto Atlântico a plano e suavemente ondulado na depressão periférica.

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado e forte
erosão	ligeiro e moderado
excesso de água	nulo
falta de água	ligeiro
impedimento à motomecanização	nulo e ligeiro
geadas	nulo e ligeiro

- Uso: solo regular à agricultura. Parte da sua área não apresenta problemas de erosão e obstáculos para mecanização da lavoura. A fertilidade é média ou baixa, constituindo-se o mais grave problema. Quando os declives são mais acentuados, esse solo é mais apropriado para pastagens e reflorestamento. Nas áreas menos declivosas, espera-se que as correções e as adubações adequadas lhes confiram boas possibilidades para agricultura.

- **Solos de Campos de Jordão (LJ)** - essa unidade de mapeamento não é muito homogênea, mas, de um modo geral, é constituída de solos pouco profundos ou mesmo rasos, com horizonte A escuro, perfis permanentemente úmidos, podendo apresentar desidratação irreversível, de consistência muito dura quando secos. Ocorre em zonas elevadas do Estado, em altitudes superiores a 1.000 metros, com precipitações superiores a 1.500mm (Figura 13). Desenvolve-se a partir de granitos e gnaisses. Seu relevo é montanhoso.

Fator limitante	Grau
fertilidade	forte
erosão	moderado e forte
excesso de água	ligeiro
falta de água	nulo
impedimento à motomecanização	moderado e forte
geadas	moderado e forte

- Uso: solo não adequado à agricultura, pois geralmente apresenta graves problemas com respeito à fertilidade e erosão; também as possibilidades de mecanização da lavoura acham-se prejudicadas porque, na maior parte da área, o relevo é acentuado. Esse solo está localizado em regiões que oferecem o perigo das geadas, sendo mais apropriado para pastagens, reflorestamento e conservação da vegetação natural.

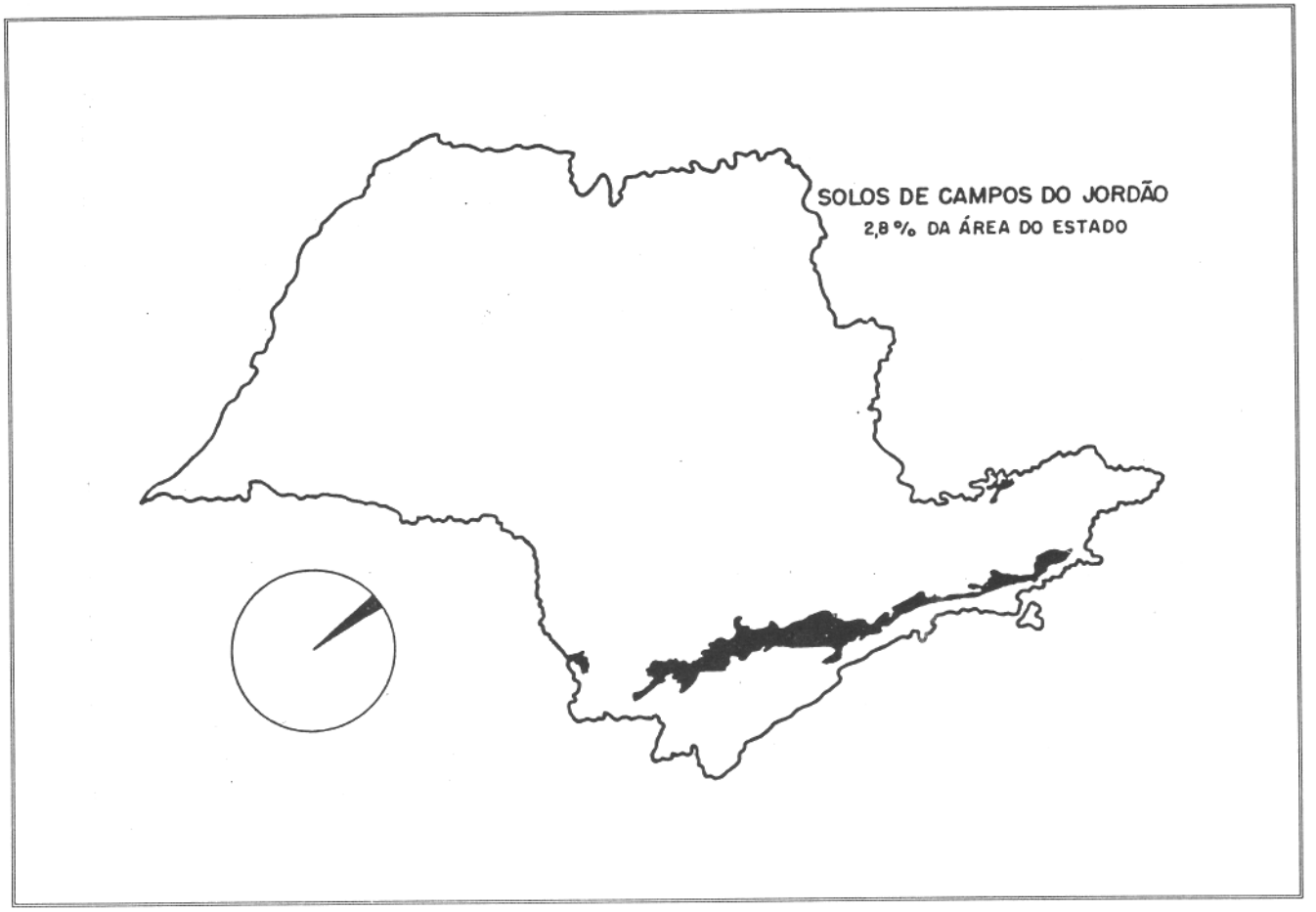


FIGURA 13 - Mapa esquemático mostrando a localização dos solos de Campos de Jordão no Estado de São Paulo, segundo a Comissão de Solos.
FONTE: Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica, 1960

• Solos Hidromórficos

Constituem uma subordem de solos intrazonais e têm como característica comum a grande influência do lençol freático condicionada, principalmente, pelo relevo, resultando acumulação de matéria orgânica ou fenômenos de redução ("gleização") que é relevada por cores acinzentadas e mosqueamentos. O processo de "gleização" consiste essencialmente nas alternativas de redução e oxidação do ferro. Dentro da subordem Hidromórficos, foram assinalados os seguintes grupos:

- Hidromórficos "Gleizados" (Hl) - essa unidade reúne solos minerais de várzeas, caracterizados pela saturação por água durante a maior parte do ano, resultando em acúmulo de matéria orgânica no horizonte superficial e "gleização" nos horizontes subjacentes. Esse solo desenvolve-se sobre sedimentos aluviais depositados ao longo dos rios, mas, na região do Litoral Sul, pode ser também de origem marinha. O perfil desse solo apresenta um horizonte A escuro, um horizonte Bg ("gleizado"), e um horizonte CG.

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado
erosão	nulo
excesso de água	forte
falta de água	nulo; ligeiro e moderado
impedimento à motomecanização	nulo(1)
geadas	nulo

- Uso: solo regular à agricultura. Apresenta o grave problema da má drenagem e risco de inundação, mas, uma vez adequadamente drenado, torna-se aproveitável, com restrições à fertilidade e ao uso de máquinas agrícolas.

- **Orgânico (O)** - solo hidromórfico caracterizado pela cor escura, com altos teores de matéria orgânica (mais de 20%, por peso, se a textura for arenosa, e mais de 30% se a textura for argilosa). Além disso, a espessura do depósito deve ser maior que 40cm. Forma-se em locais onde a decomposição da matéria orgânica é lenta, devido ao meio muito úmido. O relevo é plano ou abaciado, facilitando o acúmulo de água. Ocorre nos municípios de São José do Campos, Moji das Cruzes e em outros locais, associados aos solos hidromórficos minerais.

Fator limitante	Grau
fertilidade	ligeiro e moderado
erosão	nulo
excesso de água	forte
falta de água	nulo e ligeiro
impedimento à motomecanização	nulo(2)
geadas	nulo e ligeiro

- Uso: solo regular para a agricultura, pois apresenta o grave problema do excesso de água, mas, uma vez adequadamente drenado, torna-se aproveitável, apresentando, algumas vezes, restrições quanto à fertilidade e ao uso de máquinas agrícolas. Em geral, dentre os solos do Estado de São Paulo, é o mais apropriado para a horticultura.

- **Podzol Hidromórfico (PH)** - é encontrado ao longo do litoral paulista, principalmente no município de Cananéia. O material de origem são sedimentos marinhos. Sua textura é arenosa ao longo do perfil, apresenta suborizonte E e horizonte B com acúmulo de húmus e sesquióxidos, subdivididos em Bh e Bir.

Fator limitante	Grau
fertilidade	forte
erosão	nulo
excesso de água	moderado e forte
falta de água	nulo; ligeiro e moderado
impedimento à motomecanização	nulo
geadas	nulo

- Uso: solo não adequado à agricultura. Apresenta graves problemas de fertilidade e excesso de água, e mesmo que os outros fatores limitantes não sejam de importância, esse solo, no manejo atual, não se

---

(1) O relevo plano e a ausência de pedras permitem o uso de todos os tipos de máquinas agrícolas, porém a textura, quando argilosa, e o encharcamento ocasionado pela má drenagem do solo apresentam dificuldades para o uso de algumas dessas máquinas.

(2) O relevo e a ausência de "pedregosidade"permitem o uso de todos os tipos de máquinas agrícolas, porém a textura e a drenagem do solo apresentam dificuldades para o uso de algumas dessas máquinas.

adapta a nenhum tipo de exploração a não ser a extrativa (areia); por conseguinte, é mais apropriado para conservação da vegetação natural ou talvez reflorestamento.

• **Solos Pouco Desenvolvidos**

São solos azonais que apresentam como principal característica o pequeno desenvolvimento do perfil. A seqüência de horizontes é A-C ou A-R, não apresentando normalmente o B; quando este aparece, é incipiente, com menos de 10cm de espessura, ou, se a espessura for maior, tem menos de 15% de argila. Nesse agrupamento, estão incluídos três grandes grupos e um subgrupo.

- **Aluvial (A)** - solo constituído por materiais não consolidados, de deposição recente, formando camadas estratificadas, mas sem relação genética entre si. Não existe diferenciação de horizontes, a não ser um A1 em formação. O solo aluvial é geralmente profundo, de origem fluvial, de grande potencialidade agrícola, e ocorre em área de relevo plano ou quase plano, em geral fundos de vales ou terraços de rios. Geralmente, ocorre associado aos Solos Hidromórficos.

Fator limitante	Grau
fertilidade	ligeiro e moderado
erosão	nulo
excesso de água	nulo; ligeiro e moderado
falta de água	nulo; ligeiro e moderado
impedimento à motomecanização	nulo
geadas	nulo e ligeiro

- Uso: solo bom ou regular para a agricultura. Algumas vezes apresenta problemas de inundações, mas, quando adequadamente protegido e drenado, torna-se aproveitável. Em geral, não oferece dificuldades para a mecanização da lavoura. É, portanto, solo que se adapta bem às explorações agrícolas.

- **Litossolo** - essa unidade taxonômica é constituída por solos rasos, com seqüência A-R. O fator tempo, coadjuvado com o relevo excessivo, destaca-se sobre os demais fatores de formação do solo. De acordo com a natureza do substrato rochoso, os Litossolos foram divididos em cinco fases:

a) Litossolo-fase substrato basalto (Li-b) - essa unidade de mapeamento caracteriza-se por apresentar solos pouco desenvolvidos, com a espessura em torno de 35cm, que é o horizonte A, assentado sobre a camada R, constituída por basalto em decomposição. Às vezes, nota-se a presença de um B incipiente, com menos de 10cm de espessura e com cerosidade abundante. É solo muito fértil, porém pouco cultivado por ser raso e ocupar relevo acidentado.

Fator limitante	Grau
fertilidade	ligeiro
erosão	forte
excesso de água	nulo
falta de água	ligeiro
impedimento à motomecanização	moderado
geadas	ligeiro

- Uso: solo não adequado à agricultura. Embora tenha fertilidade natural alta, é muito suscetível à erosão e também apresenta problemas para a mecanização da lavoura.

b) Litossolo-fase substrato granito-gnaisse (Li-gr) - solo pouco desenvolvido com espessura em torno de 40cm. O horizonte A assenta-se diretamente sobre a camada R, constituída por granito e gnaisses. Ocupa as posições mais altas de um relevo montanhoso, nas serras do Mar e da Mantiqueira.

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado
erosão	muito forte
excesso de água	nulo
falta de água	nulo e ligeiro
impedimento à motomecanização	forte
geadas	nulo, ligeiro e moderado

- Uso: solo não adequado à agricultura, adaptando-se melhor à conservação da vegetação natural, já que o relevo acentuado que o afeta e sua espessura expõem-no ao perigo de ser erodido completa e rapidamente, uma vez desprotegido.

c) Litossolo-fase substrato filito-xisto (Li-fi) - sua espessura varia em torno de 50cm, sendo A1 ao redor de 20cm, e B/C podendo atingir até 50cm de profundidade. A camada R é constituída por filito e às vezes micaxistos. O relevo é montanhoso, e a maior parte da área dessa unidade localiza-se nas serras do Mar e da Mantiqueira.

Fator limitante	Grau
fertilidade	moderado
erosão	forte
excesso de água	ligeiro
falta de água	nulo e ligeiro
impedimento à motomecanização	forte
geadas	nulo e ligeiro

- Uso: solo não adequado para agricultura, pois apresenta graves problemas de erosão (uma vez privado do revestimento vegetal) e de mecanização da lavoura, embora a fertilidade seja moderada. É solo que melhor se adapta a pastagens, reflorestamento e conservação natural.

d) Litossolo-fase substrato arenito calcário (Li-ac) - essa unidade apresenta um horizonte A com espessura em torno de 50cm, podendo apresentar-se subdividida em A1 e AE. Pode ocorrer um horizonte B de pequena espessura e pouco desenvolvido, transição para Solos Podzolizados de Lins e Marília. Apresenta saturação de bases alta. Ocorre nas proximidades do Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Laras, ou então associado aos Solos Podzolizados de Lins e Marília.

Fator limitante	Grau
fertilidade	ligeiro
erosão	moderado e forte
excesso de água	ligeiro
falta de água	moderado
impedimento à motomecanização	moderado
geadas	ligeiro

- Uso: é solo regular para agricultura, pois apresenta problemas para mecanização da lavoura, sendo muito suscetível à erosão. Sua alta fertilidade natural, entretanto, faz com que seja aproveitado em explorações agrícolas.

e) Litossolo-fase substrato folheto argilito (Li-ag) - solo muito raso, imperfeitamente drenado. Ocupa a parte mais alta das áreas ocupadas pelos Hidromórficos e o Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Piracicaba, ou encontra-se nas proximidades do Latossolo Vermelho-Escuro orto e do Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Laras, quando o relevo torna-se mais acidentado.

Fator limitante	Grau
fertilidade	ligeiro e moderado
erosão	moderado
excesso de água	ligeiro
falta de água	moderado
impedimento à motomecanização	moderado
geadas	ligeiro

- Uso: é solo regular para a agricultura, pois apresenta problemas para a mecanização da lavoura, sendo suscetível à erosão, mas a sua fertilidade alta ou moderada faz com que seja aproveitado em explorações agrícolas.

- Regossolo (R) - caracteriza-se por ser um solo profundo, muito friável, acentuadamente drenado, com textura arenosa em todo o perfil. A separação dos horizontes é feita mais pela cor, sendo o horizonte A mais escuro, devido à matéria orgânica. O relevo é plano ou suavemente ondulado. É originado de arenitos, principalmente Botucatu e Pirambóia, e, em poucos casos, talvez o arenito de Bauru. Em levantamentos pedológicos mais recentes que os da Comissão de Solos (1960), foi denominado Areias Quartzosas.

Fator limitante	Grau
fertilidade	forte
erosão	ligeiro moderado e forte
excesso de água	nulo
falta de água	forte
impedimento à motomecanização	nulo
geadas	ligeiro

- Uso: solo não adequado para a agricultura. Apresenta graves problemas com respeito à fertilidade, além de ser algumas vezes facilmente erodido e não ter condições favoráveis de retenção de água. É por isso mais apropriado ao reflorestamento e à conservação da vegetação natural.

- Regossolo "intergrade" para Podzólico Vermelho-Amarelo e Regossolo "intergrade" para Latossolo Vermelho-Amarelo (RPV-RLV) - regossolo com início de podzolização ou latossolização, mas que não chega a definir um B textural ou um B latossólico por não conter argila suficiente. A separação dos horizontes baseia-se mais na cor.

Fator limitante	Grau
fertilidade	forte e moderado
erosão	ligeiro; moderado e forte
excesso de água	nulo
falta de água	forte e moderado
impedimento à motomecanização	nulo
geadas	ligeiro

- Uso: solo não adequado à agricultura, já que pode apresentar graves problemas com respeito à fertilidade, sendo algumas vezes muito suscetível à erosão. Não apresenta dificuldades para a mecanização. Dependendo das condições locais, pode ser usado em lavouras, mas de forma geral é mais apropriado para pastagens e reflorestamento.

• **Associações de solos**

Para algumas áreas do Estado, adotou-se como unidade de mapeamento a associação dos solos já descritos. Não foram separados por diversas razões, como: dificuldade de acesso; falta de detalhes nos mapas-base utilizados; áreas muito pequenas; etc. Assim, apareceram as seguintes associações:

a) LV + Li.gr - Latossolo Vermelho-Amarelo orto e Litossolo-fase substrato granito gnaisses
b) LJ + Li.gr - Solos de Campos de Jordão e Litossolo-fase substrato granito gnaisses
c) PV + Li.gr - Podzólico Vermelho-Amarelo orto e Litossolo-fase substrato granito gnaisses
d) Li.gr + Li.fi - Litossolo-fase substrato granito gnaisses e Litossolo-fase substrato filito xisto
e) PH + HI - Podzol Hidromórfico e Solos Hidromórficos
f) M + Li.gr - Mediterrânico Vermelho-Amarelo e Litossolo-fase granito gnaisses
g) HI + PVL - Solos Hidromórficos e Podzólico Vermelho-Amarelo "intergrade" para Latossolo Vermelho-Amarelo
h) HI + PV - Solos Hidromórficos e Podzólico Vermelho-Amarelo orto
i) PH + R - Podzol Hidromórfico e Regossolo

6.2 Apreciações gerais sobre as características dos solos limitantes ao uso agrícola

Segundo o levantamento da Comissão de Solos (SERVIÇO NACIONAL...1960), ocorrem, no Estado de São Paulo, 30 (trinta) unidades de solo, cada uma com suas características e propriedades que vão determinar os diferentes comportamentos quanto ao desgaste e empobrecimento, quando cultivadas. (Quadro 2 e Figuras 6 a13).

Numa rápida análise dos solos do Estado, conclui-se que podem existir sérias limitações à agricultura, que serão resumidas da seguinte forma:

• Excesso de água

Ocorre nos Solos Hidromórficos que cobrem uma área de 6.259 km^2, correspondendo a 2,2% da área do Estado.

Esses solos só poderão ser cultivados com a prática da drenagem e, em alguns casos, proteção contra inundações.

• Baixo nível da fertilidade

Problemas de fertilidade ocorrem com maior intensidade nas unidades PVls, LEa, LVa, LVr, LVt, LJ, R e RPV-RLV, que somam uma área de 96.581 km^2 e 39,1% da área do Estado. Essas unidades, quando cultivadas, exigem o uso intenso de fertilizantes e corretivos, assim como um manejo diferenciado para controlar a erosão, manter e melhorar o teor de matéria orgânica.

• Alta suscetibilidade à erosão

Todos os solos com B textural, com exceção da Terra Roxa Estruturada, assim como os Litossolos, apresentam problemas de erosão, devido às baixas taxas de infiltração e ao relevo movimentado que ocorrem. Já os Latossolos arenosos e também os Regossolos são altamente suscetíveis à erosão, devido à textura arenosa e aos relevos suaves, porém de longos comprimentos de rampa. Essas unidades, devido às suas características, aliadas ao clima dominante no Estado, tornam 143.934 km^2 ou 60,2% da nossa área territorial altamente suscetíveis à erosão quando cultivadas.

- Pequena profundidade

Os Litossolos ou Solos Litólicos que ocorrem em 2.169 km, cobrindo 0,9% da área do Estado, por serem solos rasos apresentam limitação de cultivo quanto à profundidade efetiva.

QUADRO 2 - Agrupamento dos solos do Estado de São Paulo em ordem, subordem e grande grupo e área ocupada por cada grupo.

Ordem	Subordem	Unidade de mapeamento	área em km^2	Abreviatura	%
ZONAL	Solos com B Textural	Podzólico Vermelho-Amarelo orto	6.419	PV	2,6
		Podzólico Vermelho-Amarelo,variação Piracicaba	1.374	PVp	0,5
		Podzólico Vermelho-Amarelo; variação Laras	8.513	PVls	3,5
		Podzólico Vermelho-Amarelo "intergrade" para Latossolo Vermelho-Amarelo	2.240	PVL	0,9
		Solos Podzolizados com Cascalho	5.337	Pc	2,2
		Solos Podzolizados de Lins e Marília; variação Lins	26.529	Pln	11,9
		Solos Podzolizados de Lins e Marília; variação Marília	20.752	Pml	8,7
		Mediterrânico Vermelho-Amarelo	109	M	0,04
		Terra Roxa Estruturada	2.643	TE	1,1
	Solos com B Latossólico	Latossolo Roxo	34.932	LR	14,7
		Latossolo Vermelho-Escuro-orto	10.724	LE	4,4
		Latossolo Vermelho-Escuro-fase arenosa	47.841	LEa	19,7
		Latossolo Vermelho-Amarelo-orto	8.410	LV	3,4
		Latossolo Vermelho-Amarelo-fase rasa	9.003	LVr	3,7
		Latossolo Vermelho-Amarelo-fase arenosa	12.159	LVa	4,9
		Latossolo Vermelho-Amarelo-fase terraço	1.693	LVt	0,7
		Latossolo Vermelho-Amarelo-"intergrade" para Podzólico Vermelho-Amarelo	2.187	LVP	0,9
		Latossolo Vermelho-Amarelo-Húmico	238	LH	0,1
		Solos de Campos de Jordão	6.809	LJ	2,8
INTRAZONAL	Hidromórficos	Solos Hidromórficos Gleizados (Reunindo os: Podzol, Hidromórfico,Solos Orgânicos)	6.259	HI, PH, O	2,2
AZONAL	Solos pouco desenvolvidos	Solos Aluviais	814	A	0,3
		Litossolo-fase substrato-basaltito	186	Li-b	-
		Litossolo-fase substrato-granito-gnaisse	259	Li-gr	-
		Litossolo-fase substrato-filito-xisto	26	Li-fi	1,28
		Litossolo-fase substrato-arenito calcário	582	Li-ac	-
		Litossolo-fase substrato-argilito	1.105	Li-gr	-
		Regossolo	2.063	R	0,9
		Regossolo "intergrade" para Podzólico Vermelho-Amarelo e Regossolo "intergrade" para Latossolo Vermelho-Amarelo	8.547	RPV RLV	3,5
		Associação de solos	13.558	-	5,5

Em diversas áreas, há ocorrência de mais de uma característica desfavorável, limitando de forma intensa e até impedindo que algumas explorações agrícolas sejam economicamente viáveis. Solos com essas limitações atingem 5.826.300ha, representando 23% da área do Estado.

Concluindo, podemos afirmar, no que se refere ao solo, que o Estado de São Paulo possui grande potencial para a produção agropecuária desde que, em suas áreas cultivadas, sejam aplicadas técnicas conservacionistas intensas. Na maioria dos casos, devido às características de solo e condições climáticas, devem ser adotadas práticas mecânicas, vegetativas, edáficas, em conjunto, para manter e melhorar o potencial produtivo do solo.

6.3 Classificação de solos nos atuais levantamentos pedológicos

Não existe propriamente um atual "Sistema Brasileiro de Classificação de Solos" plenamente estabelecido. No entanto, os mapas pedológicos que vêm sendo publicados no Brasil empregam em suas legendas um sistema taxonômico próprio, definido por um órgão Oficial Federal: o Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo da EMBRAPA (antiga Comissão de Solos), vinculado ao Ministério da Agricultura.

Comumente, mapas pedológicos recém-publicados no Brasil incorporam em suas legendas novidades em nomenclatura das classes taxonômicas. Isso porque o sistema brasileiro de classificação ainda está em fase inicial de desenvolvimento, comportando, freqüentemente, mudanças. O Podzolizado de Lins e Marília, variação Marília (Serviço Nacional...1960), nos mapas mais recentes, editados pelo IAC, EMBRAPA e Projeto Radambrasil, é denominado de Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico A, moderado, textura arenosa/média, abrúptico, fase relevo ondulado (Figura 14).

Comparando-se essas duas denominações, aplicadas em épocas diferentes ao mesmo solo, nota-se, na de 1960, uma nomenclatura mais abreviada (somente seis palavras) e denominações regionais (Lins e Marília). Nas legendas atuais, eliminaram-se tais denominações para efeito de maior compreensão em todo o território brasileiro. A nomenclatura é mais longa por compreender uma série de termos que descrevem as características mais importantes dessa classe de Podzólicos Vermelho-Amarelos. Tem-se então:

- Tb - aparece logo após a principal denominação da classe; indica presença de argila com baixa atividade (ou capacidade de troca de cátions - T, baixa);

- eutrófico(1) - indica alta saturação por bases (V%), ou seja, o valor de V é maior que 50% na maior parte do horizonte B. Nesses casos, o pH (em água) está normalmente acima de 5,6 e, portanto, se não houver fatores limitantes ligados à física do solo, essa terra deve ser naturalmente bastante produtiva, principalmente pelo bom suprimento de bases e/ou por não ter problemas de toxicidade de alumínio abaixo da camada arável;

- A moderado - indica o tipo de horizonte superficial no que diz respeito à espessura, à cor e ao conteúdo da matéria orgânica;

- textura arenosa/média - indica, respectivamente, a textura do horizonte A e do B

- abrúptico(2) - indica que existe uma mudança textural abrupta entre os horizontes A e E, ou seja, um acentuado aumento de argila em distância vertical de menos de 7,5cm entre ambos;

---

(1) Na legenda do mapa de 1960, foi usada a nomeclatura "Podzolizados" para distinguir unidades taxonômicas, que incluíam Podzólicos Eutróficos, das demais, que não os incluíam. Segundo conceituação vigente na época, os Podzólicos Vermelho-Amarelos eram de baixa saturação de bases.
(2) Termo incorreto, não constando dos dicionários. Contudo, tem sido empregado em muitas legendas de mapas. O correto é abrupto.

- fase relevo ondulado - indica dominância de superfície com topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros com declives entre 8 e 20%.

Nota-se que, com esse sistema de nomenclatura, é possível obter uma série de informações importantes acerca do solo em questão, somente a partir da leitura da legenda do mapa pedológico, mesmo sem a consulta ao respectivo texto do boletim.

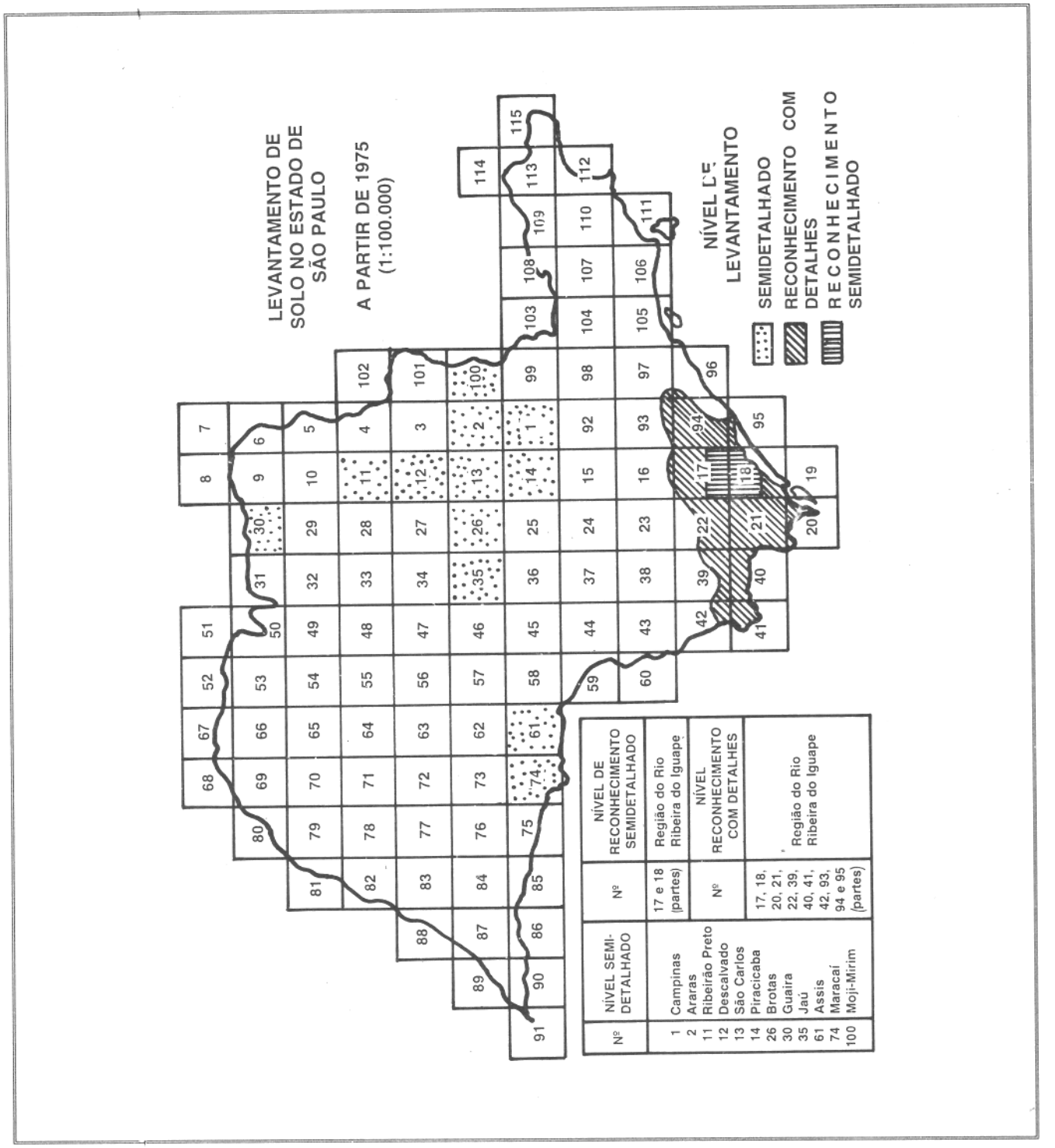


FIGURA 14 - Levantamentos pedológicos mais recentes efetuados ou em execução pelo Instituto Agronômico. (Situação em dezembro de 1990).

Os Quadros 3, 4 e 5 apresentam a correspondência das unidades identificadas no Levantamento de Reconhecimento (SERVIÇO NACIONAL...1960) com as predominantes (nas suas respectivas áreas de maior ocorrência), segundo legenda de levantamentos pedológicos mais recentes. Nesses Quadros, nota-se que várias unidades, antes identificadas como unidades de mapeamento simples (somente uma classe taxonômica), correspondem agora a mais de uma unidade taxonômica, principalmente devido ao maior detalhamento dos mapas e às mudanças de conceitos nas unidades desde aquela época até o presente.

QUADRO 3 - Correspondência predominante das unidades dos solos com B textural, identificadas em São Paulo pela antiga Comissão de Solos[1] com as classificações que vêm sendo utilizadas em levantamentos pedológicos mais recentes (1980-1986). (Segundo LEPSCH & OLIVEIRA, 1987).

Classificação de Solos segundo Comissão de Solos[1]		Correspondência predominante na classificação atual
PV	Podzólico Vermelho-Amarelo, orto	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Distrófico ou Álico (alguns Eutróficos) ou Podzólico Vermelho-Escuro Eutrófico (ou Distrófico), ambos A moderado, textura média/argilosa (ou simplesmente argilosa), fase relevo forte ondulado, ondulado ou montanhoso.
PVp	Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Piracicaba	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Álico (alguns Eutróficos) ou Podzólico Vermelho-Escuro Tb Eutrófico ou Distrófico, ambos A moderado textura argilosa/muito argilosa (ou simplesmente argilosa), fase relevo ondulado.
PVls	Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Laras	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb (ou Ta) Álico (alguns Distróficos), (abruptos ou não), A moderado textura arenosa/média, fase relevo ondulado.
PVL	Podzólico Vermelho-Amarelo, "intergrade" para Latosol Vermelho-Amarelo	Podzólico Vermelho-Amarelo Latossólico Álico, textura argilosa/muito argilosa, fase relevo, forte ondulado ou montanhoso.
Pc	Solos Podzolizados com cascalho	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico (alguns Distróficos) textura média cascalhenta/argilosa com cascalho, fase pedregosa e/ou rochosa, relevo montanhoso ou forte ondulado.
Pln	Podzolizado de Lins e Marília variação Lins	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico (alguns Distróficos) textura arenosa/média, fase relevo suave ondulado (ou ondulado).
Pml	Podzolizado de Lins e Marília variação Marília	Podzólico Vermelho-Amarelo Tb Eutrófico textura arenosa/média, abrupto, fase relevo ondulado (ou forte ondulado).
M	Mediterrânico Vermelho-Amarelo	Brunizém Avermelhado ou Podzólico Vermelho-Escuro Tb Eutrófico, A moderado ambos, textura argilosa, fase relevo ondulado e forte ondulado.
TE	Terra Roxa Estruturada	Terra Roxa Estruturada Eutrófica, A moderado (alguns chernozêmicos), textura argilosa ou muito argilosa, fase relevo ondulado.

[1] *SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS (1960)*

QUADRO 4 - Correspondência predominante das unidades de solos com B latossólico identificados em São Paulo pela antiga Comissão de Solos com as classificações que vêm sendo utilizadas em levantamentos pedológicos mais recentes (1980-1986). (Segundo LEPSCH & OLIVEIRA, 1987).

Classificação de Solos segundo Comissão de Solos[1]		Correspondência predominante na classificação atual
LR	Latosol Roxo[2]	Latossolo Roxo Distrófico (ou Eutrófico), A moderado textura argilosa (ou muito argilosa), fase relevo suave ondulado.
LE	Latosol Vermelho-Escuro orto	Latossolo Vermelho-Escuro Álico (ou Distrófico), A moderado textura argilosa (ou muito argilosa), fase relevo suave ondulado.
LEa	Latosol Vermelho-Escuro, fase arenosa	Latossolo Vermelho Escuro Distrófico (ou Álico), A moderado textura média, fase relevo suave ondulado.
LV	Latosol Vermelho- Amarelo orto	Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (ou Distrófico), A moderado (alguns proeminentes) textura argilosa (ou muito argilosa), fase relevo ondulado, forte ondulado ou montanhoso.
LVr	Latosol Vermelho-Amarelo, fase rasa	Latossolo Vermelho-Amarelo Álico pouco profundo ou Latossolo Vermelho-Amarelo Câmbico Álico ou Cambissolo Latossólico Álico,todos textura argilosa, A moderado (ou proeminente), fase relevo forte ondulado (ou montanhoso).
LVt	Latosol Vermelho-Amarelo, fase terraço	Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo, ambos Álicos, A moderado (alguns com A proeminente), textura argilosa (alguns textura média), fase relevo suave ondulado.
LVa	Latosol Vermelho-Amarelo, fase arenosa	Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (ou Distrófico), A moderado (alguns proeminentes), textura média, fase relevo suave ondulado.
LVP	Latosol Vermelho-Amarelo "intergrade" para Podzólico Vermelho-Amarelo	Latossolo Vermelho-Amarelo Podzólico Álico, A moderado, textura argilosa, fase relevo forte ondulado e montanhoso.
LH	Latosol Vermelho-Amarelo Húmico	Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico, textura argilosa, fase relevo forte ondulado ou suave ondulado.
LJ	Solos de Campos do Jordão[3]	Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, A proeminente (ou moderado) ou Latossolo Vermelho-Amarelo Câmbico ou Cambissolo Distrófico ou Álico, todos textura argilosa, fase relevo montanhoso.

[1] *SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS (1960)*

[2] *Impropriamente qualificado, no Boletim 12 (1960), de Terra Roxa Legítima*

[3] *Conjunto de solos ou grupamento indiscriminado*

QUADRO 5 - Correspondência predominante das unidades de solos hidromórficos (HI, PH e O) e solos pouco desenvolvidos (Li, R, RPV-RLV) identificadas pela antiga Comissão de Solos com as classificações que vêm sendo utilizadas em levantamentos pedológicos mais recentes (Segundo LEPSCH & OLIVEIRA, 1987).

Classificação de solos segundo Comissão de Solos [1]		Correspondência predominante na classificação atual
HI	Solos Hidromórficos (agrupamento de solos "Gley")	Solo Hidromórfico Gleizado indiscriminado (Glei Húmico ou Glei Pouco Húmico) Tb (alguns Ta) Álico (alguns Distróficos), textura argilosa (alguns textura média), todos fase relevo plano.
PH	Podzol Hidromórfico[2]	Podzol e Podzol Hidromórfico, A moderado, proeminente ou turfoso, fase relevo plano (inclui Parapodzol e Areia Quartzosa Marinha).
O	Solos Orgânicos	Solos Orgânicos Álicos ou Solos Orgânicos Tiomórficos (ou Endotiomórficos), fase relevo plano.
A	Solos Aluviais	Cambissolo Tb Eutrófico (ou Distrófico) A moderado textura argilosa substrato sedimentos aluviais e Solo Aluvial Eutrófico, A moderado, textura argilosa (ou média), ambos relevo plano.
Li	Litosol (diversas fases)[3]	Solos Litólicos e Cambissolo raso de diversos substratos, textura e saturação por bases, a maior parte fase pedregosa e rochosa, relevo montanhoso (ou escarpado).
R	Regosol	Areias Quartzosas Álicas A moderado ou fraco, fase relevo suave ondulado (inclui alguma Areia Quartzosa Marinha), A moderado (ou fraco), fase relevo plano.
RPV RLV	Regosol "intergrade" para Lotosol Vermelho-Amarelo e "intergrade" para Podzólico Vermelho-Amarelo [4]	Areias Quartzosas Podzólicas e Areia Quartzosa Latossólica, ambas Distróficas ou Álicas, A moderado, fase relevo suave ondulado.

[1] *SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS (1960)*

[2] *Inclui Podzol não-Hidromórfico*

[3] *Fases: substrato basáltico, granito-gnaisse, filito-xisto, arenito calcário e folhelho-argilito*

[4] *Grupamento indiscriminado*

No novo sistema de classificação de solos que vem sendo empregado recentemente, determinada classe de solos recebe uma denominação taxonômica que normalmente obedece à seguinte ordenação:

a) Nome principal da classe de acordo com sistema morfogenético de classificação: a identificação dessas classes baseia-se, primordialmente, no tipo dos chamados horizontes diagnósticos que o perfil do solo apresenta.

Os horizontes diagnósticos são seções do perfil do solo com um determinado conjunto de características, em função de um sistema de classificação do solo; essas seções são baseadas na ação combinada dos fatores de formação do solo, os quais podem compreender um ou mais dos horizontes pedogenéticos. Usar o conjunto das características desses horizontes para classificar o solo é mais lógico que usar unicamente uma análise química ou inferências, muitas vezes hipotéticas, sobre um ou mais fatores de formação do solo, como nas classificações mais antigas.

Os principais horizontes diagnósticos de superfície já descritos nos solos paulistas são o horizonte A fraco, A moderado, A proeminente, A húmico, A chernozêmico e horizonte turfoso. Os de subsuperfície são B latossólico, B textural, B incipiente, B espódico (ou B podzol), horizonte plíntico e horizonte glei.

Um breve apanhado sobre as principais características desses horizontes diagnósticos está nos Quadros 6 e 7. Os nomes e conceituações das principais classes estão no Quadro 8.

QUADRO 6 - Principais horizontes diagnósticos de superfície, resumo de suas características, solos onde ocorrem em São Paulo e alguns processos.

Horizonte	Característica	Solos e Processos
A chernozêmico	Horizonte espesso, escuro, rico em matéria orgânica, com alta saturação por bases e macio quando seco.	Vários solos, principalmente os originados em superfícies geomórficas recentes sobre rochas básicas ou calcário em climas com prolongada estação seca.
A proeminente	Semelhante ao A chernozêmico com exceção da saturação por bases que é baixa. Ácido. Atinge às vezes mais de 1m de espessura, quando pode ser denominado A húmico.	Em muitos latossolos e podzólicos de elevadas altitudes em situação de topo quase plano ou no sopé das elevações; é comum também em solos hidromórficos.
A moderado	Horizonte moderadamente espesso com teores médios de matéria orgânica.	É o mais comum nos solos brasileiros.
A fraco	Teores muito baixos de matéria orgânica, cores claras e pouco desenvolvimento de estrutura.	Característico de solos de regiões semi-áridas e de algumas areias quartzosas, em geral.
Turfoso	Horizonte essencialmente orgânico de coloração escura.	Nos solos orgânicos em alguns Gleis Húmicos e em solos de algumas regiões muito elevadas. Formado em decorrência de acúmulo de resíduos vegetais em condições de excesso de água.

FONTE: Adaptado de RESENDE, 1982

b) Atividade de argila: refere-se à capacidade de troca de cátions (valor T) da fração argila do horizonte B, indicada pelas denominações Ta ou Tb, oposta ao nome principal da classe morfogenética, quando na própria definição desta classe esta característica não estiver incluída. Ta indica os solos de argila de atividade alta[3] e Tb os com argila de atividade baixa. No caso do Latossolo e do Brunizém, esta simbologia não é empregada porque está subentendida, uma vez que, por definição, todos os latossolos são Tb e todos os brunizéns, Ta.

c) Saturação de bases (valor V) ou por alumínio (valor m): refere-se ao caráter trófico, relativo à porcentagem de saturação por bases e/ou por alumínio, principalmente do horizonte B[4]. Três classes de caráter são utilizadas, a saber:

- eutrófico (e): quando o solo tem saturação por bases igual ou superior a 50% (geralmente com valores de pH em água superiores a 5,6). Algumas vezes, as denominações epieutrófico e endoeutrófico são usadas quando o eutrofismo se manifesta somente no horizonte A ou B, respectivamente.

- distrófico (d): quando tanto a saturação por bases quanto a saturação por alumínio (valor m) do solo são inferiores a 50% (geralmente pH em água entre 5,0 e 5,6). A denominação epidistrófico pode ser usada quando esta característica se manifesta somente na parte superior do perfil.

- álico (a): quando a saturação por bases do solo é inferior a 50% e a saturação por alumínio (m) é igual ou superior a 50% (geralmente pH em água menor que 5,0). As denominações epiálico e endoálico podem ser usadas quando estas características se manifestam somente no horizonte A e B, respectivamente.

d) Textura dos horizontes: a textura, ou granulometria, representa as proporções relativas das frações cascalhos, areia, silte e argila do solo. É empregada uma ou duas das cinco classes texturais simplificadas,

(3) Valor T alto (Ta) significa T igual ou maior que 24 meq/100 g de argila, após descontar-se a contribuição da capacidade de troca advinda da matéria orgânica.

(4) A saturação por alumínio (m) mede o grau de extensão na qual a capacidade de retenção de cátions do solo (também chamada capacidade de troca a pH do solo ou CTC efetiva) está preenchida com o alumínio trocável. Ela é calculada pela expressão: m=100 [Al / (Al + S)], onde (Al+S) é a capacidade de retenção de cátions do solo.

que qualificam a composição granulométrica do solo, conforme diagrama triangular (Figura 15). Para o caso da maior parte dos solos com B textural, usa-se o sistema binário para indicar tanto a textura do horizonte A como a do B. No caso de os solos não possuírem gradiente textural apreciável (caso mais comum[5] nos latossolos e cambissolos), é suficiente a identificação de somente uma classe textural.

QUADRO 7 - Resumo das características dos principais horizontes diagnósticos de subsuperfície e solos onde ocorrem em São Paulo.

Horizonte	Características	Solos e Processos
B textural	Estrutura em blocos envolvidos por películas de argila (cerosidade). Mais argila que o A suprajacente. Ainda pode possuir algum mineral primário facilmente intemperizável.	No Podzólico, Terra Roxa Estruturada, Planossolo, Brunizém Avermelhado. Originado pela translocação de argila do A para o B.
B latossólico	Geralmente tem estrutura granular muito pequena com aspecto "maciço poroso", profundo, muito intemperizado. Virtual ausência de iluviação. Argila tipo 1:1 e óxidos de ferro e/ou alumínio.	No Latossolo. Originado pela remoção de sílica e bases e acumulação relativa de sesquióxidos, sendo inexpressiva a translocação de argila do A para o B.
B espódico ou B podzol	Rico em matéria orgânica e/ou óxido de ferro e alumínio, iluviais, pobre em argilas. Pode ser endurecido. É ácido.	Só presente no Podzol. Originado pela translocação de matéria orgânica e/ou sesquióxido do horizonte A. Podzolização stricto sensu.
B incipiente	Estrutura variável - blocos, prismas ou com aspecto "maciço poroso" - geralmente pouco espesso com minerais primários facilmente intemperizáveis e/ou muito silte e virtual ausência de iluviação.	No Cambissolo. Ainda não houve atuação marcante de nenhum processo, apenas liberação de Fe e Al dos cristais dos minerais, fragmentação da rocha e formação de estrutura pedológica.
Plíntico	Apresenta um arranjamento de cores vermelhas, característico da plintita, em matriz acinzentada formando padrão reticulado, poligonal ou laminar. A plintita está em quantidades iguais ou superiores a 25% em uma camada de pelo menos 15cm de espessura.	No Plintossolo e solos plínticos. Forma-se em terrenos com lençol freático elevado ou restrição temporária à percolação de água, na zona de oscilação da água devido a ciclos alternados de redução e precipitação do ferro que forma a plintita.
Glei	Horizonte cinzento com ou sem mosqueado, encontrado em áreas permanente ou intermitentemente encharcadas.	Nos solos hidromórficos gleizados, onde houve redução de ferro.

FONTE: Adaptado de RESENDE, 1982

(5) No mapa da Comissão de Solos (SERVIÇO NACIONAL...1960), os Latossolos de textura média receberam a denominação "fase arenosa" e a maior parte dos argilosos, "orto" (Quadro2).

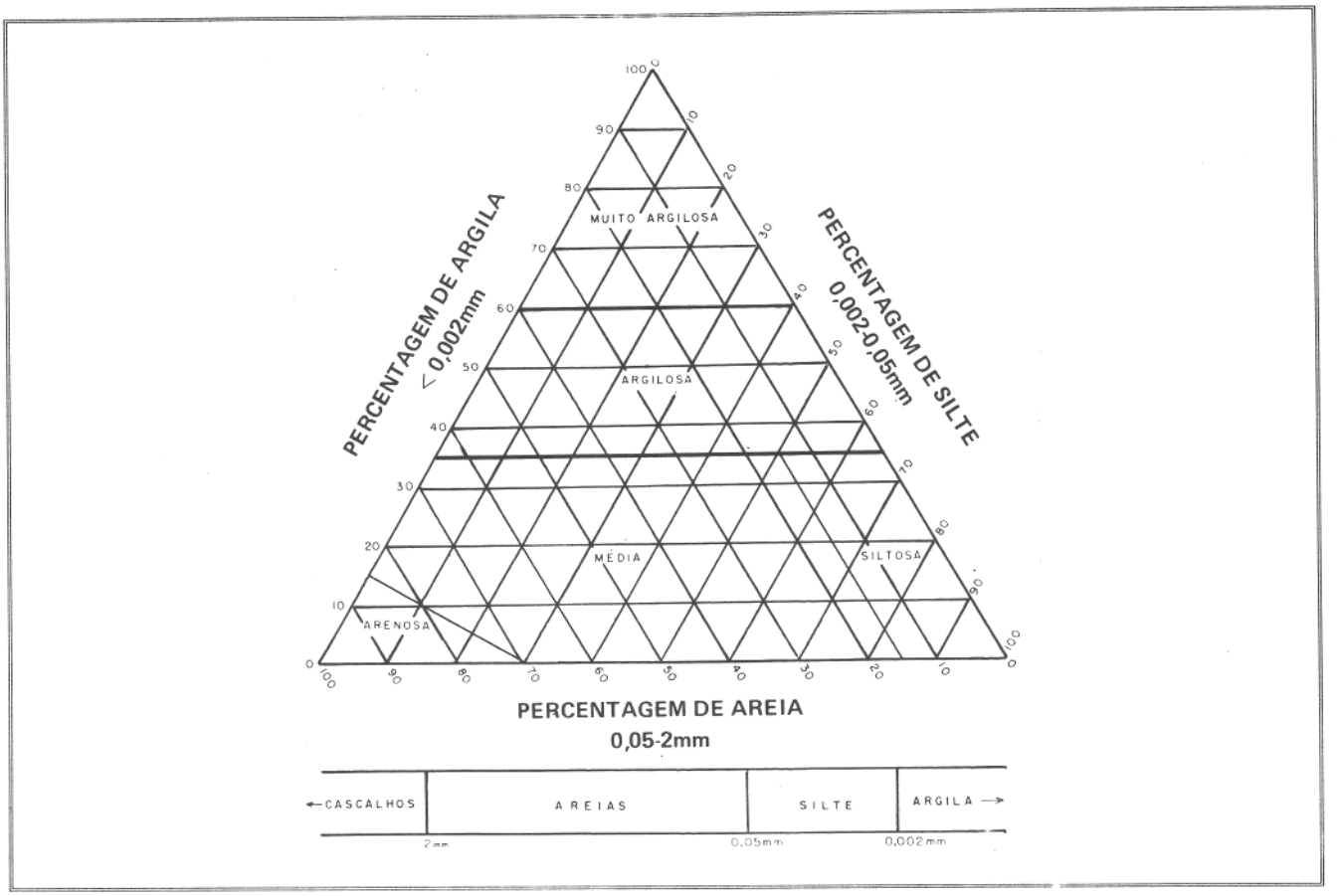


FIGURA 15 - Diagrama de grupamento das classes de textura do solo.
FONTE: EMBRAPA, 1979

e) Outras características:

- Mudança textural abrupta: usa-se o termo abrupto quando há um grande aumento de argila dentro de uma pequena distância vertical na zona de transição entre os horizontes A ou E e B ou na parte superior deste. Por exemplo: quando o horizonte A tiver menos de 20% de argila, o conteúdo de argila do horizonte B subjacente, determinado em distância vertical de 7,5cm, deve ser pelo menos o dobro de A.

- Tipo de substrato: serve para identificar o tipo de rocha subjacente, como, por exemplo, "Solo Litólico substrato basalto", ou "Cambissolo substrato sedimentos aluviais", no caso dos solos pouco desenvolvidos (litólicos, aluviais e cambissolos) e, ocasionalmente, para outros solos pouco espessos.

- Profundidade do solum: o termo "pouco profundo" é empregado para os Latossolos com relativamente pouca profundidade, isto é, quando o solum (horizonte A + B) apresenta espessura inferior a 150cm (EMBRAPA, 1979). O termo raso é normalmente usado para outros solos bem-desenvolvidos, mas tendo o solum com espessura inferior a 50cm. Em Ribeirão Preto (OLIVEIRA & PRADO, 1984), o termo "raso" foi especialmente usado para latossolos roxos com espessura inferior a 80cm. No Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado de São Paulo (SERVIÇO NACIONAL..., 1960), os latossolos pouco profundos receberam a denominação "fase rasa".

- Propriedades ácricas: usa-se ácrico quando a retenção de cátions[6] é inferior a 1,5 meq/100g de argila, normalmente em alguma camada situada ao redor de 100cm de profundidade e pH determinado em KCl maior que o pH em água ("delta pH" positivo). Indica capacidade de troca da fração argila

extremamente baixa e que a capacidade de troca de ânion é maior que a de cátion (mais cargas positivas que negativas), características de um estádio de intemperismo muito avançado. Essa denominação foi primeiro usada em legenda de mapas de solos para um dos latossolos roxos de Ribeirão Preto (OLIVEIRA & PRADO, 1984).

- Propriedades tiomórficas: emprega-se essa propriedade para identificar solos hidromórficos que possuem horizonte(s) com elevados teores de sulfato e/ou sulfetos. Esses horizontes tornam-se extremamente ácidos (pH em água menor que 3,5) depois de secos. Os solos tiomórficos podem ser tanto orgânicos como solos tipo glei. Quando o solo tem tiomorfismo ocorrendo somente abaixo de 40 cm de profundidade, recebe a denominação de "endotiomórfico" (SAKAI et al. 1983).

- Presença de petroplintita: o termo concrecionário ou, mais recentemente, petroplíntico, é usado quando o solum se apresenta com apreciáveis quantidades de concreções (ou nódulos) ferruginosas também denominadas "lateríticos" ou "canga". A petroplintita pode ser originada da plintita, que, quando submetida a alternados ciclos de ressecamento e molhamento, endurece.

- Propriedades intergradacionais: para qualificar classes de solos que são intermediários (ou "intergrades") para outras classes. As adjetivações mais comuns são:

- latossólico: usado para aqueles solos com propriedades intermediárias para Latossolo (exemplo: Podzólico Vermelho-Amarelo latossólico);

- podzólico: usado para solos com propriedades intermediárias para Podzólicos (exemplo: Latossolo Vermelho-Amarelo podzólico);

- câmbico: usado para aqueles solos com características intermediárias para Cambissolos (exemplo: Latossolo Vermelho-Amarelo câmbico);

- vértico: usado para solos com propriedades intermediárias para os vertissolos, apresentando altos teores de argila expansiva (montmorilonita), superfícies de fricção e fendas durante o período seco provocado pela grande contração das argilas (exemplo: Brunizém Avermelhado vértico);

- plíntico: usado para solo com apreciáveis quantidades de plintita, intermediário para Plintossolo, mas não suficiente para caracterizar horizonte plíntico (exemplo: Podzólico Vermelho-Amarelo plíntico) (Quadro 5);

- litólico: intermediário com solos Litólicos (exemplo: Brunizém litólico).

f) Fase: é uma subdivisão de classe de solos, em qualquer nível categórico, para fins de mapeamento, visando principalmente aumentar subsídios para interpretação dos mapas pedológicos. As fases consideram características que afetam adversamente o uso e o manejo do solo, mas que não variam suficientemente para diferenciá-los em classes taxonômicas distintas. Segundo critérios da EMBRAPA (1979), são consideradas as seguintes fases: relevo, vegetação, "pedregosidade", "rochosidade" e erosão. Normalmente, fases de relevo e de vegetação não têm sido usadas em mapas semidetalhados (escala 1:100.000) das quadrículas do interior de São Paulo, onde há possibilidade de obtenção de classes de declive através de plantas topográficas e, por outro lado, é difícil reconstituir a vegetação natural, pois quase toda ela já foi substituída por cultivos diversos.

- Fases de relevo: são adotadas principalmente em mapas com escalas maiores que 1:100.000, para fornecer informações sobre a viabilidade de emprego de máquinas agrícolas e suscetibilidade do solo à erosão. As fases de relevo são: plano (declives de 0 a 3%); suave ondulado (colinas e/ou outeiros com dominância de declives de 3 a 8%); ondulado (colinas e/ou outeiros dominando declives entre 8 e 20%); forte ondulado

---

(6) A retenção de cátions (RC), ou capacidade de troca aparente de argila, é calculada pela expressão: RC = 100. (S+Al) / %argila

(outeiros e/ou morros dominando declives de 20 a 45%); montanhoso (morros, montanhas dominando declives de 45 a 75%); e escarpado (escarpas com declives maiores que 75%).

- Fases de vegetação: referem-se ao tipo de vegetação primária e são úteis principalmente para inferências relativas a regimes hídricos e térmicos do solo. As mais comuns em São Paulo são a floresta tropical, podendo ser qualificada como "perúmida", perenifólia, subperenifólia, higrófila de várzea e hidrófila de várzea; floresta subtropical perenifólia; e cerrado e cerradão subperenifólios.

- Fases de "pedregosidade": referem-se à presença de calhaus e matacões na massa e/ou superfície do solo em quantidades tais que tornam muito difícil ou impraticável o emprego de máquinas agrícolas. Usam-se as classes: pedregosa, ocorrência de 3 a 15%; muito pedregosa, 15 a 50%; e extremamente pedregosa, 50 a 90% da superfície do terreno.

- Fases de "rochosidade": a expressão "fase rochosa" é usada para indicar exposição de substrato rochoso, lajes de rochas e/ou predominância de matacões com diâmetro maior que 100cm em quantidade tal que torna impraticável o uso de máquinas agrícolas.

- Fases de erosão: a fase erodida é identificada nos solos com mais de 75% do horizonte A removido por erosão, correspondendo a graus de erosão forte, muito forte e extremamente forte, segundo EMBRAPA (1979).

QUADRO 8 - Classes de solos em nível elevado, reconhecidas presentemente pela EMBRAPA/ SNLCS e propriedades diagnósticas para divisões subseqüentes de classes em níveis categóricos inferiores.

Classes de solos em nível elevado
1. Solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A diagnóstico, exceto turfoso. Subdivisões segundo variações de horizonte B latossólico
1.1. Cores: vermelho-escuro-acinzentado a bruno-avermelhado-escuro, relacionados a muito elevados teores de Fe_2O_3 (>36%), atração magnética muito forte, relação molecular, índice KI 0,06 - 0,9. **LATOSSOLO FERRÍFERO**
1.2. Cores: vermelho-escuro-acinzentada a bruno-avermelhado-escura, relacionadas a elevados conteúdos de Fe_2O_3 (18-40%), forte atração magnética, índice Ki 0,20-2,0. **LATOSSOLO ROXO**
1.3. Cores: vermelho-escura a bruno-avermelhado-escura, relacionadas a médios conteúdos de Fe_2O_3 (8-18%), atração magnética fraca a nula, índice Ki 0,2-2,2. **LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO**
1.4. Cores: vermelha, vermelho-amarelada a bruna forte, relacionadas a baixos conteúdos de Fe_2O_3 (7-11%), virtualmente sem atração magnética, índice Ki geralmente <1,5. **LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO**
1.5. Cores: bruna, bruno-escura, bruno-amarelada a bruno-olivácea, relacionadas a conteúdos muito baixos de Fe_2O_3 (<7%), sem atração magnética, índice Ki 1,5-2,2. **LATOSSOLO AMARELO**
1.6. Cores: bruno-escura a bruno-avermelhada, relacionadas a médios a altos conteúdos de Fe_2O_3 (>11%), virtualmente sem atração magnética, índice Ki 0,2-2,0.**LATOSSOLO VARIAÇÃO UNA**
1.7. Cores: bruno-escura a bruno-amarelado-escura, avermelhamento em profundidade, relacionadas a médios a altos conteúdos de Fe_2O_3 (>11%), virtualmente sem atração magnética, índice Ki 0,2-2,2. **LATOSSOLO BRUNO**
2. Solos minerais, não hidromórficos, argilosos, com horizonte B textural não plíntico, precedido de qualquer tipo de horizonte A diagnóstico, exceto horizonte turfoso, argila de atividade baixa, apenas fraco incremento de argila do horizonte A para o B, que possui estrutura moderada a forte em blocos ou prismática composta, com filmes associados de argila, variáveis de comuns a abundantes e moderada a fortemente desenvolvidos; cores vermelhas ou brunas, relacionadas a médios e a altos conteúdos de Fe_2O_3. Subdivididos de acordo com variações do horizonte B.
2.1. Cores: bruno-avermelhado-escura, vermelho-escuro-acinzentada, bruno-avermelhada, vermelho-escura a vermelha; teores um tanto elevados de Fe_2O_3 (>1,5%), atração magnética fraca a forte, índice Ki 0,90-2,30. **TERRA ROXA ESTRUTURADA**

2.2. Cores: bruna, bruno-escura, bruno-forte, bruno-avermelhada a vermelho-amarelada; médios a altos teores de Fe_2O_3 (>10%), sem atração magnética, índice Ki 1,70-2,10.
3. Solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural não plíntico, precedido de qualquer horizonte E ou A diagnóstico, exceto do horizonte turfoso, com pequeno a grande incremento de argila do horizonte A para o B, e ausência das características distintivas de Planossolos. Subdivisões de acordo com variação do horizonte B.
3.1. Cores: vermelha a bruno-avermelhado-escura, conjugadas ao conteúdo de Fe_2O_3 (<15%) e TiO <1,70 , freqüentemente de argila de atividade baixa. **PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO**
3.2. Cores: vermelha, vermelho-amarelada a bruno-forte, conteúdo de Fe_2O_3 (<11%). **PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO**
3.3. Parte superior do horizonte B é bruno-amarelado-escura, freqüentemente mudando para policromia em profundidade, com cores bruno-amareladas ou bruno-avermelhadas adicionais. **PODZÓLICO BRUNO-ACINZENTADO**
3.4. Cores: bruna, bruno-forte, bruno-amarelada a bruno-olivácea, relacionadas a muito baixos conteúdos de Fe_2O_3 (<7%), atividade de argila um tanto baixa (CTC < 13 meq e índice Ki 2,2), saturação por bases baixa. **PODZÓLICO AMARELO**
4. Solos minerais com um horizonte B espódico precedido de qualquer horizonte diagnóstico E ou A.
4.1. **PODZOL NÃO HIDROMÓRFICO**
4.2. **PODZOL HIDROMÓRFICO**
5. Solos minerais não hidromórficos, com horizonte B incipiente ou textural, precedido de horizonte A "chernozêmico", argila de atividade alta, saturação por bases um tanto alta, ausência das características distintivas de Planossolo.
5.1. Presença de um horizonte A "chernozêmico" nitidamente destacado, conjugado com B incipiente ou horizonte B textural de coloração pouco viva tendente para a escura. **BRUNIZÉM**
5.2. Horizonte A "chernozêmico" relativamente modesto, conjugado com horizonte B textural moderadamente colorido, comumente de pigmentação avermelhada. **BRUNIZÉM AVERMELHADO**
6. Solos minerais, não hidromórficos, argilosos com horizonte B textural precedido de A húmico, argila de atividade alta, cores predominantemente avermelhadas, estrutura prismática composta ou em blocos moderada a forte, saturação extremamente alta, com Al. **RUBROZÉM**
7. Solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural avermelhado-vívido, bem-contrastante , em seqüência a um horizonte A fraco ou raramente moderado, geralmente maciço e duro, saturação por bases alta e argila de atividade consideravelmente alta. **BRUNO NÃO CÁLCICO**
8. Solos minerais com horizonte B textural, mudança textural abrupta, conjugada com marcante transição de horizontes, originando, quando secos, uma fratura de separação entre o horizonte A, ou mais tipicamente E, e o horizonte subjacente B textural, cujas cores são pouco vivas e comumente policrômico. **PLANOSSOLO**
9. Solos minerais com horizonte B nátrico, precedido de qualquer horizonte diagnóstico E, ou de A moderado ou fraco, bem contrastante com o horizonte B nátrico, usualmente de cor desbotada. **SOLONETZ SOLODIZADO**
10. Solos minerais, predominantemente hidromórficos, com horizonte sálico ou salino no horizonte C (Cgz ou Cz), subjacente ao horizonte A.
10.1 Pertinente a ambientes terrestres ou semiterrestres. **SOLONCHAK**
11. Solos minerais, usualmente não hidromórficos, com um horizonte B incipiente, desprovido de expressiva gleização e não plíntico, precedido de qualquer horizonte superficial diagnóstico, exceto turfoso. **CAMBISSOLO**
12. Solos minerais com horizonte plíntico, coincidente ou não com um B textural, precedido de qualquer horizonte E ou A.
12.1. Desprovido ou somente com poucas concreções e nódulos, provenientes do endurecimento da plintita (petroplintita). **PLINTOSSOLO**
12.2. Presença de 15% ou mais por volume de petroplintita. **PLINTOSSOLO PÉTRICO**
13. Solos minerais, hidromórficos, com horizonte glei, coincidente ou não com um horizonte B textural fraco, com ou sem um horizonte E interposto.
13.1. Presença de um horizonte glei coincidente com B textural, precedido ou não por um horizonte E, mas desprovido de mudança textural abrupta. **HIDROMÓRFICO CINZENTO**

13.2. Presença de um horizonte diagnóstico superficial turfoso (hístico) ou proeminente, seguido de um horizonte glei não simultâneo com B textural e desprovido de material sulfídrico ou horizonte sulfúrico. **GLEI HÚMICO**
13.3 Como o anterior, mas com um horizonte diagnóstico A moderado. **GLEI POUCO HÚMICO**
13.4. Presença de materiais sulfídricos ou horizonte sulfúrico. **GLEI TIOMÓRFICO**
14. Solos minerais com 30% ou mais de argila, imperfeita definição de horizontes (perfis AC), argila de atividade bastante alta, mostrando mudanças distintivas de volume com variação de umidade, evidenciadas por fendas em algum período na maioria dos anos por superfícies de fricção interceptantes, originando agregados estruturais em forma de cunha, ou por microrrelevo "gilgai". **VERTISSOLO**
15. Solos minerais fracamente desenvolvidos, excluindo os Vertissolos sem horizonte diagnóstico subsuperficial.
15.1. Não hidromórficos, apresentando perfil AC, sendo o horizonte A "chernozêmico", formados em material calcário. **RENDZINA**
15.2. Não hidromórficos, geralmente pouca espessura até rocha dura (excluindo petroplintita), apresentando perfil AR com ou sem horizonte C interveniente pouco espesso. **SOLOS LITÓLICOS**
15.3. Não hidromórficos, apresentando perfil AC, formado em "saprolito", pedissedimento ou outros materiais retrabalhados, contendo minerais intemperizáveis. **REGOSSOLO**
15.4. Hidromórficos ou não, apresentando perfil AC, formado em areias quartzosas. **AREIAS QUARTZOSAS**
15.5. Predominantemente não hidromórficos, apresentando perfil AC, formado em depósitos fluviais ou lacustres recentes estratificados. **SOLOS ALUVIAIS**
16. Solos hidromórficos, consistindo em material mormente orgânico.
16.1. Sem materiais sulfídricos ou horizonte sulfúrico. **SOLOS ORGÂNICOS NÃO TIOMÓRFICOS**
16.2. Apresentando materiais sulfídricos ou horizonte sulfúrico. **SOLOS ORGÂNICOS TIOMÓRFICOS**

(*) Aplica-se a conteúdos de argila 35% (textura argilosa ou muito argilosa). Para solos de textura média, usam-se como critério distintivo valores da relação Al_2O_3/Fe_2O_3; por exemplo: para Latossolo Vermelho-Escuro, o limite superior é de 3,14.

FONTE: Adaptado de Camargo et al, 1987

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C.L.; OLIVEIRA, J.B. & PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Brotas**. (Campinas) Convênio EMBRAPA/CPA/IA, 1982. Mapa, escala 1:100.000.

ALMEIDA, C.L.; OLIVEIRA, J.. & PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Jaú**. (Campinas) Convênio EMBRAPA/CPA/IA, 1982. Mapa, escala 1:100.000.

ALMEIDA, F.M. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. IGC, São Paulo, 1964. Bol. 47.

ALOISI, R.R. & J.L. **Levantamento de solos da Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jabuticabal**. Científica, Jabuticabal, 2 : 123-136, 1974.

ASSIS, A.F.F. de. **Solo**. Secretaria de Agricultura, CATI, Centro Orientação Técnica. Campinas 1976. p. 39.

BALDWIN, M.; KELLOG.; C.F. & THORP, J. **Soils and men**. Year book of Agriculture, 1938. Washington, U.S.D.A. 1938. pp. 999-1001.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1983. 775p. (Levantamento de Recursos Naturais, 32).

CAMARGO, M.N.; KLAMT, C. & KAUFFMAN, N.H. **Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil**. Bol. Inf. da Soc. Bras. Ci. Solo 12:11-33. 1987.

CARVALHO, A.; LEPSCH, I.F.; OLIVEIRA, J.B.; VALADARES, J.M.A.S. & ROTTA, C.L. **Levantamento pedológico semidetalhado do município de Atibaia**, SP. Bragantia, Campinas, 34:1-58, 1975.

EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Definição e notação de horizontes e camadas do solo**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, R.J. 54p. 1988. (Série Documentos, SNLCS, 3).

EMBRAPA, **Súmula da Reunião Técnica de Levantamento de Solos**, 10. Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS, 1979. (Série miscelânea), 1.

EUA. Department of Agriculture. **Soil Taxonomy**. Washington, D.C. 1975. 33p.

EUA. Department of Agriculture. **Soil Conservation Service**. Soil Survey Manual. rev. Washington D.C., USDA., 1981.

KUPPER, A.; VERDADE, F.C.; HUNGRIA, L.S. & RUSSO, R. **Levantamento pedológico da Estação Experimental de Pindamonhangaba**. Bragantia, Campinas 19:811-828. 1960.

LEMOS, R.C. de & SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solos no campo**. 2ª ed. Campinas, Soc. Brasileira Ciência do Solo, SNLCS/EMBRAPA, 1982. 46p.

LEPSCH, I.F. & VALADARES, J.M.A.S. **Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Pindorama**, S.P. Bragantia, Campinas, 35: 13-40. 1976.

LEPSCH, I.F. & OLIVEIRA, J.B. **Explicações sumárias sobre a nova nomenclatura das legendas de mapas pedológicos de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico. 1987. 36p. (Bol. Téc. 117).

MENK, J.R.F.; OLIVEIRA, J.B. & TREMOCOLDI, W.A. **Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Capão Bonito**. Campinas, Instituto Agronômico, 1987. 40p. (Boletim Científico, 6)

OLIVEIRA, J.B.; BARBIERI, J.L.; ROTTA, C.L. & TREMOCOLDI, W.A. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Araras.** Campinas, Instituto Agronômico, 1982a.180p.(Boletim Técnico, 72).

OLIVEIRA, J.B.; MENK, J.F.R. & ROTTA, C.L. **Levantamento pedológico semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo: quadrícula de Campinas**. Rio de Janeiro, IBGE, 1979. 169p.

OLIVEIRA, J.B. & MONIZ, A.C. **Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Ribeirão Preto.** Bragantia, Campinas. 36:60-113, 1975.

OLIVEIRA, J.B.; MONIZ, A.C. & ZANARDO, A. **Levantamento pedológico detalhado na Estação Experimental de Tietê**. Campinas, I. Agronômico, 1989. 57p. (Boletim Científico, 16)

OLIVEIRA, J.B. & PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Ribeirão Preto**. (Campinas) Convênio EMBRAPA/SAA.IA, 1983. Mapa, escala 1:100.000.

OLIVEIRA, J.B. & PRADO,H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Ribeirão Preto**. II Memorial Descritivo. Campinas, Instituto Agronômico, 1987. 133p. (Boletim Científico, 7).

OLIVEIRA, J.B. & PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos**. II Memorial Descritivo. Campinas, Instituto Agronômico, 1984. 188p. (Boletim Técnico, 98).

OLIVEIRA, J.B; PRADO, H. & ALMEIDA, C.L.F. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Descalvado**. Rio de Janeiro, Impressão Aerofoto Cruzeiro, 1982b. Mapa, escala 1:100.000.

OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H.; BEJAR, O.I.G.; OLIVEIRA, E.R.; LONGOBARDI, R.C. & ASSIS, E.A.de. **Carta pedológica semidetalhada do Estado de São Paulo**: Folha de Piracicaba. Secretaria da Agricultura/CPA/IA. Secretaria de Economia e Planejamento/CAR/IGC, 1987. Mapa, escala 1:100.000.

OLIVEIRA, J.B.;VALADARES, J.M.A.S. & ROTTA, C.L. **Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Itararé, S.P**. Bragantia, Campinas, 35: 295-333, 1976.

OLIVEIRA, J.B. & ROTTA, C.L. **Levantamento pedológico detalhado dos solos da Estação Experimental de Limeira.** Bragantia, Campinas, 32: 1-60, 1973.

PAIVA NETO, J.E. et alii. **Observações gerais sobre os grandes tipos de solos do Estado de São Paulo**. Bragantia 11:227-253, 1951.

PRADO, H.; OLIVEIRA, J.B. & ALMEIDA, C.L. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos**. Campinas, Convênio EMBRAPA/CPA/IA, 1981. Mapa, escala 1:100.000.

RANZANI, G.; FREIRE, O. & KINJO, T. **Carta de solos do município de Piracicaba.** Piracicaba, ESALQ, Centro de Estudos de Solos, 1966. 85p. (mimeo.).

RANZANI, G.; KINJO, T.; FREIRE, O.; FRANÇA, G.V.; MARCOS, Z.Z. & DEMATTÊ, J.L.I. **Carta de solos do município de Iracemápolis.** Piracicaba, ESALQ, 1986. 62p. (Boletim Técnico Científico, 33-a).

RESENDE, M. **Pedologia**. Viçosa, Un. Federal de Viçosa. Centro de Ciências Agrárias. Dep. Solos, 1982. 100p. (Bol. 140)

ROTTA, C.L.; JORGE, J.A.; OLIVEIRA, J.B. & KUPPER, A. **Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul**. Bragantia, Campinas, 30:205-276, 1971.

SAKAI, E. & LEPSCH, I.F. **Levantamento pedológico detalhado e distribuição espacial de características de solos do Polder**. Registro I, SP. Campinas, Instituto Agronômico, 1987. 56p. (Boletim Científico, 10).

SAKAI, E. & LEPSCH, I.F. **Levantamento pedológico de reconhecimento semidetalhado da região do Vale do Ribeira de Iguape em São Paulo.** I. Carta de Solos. Campinas, Convênio EMBRAPA/SAA/IA, 1983. Mapa, escala 1:100.000.

SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Comissão de Solos, Rio de Janeiro. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo: contribuição à Carta de Solos do Brasil**, Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1960. 634p. (Boletim, 12).

THORP, J. & SMITH, S.D. **Higher categories of soils classification order, suborder and great soil group**. Soil Science 67-117-186, 1949.

VALADARES, J.M.A.S.; LEPSCH, I.F. & KUPPER, A. **Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Jundiaí**, 32 Bragantia, Campinas, 30:337 - 386, 1971.

VERDADE, F.C.; HUNGRIA, L.S.; RUSSO, R.; KUPPER,A.; MEDINA, H.P. & GROHMANN, F. **Levantamento pedológico do Campo de Pesquisa de Água Preta.** Bragantia, Campinas 20(28):679 - 700, 1961.

VERDADE, F.C.; HUNGRIA, L.S.; RUSSO, R.; NASCIMENTO, A.C.; GROHMANN, F. & MEDINA, H.P. **Solos da bacia de Taubaté (Vale do Paraíba)**. Levantamento de reconhecimento. Séries monotípicas, suas propriedades genético-morfológicas, físicas e químicas. Bragantia, Campinas 20(4):43 - 322, 1961b.

VERDADE, F.C.; KUPPER, A.; RUSSO, R.; HUNGRIA, L.S.; GROHMANN, F.. NASCIMENTO, A.C. & MEDINA, H.P. **Levantamento pedológico da Estação Experimental de Produção Animal em Pindamonhangaba**. Bragantia, Campinas 19:851- 882, 1960.

CLASSIFICAÇÃO TÉCNICA

Dorival Bertolini (1)
Francisco Lombardi Neto (2)
Mário Ivo Drugowich (1)
Ricardo Bellinazzi Júnior (1)

1 INTRODUÇÃO

A classificação de qualquer objeto tem por finalidade ordenar os conhecimentos a seu respeito de maneira simples e precisa. Objetos iguais ou semelhantes em suas características e propriedades são agrupados nas mesmas classes.

No âmbito da ciência do solo, as inúmeras classificações existentes podem ser reunidas em duas categorias distintas: classificação pedológica (ou taxonômica) e classificação técnica. Na primeira, os solos são agrupados a partir de uma quantidade muito grande de propriedades e características em comum, na maior parte dos casos tendo por base aqueles que refletem processos genéticos similares. Na classificação técnica (ou interpretativa) os indivíduos são agrupados em função de determinadas características de interesse prático e específico. Há, assim, grupamento de terras em função de sua arabilidade com irrigação e subseqüente drenagem; grupamento por risco de erosão; por necessidade de calagem; em função da capacidade máxima de uso; etc.

Um levantamento de solos que utiliza uma classificação pedológica não é feito para atender a uma finalidade específica, mas, se convenientemente interpretado, pode servir como base para diferentes classificações técnicas ou interpretativas. O objetivo principal do levantamento de solos é o conhecimento da natureza e distribuição das unidades pedológicas, procurando identificar e cartografar os solos ocorrentes em dada área, fazendo a caracterização morfológica e analítica da maneira mais completa possível, a fim de permitir o enquadramento das unidades de mapeamento em um sistema natural de classificação de solos. Já as classificações técnicas ou interpretativas agrupam as unidades pedológicas em classes de terras, tomando por base características e propriedades selecionadas, mais relacionadas com o comportamento agrícola dos solos.

A classificação técnica tem o propósito particular de indicar os dados que levem a decidir qual a combinação de uso agrícola e medidas de controle da erosão, permitindo o aproveitamento mais intensivo da terra, sem risco de depauperamento do solo.

Assim, o sistema se baseia nas limitações permanentes das terras e é todo voltado para as possibilidades e limitações para a utilização das mesmas; essa idéia está diretamente relacionada com sua intensidade de uso.

A intensidade de uso exprime a maior ou menor mobilização imposta ao solo, expondo-o a certo risco de erosão e/ou perda de produtividade. Geralmente, culturas anuais impõem alta intensidade de uso, enquanto vegetações naturais representam o mais baixo grau de intensidade.

Para empresas agrícolas e/ou microbacias hidrográficas, a situação ideal é dispor de um levantamento pedológico detalhado como ponto de partida para as interpretações. Raras são, contudo, as áreas do Brasil que os possuem, e sua execução demanda uma soma muito grande de recursos e pedólogos especializados, nem sempre disponíveis para todas as necessidades. Por isso, deve-se efetuar um levantamento do meio físico mais simplificado, denominado "Levantamento Utilitário", voltado

(1) Engenheiro Agrônomo, SAA, CATI - DEXTRU - CTRN

(2) Pesquisador Científico, SAA, CPA - IAC - Seção de Conservação do Solo

para o potencial produtivo das terras e que possa ser executado dentro das possibilidades e recursos dos técnicos conservacionistas.

Nesse tipo de levantamento, o principal objetivo é inventariar as características diagnósticas da terra, necessárias para a determinação do seu potencial produtivo.

Apesar de ser considerado um levantamento simplificado, em relação ao pedológico, não deve ser tomado como impreciso ou pouco detalhado, pois nele devem ser inventariados os principais aspectos da terra, necessários ao planejamento do seu uso agrícola e, em especial, as práticas de conservação do solo.

2 CAPACIDADE DE USO DE TERRAS

A capacidade de uso da terra dá idéia das possibilidades e limitações da terra, conceituando a sua adaptabilidade para diversos fins.

A expressão encerra os efeitos do meio físico na aptidão da terra para ser explorada, sem sofrer danos consideráveis por desgaste e empobrecimento com os cultivos anuais, permanentes, pastagens, reflorestamentos ou vida silvestre (Quadro 1).

QUADRO 1 - Esquema dos grupos, classes, subclasses e unidades de capacidade de uso.

Grupos	Classes	Subclasses	Unidades de uso
A	I II III IV	e (exceto V)	1. declive acentuado
			2. declive longo
			3. mudança textural abrupta
			4. erosão laminar
			5. erosão em sulcos
			6. erosão em voçorocas
			7. erosão eólica
			8.depósito de erosão
			9. permeabilidade baixa
			10. horizonte A arenoso
B	V VI VII	s	1. pouca profundidade
			2. textura arenosa em todo perfil
			3. "pedregosidade"
			4. argilas expansivas
			5. baixa saturação de bases
			6.toxicidade de alumínio
			7. baixa capacidade de troca
			8. ácidos sulfatados ou sulfetos
			9. alta saturação com sódio
			10. excesso de sais solúveis
			11. excesso de carbonatos
C	VIII	a	1. lençol freático elevado
			2. risco de inundação
			3. subsidência em solos orgânicos
			4. deficiência de oxigênio no solo
		c	1. seca prolongada
			2. geada
			3. ventos frios
			4. granizo
			5. neve

FONTE: Adaptado de Peralta, 1963.

- **Grupos e Classes de capacidade de uso da terra**

Grupo A - terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre:

- Classe I: terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação;

- Classe II: terras cultiváveis, com problemas simples de conservação;
- Classe III: terras cultiváveis com problemas complexos de conservação;

- Classe IV: terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação.

Grupo B - terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre, porém cultiváveis em casos de algumas culturas especiais protetoras do solo:
- Classe V: terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação, cultiváveis apenas em casos muito especiais;

- Classe VI: terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, com problemas simples de conservação, cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo.

- Classe VII: terras adaptadas em geral somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação.

Grupo C - terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestres, recreação ou armazenamento de água:

- Classe VIII: terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestres, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento de água.

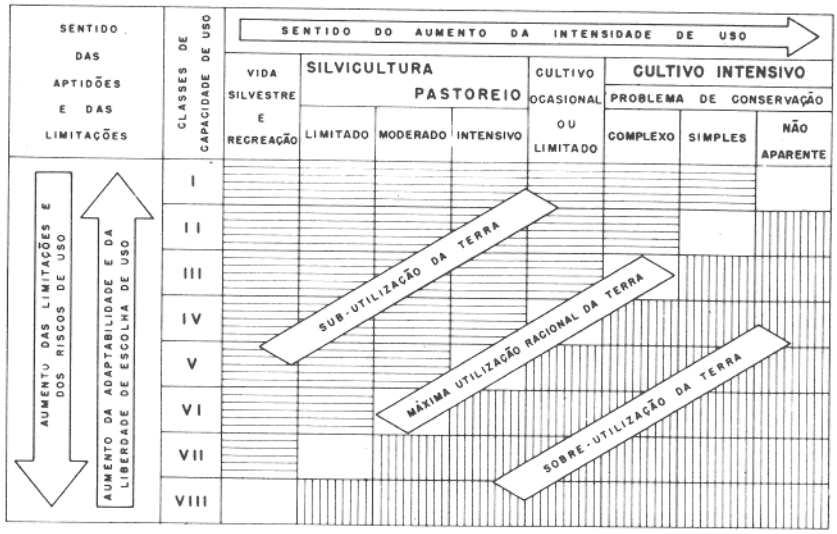
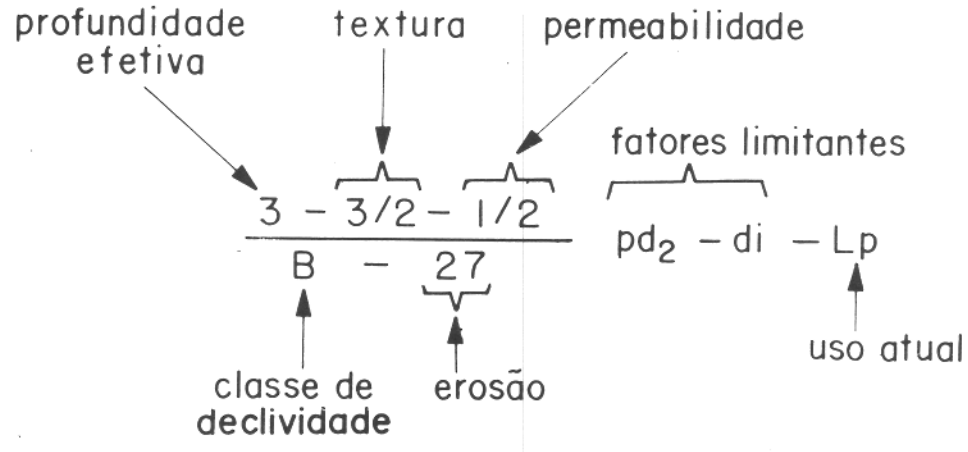


FIGURA 1 - Resumo da variação do tipo e da intensidade máxima de utilização da terra sem risco de erosão acelerada, em função das classes de capacidade de uso.

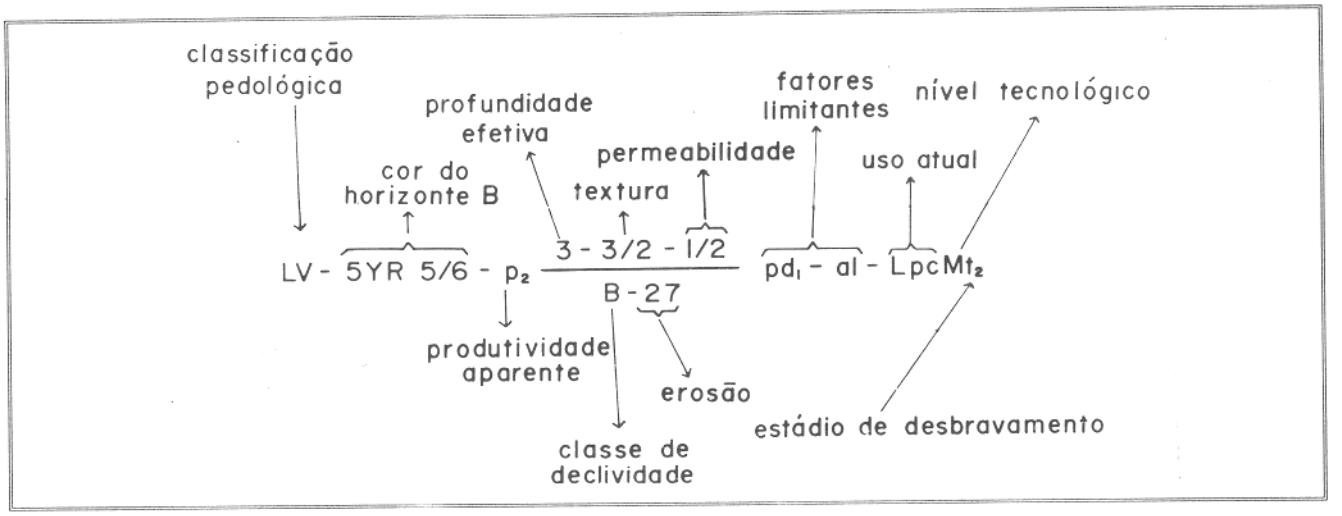
2.1 Levantamento do meio físico

O levantamento utilitário, também denominado de conservacionista, é um inventário de dados essenciais, relativos às características e propriedades da terra, relevantes para a sua classificação de uso, e a outras características necessárias ao planejamento conservacionista.

- **Fórmula mínima obrigatória**



- **Fórmula máxima hipotética**



2.1.1 Características do perfil do solo (não necessariamente fatores limitantes).

As principais características do perfil do solo devem ser examinadas no campo, pelo menos até a profundidade de um metro, com auxílio de um trado ou em barrancos de estrada. As que devem ser notadas na fórmula mínima são descritas a seguir:

a) Profundidade efetiva do solo

Refere-se à espessura máxima do solo em que as raízes não encontram impedimento físico para penetrar livremente, facilitando a fixação da planta e servindo como meio para absorção de água e nutrientes.

É, portanto, a camada de espessura máxima do solo, favorável ao desenvolvimento do sistema radicular e ao armazenamento de umidade, e que difere de uma camada subjacente com impedimentos advindos de propriedades físicas que impedem ou retardam significativamente o desenvolvimento das raízes. Não se deve confundir profundidade efetiva do solo com a medida da espessura do solo superficial mais rico em húmus (horizonte A) (Quadro 2).

QUADRO 2 - Profundidade efetiva do solo

Profundidade	
1 - Muito profundos	mais de 2m
2 - Profundos	1,00 a 2,00m
3 - Moderadamente profundos	0,50 a 1,00m
4 - Rasos	0,25 a 0,50m
5 - Muito rasos	menos de 0,25m

b) Textura do solo

A textura do solo é sempre avaliada levando-se em consideração apenas a fase sólida do solo. Ela pode ser definida como sendo a distribuição dos três principais separados do solo, ou seja, as proporções de argila, silte e areia existentes na fração mineral. Pode ser determinada em laboratório e no campo. A Figura 2 representa a classificação textural simplificada segundo EMBRAPA (1979).

O Quadro 3 representa a textura das camadas superficial e subsuperficial do numerador da fórmula mínima e obrigatória das características a serem identificadas e mapeadas.

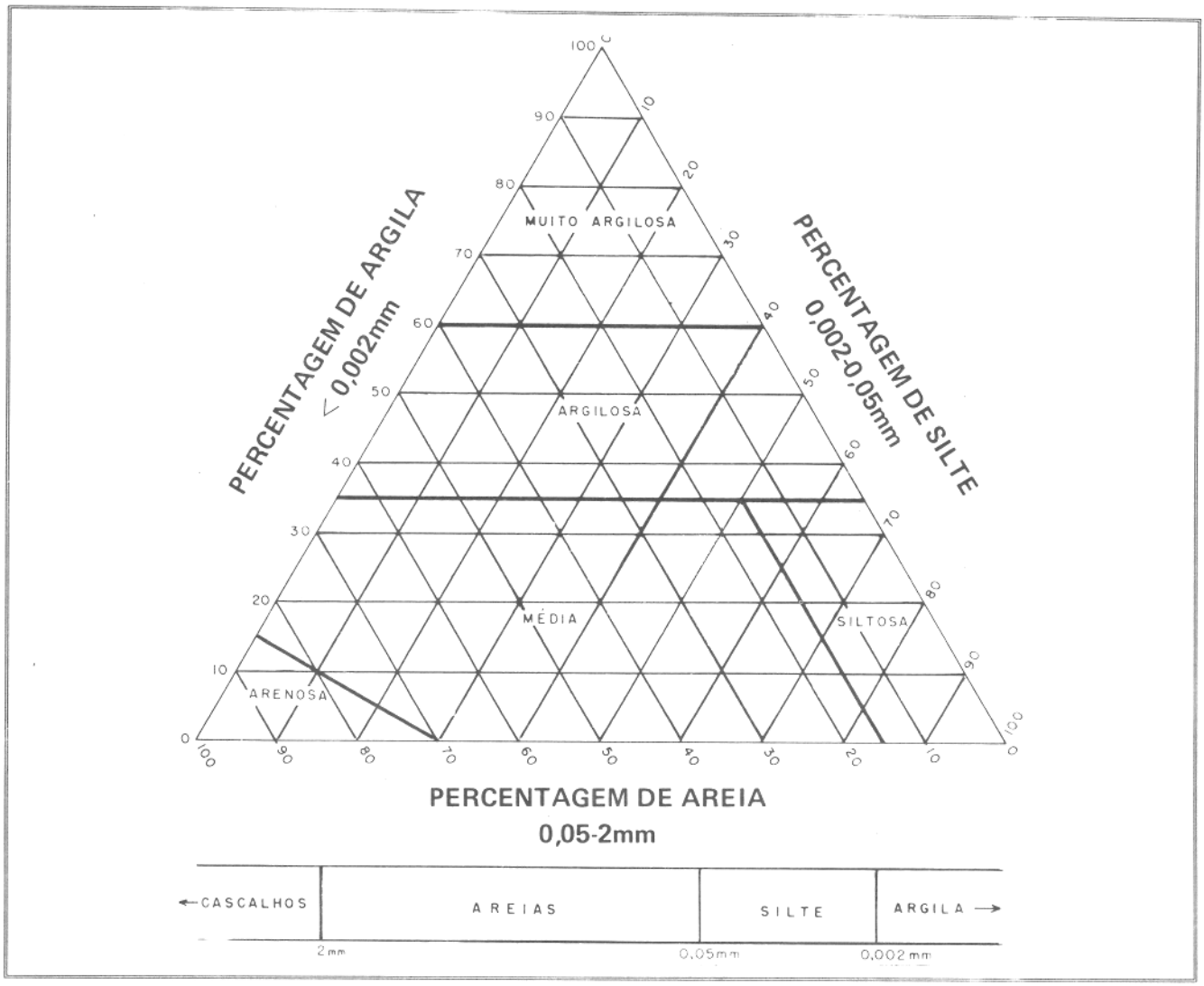


FIGURA 2 - Escala do U.S.D.A. (1956) de tamanho de partículas e respectivo gráfico triangular das classes texturais simplificadas do solo, segundo EMBRAPA (1979), usada na análise granulométrica, quando a fração silte ou limo estiver compreendida entre 0,002 e 0,05mm de diâmetro.

QUADRO 3 - Textura do solo

Textura da camada subsuperficial	Textura da camada superficial				
	Muito argilosa	Argilosa	Média	Siltosa	Arenosa
Muito argilosa	1/1	2/1	3/1	4/1	5/1
Argilosa	1/2	2/2	3/2	4/2	5/2
Média	1/3	2/3	3/3	4/3	5/3
Siltosa	1/4	2/4	3/4	4/4	5/4
Arenosa	1/5	2/5	3/5	4/5	5/5

c) Permeabilidade do perfil do solo

É a capacidade que o solo apresenta de transmitir água ou ar. Em termos quantitativos, a permeabilidade é a velocidade do fluxo através de uma seção transversal unitária de solo saturado, sob determinado gradiente hidráulico (Quadro 4).

- **rápida** - quando o solo é de textura grosseira (arenosa), ou de estrutura forte, pequena, granular e friável (horizonte B latossólico), apresentando canais para a fácil percolação de água; essa percolação se apresenta superior a 150mm de água por hora, nos testes de laboratório.

- **moderada** - quando o solo é de textura e estrutura compostas de tal forma que proporcionem moderada percolação de água, atingindo, em geral, nos testes de laboratório, níveis de 5 a 150mm de água percolada por hora.

- **lenta** - quando o solo possui características de textura e estrutura que tornam a percolação mais difícil e, em geral, de velocidade inferior a 5mm de água percolada por hora, nos testes de laboratório. Geralmente, ocorre em camadas argilosas ou muito argilosas (exceto nos latossolos) ou nas de textura média, com argila de atividade elevada e/ou alta saturação com sódio.

QUADRO 4 - Permeabilidade do perfil do solo

Permeabilidade da camada subsuperficial	Permeabilidade da camada superficial		
	Rápida	Moderada	Lenta
Rápida	1/1	2/1	3/1
Moderada	1/2	2/2	3/2
Lenta	1/3	2/3	3/3

d) Classes de declividade

As declividades de cada gleba são enquadradas dentro de determinados intervalos de declividade, os quais definem as classes, sendo representadas por letras maiúsculas; devem ser notadas no denominador da fração da fórmula.

Poderão ser adotadas as seguintes classes com limites rígidos:

A: declives inferiores a 2%.

B: declives entre 2 e 5%.

C: declives entre 5 e 10%.

D: declives entre 10 e 15%.

E: declives entre 15 e 45%.

F: declives entre 45 e 70%.

G: declives superiores a 70%.

e) Erosão laminar

São as seguintes as classes de erosão hídrica, usualmente levantadas e mapeadas:

1 - **ligeira**: quando já aparente, mas com menos de 25% do solo superficial (horizonte A) removido, ou quando não for possível identificar a profundidade normal do horizonte A de um solo virgem, com mais de 15cm do solo superficial (horizonte A) remanescente;

2 - **moderada**: com 25 a 75% do solo superficial (horizonte A) removido, ou quando não for possível identificar a profundidade normal do horizonte A de um solo virgem, com 5 a 15cm do solo superficial (horizonte A) remanescente;

3 - **severa**: com mais de 75% do solo superficial (horizonte A) removido e, possivelmente, com o horizonte B já aflorando, ou quando não for possível identificar a profundidade natural do horizonte A de um solo virgem, com menos de 5cm do solo superficial (horizonte A) remanescente;

4 - **muito severa**: com todo o solo superficial (horizonte A) já removido e com o horizonte B bastante afetado (erodido), sendo em alguns casos removido em proporções entre 25 e 75% da profundidade original;

5 - **extremamente severa**: com o horizonte B, em sua maior parte, já removido, e com o C já atingido, encontrando-se o solo praticamente destruído para fins agrícolas;

6 - **Símbolo reservado para áreas desbarrancadas ou translocações de blocos de terra**: a área erodida deve ser delimitada no mapa por linha preta pontilhada (...) tendo no seu interior o símbolo 6.

f) Erosão em sulcos (Quadro 5)

• **Freqüência dos sulcos**

7 - **ocasionais**: área com sulcos distanciados mais de 30 metros.;

8 - **freqüentes**: área com sulcos a menos de 30 metros de distância entre si, mas ocupando área inferior a 75%;

9 - **muito freqüentes**: área com sulcos a menos de 30 metros de distância entre si, mas ocupando área superior a 75%.

• **Profundidade dos sulcos**

7, 8 e 9: representam sulcos superficiais, que podem ser cruzados por máquinas agrícolas e se desfazem com o preparo do solo.

⑦, ⑧ e ⑨ : representam sulcos rasos, que podem ser cruzados por máquinas agrícolas, mas não se desfazem com o preparo do solo.

7, 8 e 9: representam sulcos profundos, que não podem ser cruzados por máquinas agrícolas e que ainda não atingiram o horizonte C.

7V, 8V e 9V: representam sulcos muito profundos, que não podem ser cruzados por máquinas agrícolas e que já atingiram o horizonte C, sendo também denominadas voçorocas.

QUADRO 5 - Símbolos usados para notar a erosão hídrica em sulcos.

Profundidade dos sulcos	Freqüência dos sulcos		
	Ocasionais	Freqüentes	Muito Freqüentes
Superficiais	7	8	9
Rasos	⑦	⑧	⑨
Profundos	7	8	9
Muito profundos ou voçorocas	7V	8V	9V

2.1.2 Fatores limitantes da terra

Os fatores limitantes da terra, além daqueles possíveis de serem evidenciados pelas características de textura, profundidade, permeabilidade, declive e erosão, constam do Quadro 6.

a) "Pedregosidade"

O critério para classificação da pedregosidade do solo será, principalmente, a maior ou menor facilidade para o trabalho das máquinas agrícolas.

pd1 - poucas pedras

pd2 - pedras abundantes

pd3 - pedras extremamente abundantes

pd4 - poucos matacões

pd5 - matacões abundantes

pd6 - matacões extremamente abundantes

pd7 - solos rochosos

pd8 - solos muito rochosos

pd9 - solos extremamente rochosos

QUADRO 6 - Fatores limitantes da terra.

Símbolo	Nome	Diagnóstico
pd	"Pedregosidade"	Presença de pedras, afloramento de rochas matacões.
i	Inundação	Ocorrência de inundações periódicas.
ab	Abrupto	Mudança textural abrupta entre os horizontes A e B (aumento de mais de 100% de argila em distância vertical inferior a 7cm).
ve	"Vértico"	Argilas expansivas (Vertissolos). Solos com superfície argilosa que fendilha na época da seca e com alta capacidade de troca.
hi	Hidromorfismo	Mosqueamento, turfas ou saturação com água, em períodos superiores a dois meses, até 100cm de profundidade.
se	Seca prolongada	Solo seco entre 20 e 100cm, por mais de 90 dias consecutivos, na maior parte dos anos.
gd	Geada ou vento frio	Ocorrência periódica de geada, vento frio ou neve.
di	"Distrofismo"	Saturação de bases, entre 20 e 60cm, inferior a 60% (ou saturação com alumínio entre 10 e 50% ou pH, em água, entre 5,0 e 5,6).
al	Álico	Saturação com alumínio acima de 50% entre 20 e 60cm (ou saturação de bases menor que 10% ou pH, em água, inferior a 5,0).
ct	Baixa retenção de cátions	Capacidade de troca (a pH 7) no horizonte superficial (até 60cm) menor que 4meq/100g de solo (ou soma de bases com alumínio menor que 2meq/100g de solo).
ti	Tiomorfismo	Presença de sais de enxofre até 60cm (pH, em água, na amostra depois de seca, menor que 3,5).
so	"Sodificação"	Saturação elevada com sódio (mais de 15% de Na^+ até 60cm).
si	Salinização	Condutividade elétrica maior que 4mmhos/cm até 60cm de profundidade.
ca	Carbonatos	Presença de carbonatos até 60cm (efervescência com ácido clorídrico e/ou pH superior a 7,3).

FONTE: Lepsch et al, 1983.

b) Riscos de inundação

O risco de inundações de um solo será indicado pela freqüência e pela duração usual com que ocorrem. (Quadro 7).

• **Freqüência**:

- ocasionais: com mais de cinco anos de recorrência provável;

- freqüentes: com recorrência provável entre um e cinco anos;

- muito freqüentes ou anuais: ocorrendo sistematicamente todo ano, repetindo-se uma ou mais vezes nas várias estações do ano.

• Duração:
- curtas: durando menos de dois dias;

- médias: durando entre dois dias e um mês;

- longas: durando mais de um mês.

QUADRO 7 - Símbolos usados para notar os riscos de inundação.

Duração das inundações	Freqüência das inundações		
	Ocasionais	Freqüentes	Anuais ou muito freqüentes
Curtas	i_1	i_4	i_7
Médias	i_2	i_5	i_8
Longas	i_3	i_6	i_9

c) Hidromorfismo

O hidromorfismo é um processo que indica deficiência de oxigênio e sua intensidade normalmente aumenta nas camadas mais profundas do solo. São as seguintes as classes possíveis de identificação no campo:

hi_1 - abaixo de 100cm

hi_2 - abaixo de 50cm

hi_3 - abaixo de 25cm

hi_4 - até a superfície do solo

d) Caráter abrupto

O caráter abrupto refere-se a uma brusca mudança textural no perfil do solo, com um exagerado aumento de argila (equivalente ao dobro ou mais), num pequeno intervalo vertical (igual ou inferior a 7cm) na zona limítrofe do horizonte A (normalmente E) para o horizonte subjacente (normalmente B).

e) Caráter Vértico

O caráter vértico é identificado quando os solos apresentarem mais de 30% de argila e fendilhamento intensivo, com fendas de mais de 4cm de largura na superfície, na época da estação seca.

f) Seca prolongada

Acontece em locais com estação seca muito prolongada, onde cultivos perenes só podem ser feitos com auxílio de irrigação, com exceção das plantas muito adaptadas às condições de carência de água. Sua identificação torna-se, na maior parte dos casos, um tanto subjetiva. O balanço hídrico poderá auxiliar em sua identificação.

g) Geada e/ou vento frio

Refere-se a locais onde existe a possibilidade de ocorrência de geadas, ventos frios, ou mesmo neve, que, devido sua intensidade, podem influenciar na escolha dos cultivos a serem implantados.

h) Baixa saturação de bases ou caráter distrófico

Refere-se a solos com acidez moderada na **camada subsuperficial**, geralmente, pH entre 5,0 e 5,6, determinado em água, que, possivelmente, pode afetar o crescimento de plantas mais sensíveis à acidez.

i) Alta saturação com alumínio ou caráter álico

Refere-se às altas concentrações de alumínio trocável na **camada subsuperficial**, apresentando problemas para a maior parte das plantas cultivadas e extrema pobreza em nutrientes.

j) Capacidade de retenção de cátions muito baixa

Esse fator limitante é usado para indicar solos com valores de capacidade de retenção de cátions (ou capacidade de troca) muito baixos na camada superficial (horizonte A) e subsuperficial (topo do horizonte B) e, como conseqüência, baixa capacidade de retenção de nutrientes pelas plantas.

l) Caráter tiomórfico

Esse fator limitante é indicado para a presença de material sulfídrico ou sulfato (compostos de enxofre) em solos mal ou muito maldrenados que ocorrem, normalmente, em áreas planas, encharcadas, próximas à orla marítima e que, por isso, podem ser (ou foram) influenciadas por água salobra.

m) Sodificação

A classificação do grau da sodificação do solo pode ser feita nos seguintes níveis:

SO_1 - moderada

SO_2 - forte

SO_3 - muito forte

n) Salinidade

É a característica que o solo apresenta quando ocorre, em quantidades excessivas, a presença de sais solúveis, principalmente cloretos e sulfatos de sódio, cálcio e magnésio.

sl_1 - ligeira

sl_2 - moderada

sl_3 - forte

o) Presença de carbonatos

Os carbonatos podem ocorrer em certas áreas com clima árido ou semi-árido. A toxicidade de bicarbonato pode ocasionar desbalanceamento nutricional, reduzindo a disponibilidade de ferro, de fósforo e zinco e inibindo, em muitas plantas, a absorção de N, P e K, provavelmente através de um dano fisiológico às raízes, reduzindo drasticamente, dessa maneira, o crescimento da planta.

2.1.3 Características e propriedades do solo de notação facultativas

Sob essa denominação, entendem-se aqueles atributos do perfil do solo que podem ou não ser inventariados, de acordo com conveniência ou nível de recursos do operador.

a) Classificação pedológica

Refere-se à classificação taxonômica, segundo critérios adotados por levantamentos pedológicos já efetuados dentro da área em estudos. As convenções para notação da classificação pedológica devem ser idênticas à simbologia adotada nos levantamentos já efetuados.

b) Cor do solo

Apesar de a cor do solo dar uma idéia do conteúdo de óxido de ferro, matéria orgânica e tipo de drenagem, não está diretamente correlacionada com a produtividade do solo.

c) Produtividade aparente

A produtividade aparente, no exame de campo, é estimada principalmente pelo tipo de vegetação espontânea do solo e pelas colheitas auferidas pelos produtores.

P_1: muito alta - solos aparentemente com ampla reserva de nutrientes e propriedades físicas muito boas, produzindo ótimas colheitas, dentro dos melhores padrões e práticas de manejo da região considerada;

P_2: alta - solos aparentemente com razoável reserva de nutrientes e propriedades físicas boas, produzindo colheitas boas dentro dos melhores padrões e práticas de manejo da região considerada;

P_3: média - solos aparentemente com reserva de nutrientes e/ou propriedades físicas razoáveis, produzindo colheitas moderadas, dentro dos melhores padrões e práticas de manejo mais comuns da região considerada;

P_4: baixa - solos aparentemente com problemas de produtividade, que só conseguem produzir colheitas consideradas como baixas, dentro dos melhores padrões de manejo mais comuns da região considerada;

P_5: muito baixa - solos com sérios problemas de produtividade, nos quais só se conseguem colheitas muito baixas, ou nulas, mesmo usando-se os melhores padrões comuns de manejo da região.

2.1.4 Uso atual, nível tecnológico e estádio de desbravamento

A caracterização do uso atual é de importância, fornecendo dados na elaboração do planejamento a ser desenvolvido. O uso da terra dá também indicações sobre a tradição e experiência dos agricultores e como ela vem sendo manejada e sugerindo possíveis manejos futuros.

a) Nível tecnológico

Indica o grau de desenvolvimento da tecnologia agrícola adotada ou "nível de manejo"da terra:

N - tecnologia de nível nulo
B - tecnologia de nível baixo
M - tecnologia de nível médio
E - tecnologia de nível elevado
V - investimentos vultosos, porém mal-aplicados

b) Estádio de desbravamento

Indica o grau de desbravamento e/ou destocamento necessário na época do levantamento, em função da freqüência e porte das árvores e/ou tocos presentes:

t_1 - destocamento leve
t_2 - destocamento médio
t_3 - destocamento pesado
t_4 - desmatamento e destocamento leves
t_5 - desmatamento e destocamento médios
t_6 - desmatamento e destocamento pesados

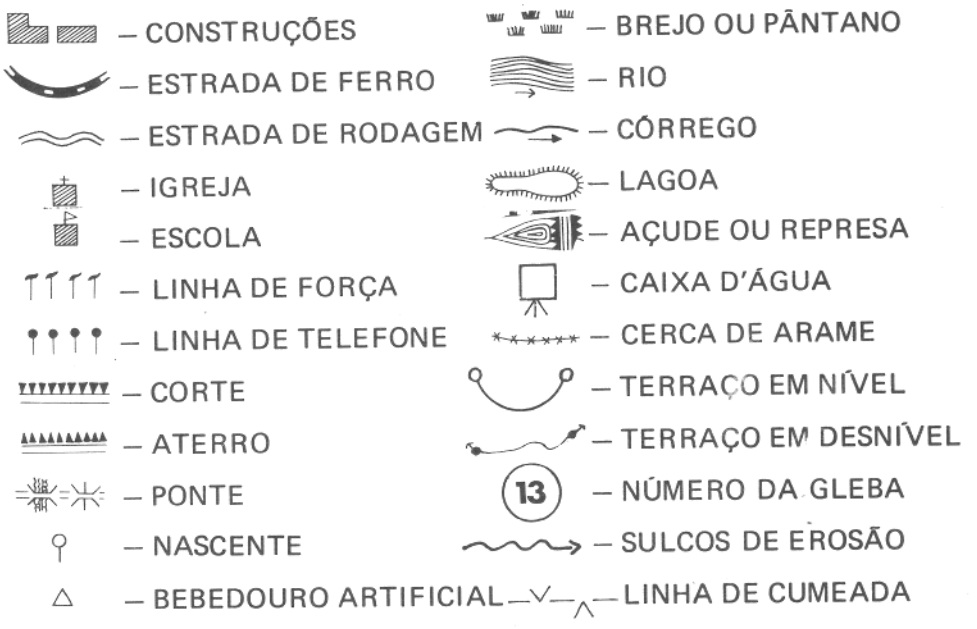
c) Uso atual

É a caracterização do uso da terra, dando indicações sobre a tradição e a experiência dos agricultores e sugerindo possíveis manejos futuros.

F - floresta
S - cerrado
T - caatinga
C - campo nativo
O - complexo vegetativo
Pn - pastagem nativa
Pm - pastagem melhorada
Pc - pastagem cultivada
Px - capineira
Lp - lavoura perene
Lt - lavoura temporária
La - lavoura anual
E - terreno estéril
P - pastagens
L - lavoura
H - horticultura
V- silvicultura
Hf - fruticultura
Ho - olericultura ou floricultura
Va - araucária
Vd - essências exóticas
Vn - essências nativas
Vp - pinus
Ve - eucalipto

2.1.5 Convenções gráficas

Algumas convenções gráficas a serem usadas na elaboração de mapas de propriedades agrícolas:



2.1.6 Enquadramento das terras em classes de capacidade de uso

O Quadro 8 apresenta uma sugestão para facilitar o enquadramento das glebas em classes de capacidade de uso das terras.

QUADRO 8 - Enquadramento das terras em classes de capacidade de uso.

Limitação		Classes de Capacidade de Uso								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	notação
Fertilidade aparente	muito alta	x	x	x	x	x	x	x	x	1
	alta	x	x	x	x	x	x	x	x	2
	média		x	x	x		x	x	x	3
	baixa			x	x		x	x	x	4
	muito baixa						x	x	x	5
Profundidade efetiva (cm)	muito profunda	x	x	x	x	x	x	x	x	1
	profunda	x	x	x	x	x	x	x	x	2
	moderada		x	x	x	x	x	x	x	3
	rasa				x	x	x	x	x	4
	muito rasa						x	x	x	5
Drenagem interna	excessiva		x	x	x	x	x	x	x	1
	boa	x	x	x	x	x	x	x	x	2
	moderada		x	x	x	x	x	x	x	3
	pobre			x	x	x	x	x	x	4
	muito pobre					x	x	x	x	5
Pedregosidade	sem pedra	x	x	x	x	x	x	x	x	P1
	menor que 1%		x	x	x	x	x	x	x	P2
	1-10%			x	x	x	x	x	x	P3
	10-30%				x	x	x	x	x	P4
	30-50%						x	x	x	P5
	maior que 50%							x	x	P6
Risco de inundação	ocasional			x		x			x	1
	freqüente					x			x	2
	muito freqüente								x	3
Classe de declive	A 0-3%	x	x	x	x	x	x	x	x	A
	B 3-5%		x	x	x		x	x	x	B
	C 5-12%			x	x		x	x	x	C
	D 12-20%				x		x	x	x	D
	E 20-40%						x	x	x	E
	F>40%							x	x	F
Grau de erosão laminar	não aparente	x	x	x	x	x	x	x	x	0
	ligeira		x	x	x		x	x	x	1
	moderada			x	x		x	x	x	2
	severa						x	x	x	3
	muito severa							x	x	4
	extremamente severa								x	5
Sulcos superficiais	ocasionais		x	x	x		x	x	x	7
	freqüentes			x	x		x	x	x	8
	muito freqüentes				x		x	x	x	9
Sulcos rasos	ocasionais			x	x		x	x	x	7
	freqüentes				x		x	x	x	8
	muito freqüentes						x	x	x	9
Sulcos profundos	ocasionais				x		x	x	x	7
	freqüentes						x	x	x	8
	muito freqüentes							x	x	9
Voçoroca									x	6

2.2 Representação Cartográfica

2.2.1 Mapa-base

Mapa-base é aquele no qual o técnico, no campo, se orienta e apóia, assinalando dados obtidos no seu estudo. Esse mapa deve conter detalhes em quantidade tal que permita uma fácil identificação de qualquer ponto do terreno (Figura 3).

Sua escala ideal varia em função do tamanho da área que representa e do detalhamento que se pretende atingir. Propriedades rurais são comumente representadas nas escalas de 1:1.000 até 1:10.000, dependendo do seu tamanho e da complexidade de detalhes apresentada.

Em ordem decrescente quanto à riqueza de detalhes, têm-se os seguintes tipos de mapa-base: pares de fotografias aéreas adaptadas à observação estereoscópica; fotografias aéreas alternadas; mapa planialtimétrico; mapa de restituição; e mapa planimétrico.

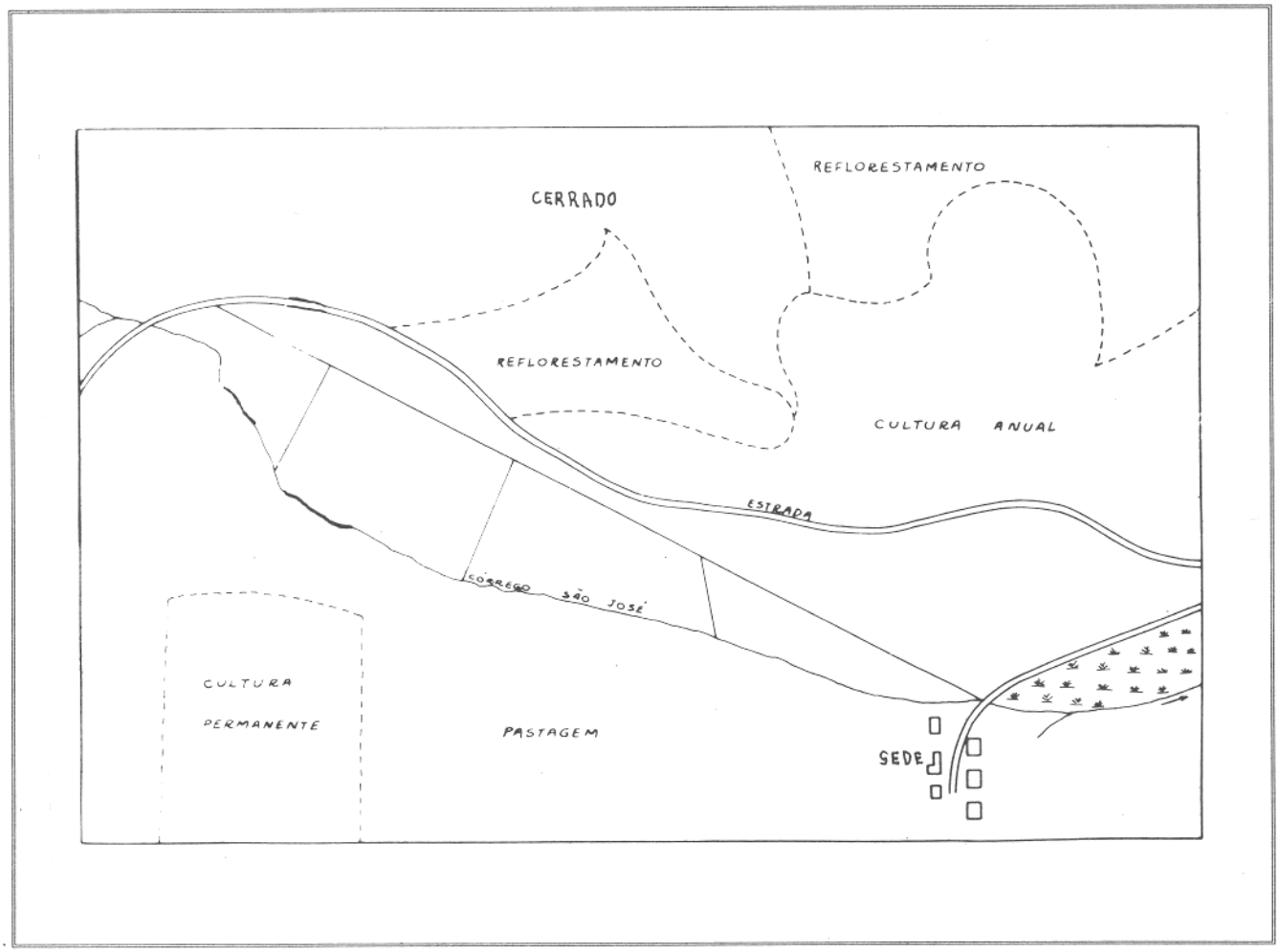


FIGURA 3 - Exemplo de mapa-base, que será o ponto de partida de toda representação cartográfica.

2.2.2 Mapa do levantamento do meio físico

Os principais elementos do levantamento do meio físico são identificados no campo, notados todos os detalhes possíveis de serem caracterizados durante o levantamento sobre o mapa e em caderneta de campo.

A complementação deste trabalho é feita no escritório, onde são interpretados os dados obtidos das análises de solo, feita a cartografia da área em glebas e subglebas com características semelhantes, cada qual identificada pela respectiva fórmula ou por um número arábico, dentro de um pequeno círculo (Figura 4).

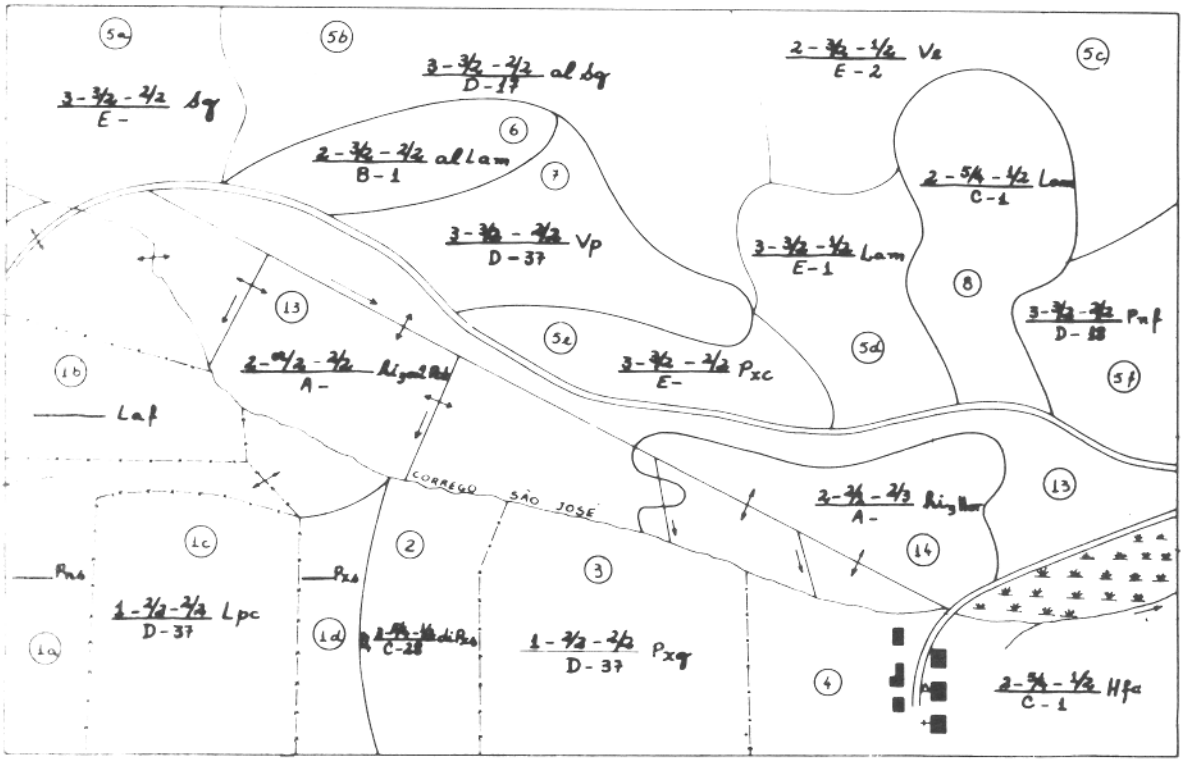


FIGURA 4 - Exemplo de mapa do levantamento do meio físico, efetuado no campo, sobre fotografia aérea no qual as glebas estão separadas por linhas contínuas, tracejadas ou pontilhadas, e suas principais ca-caraterísticas notadas por meio de símbolos convencionais em "fórmulas".

2.2.3 Mapa do uso atual

Como o próprio nome indica, esse mapa visa dar uma noção global e imediata da maneira como a propriedade está sendo aproveitada. Mostra como se distribuem, por ocasião do levantamento, as culturas anuais e perenes, as pastagens e matas, as terras improdutivas, as cercas, benfeitorias, aguadas, etc. É um retrato do presente, que, comparado com o mapa de uso planejado, mostrará e realçará as inovações, as melhorias e modificações planejadas para a propriedade (Figura 5).

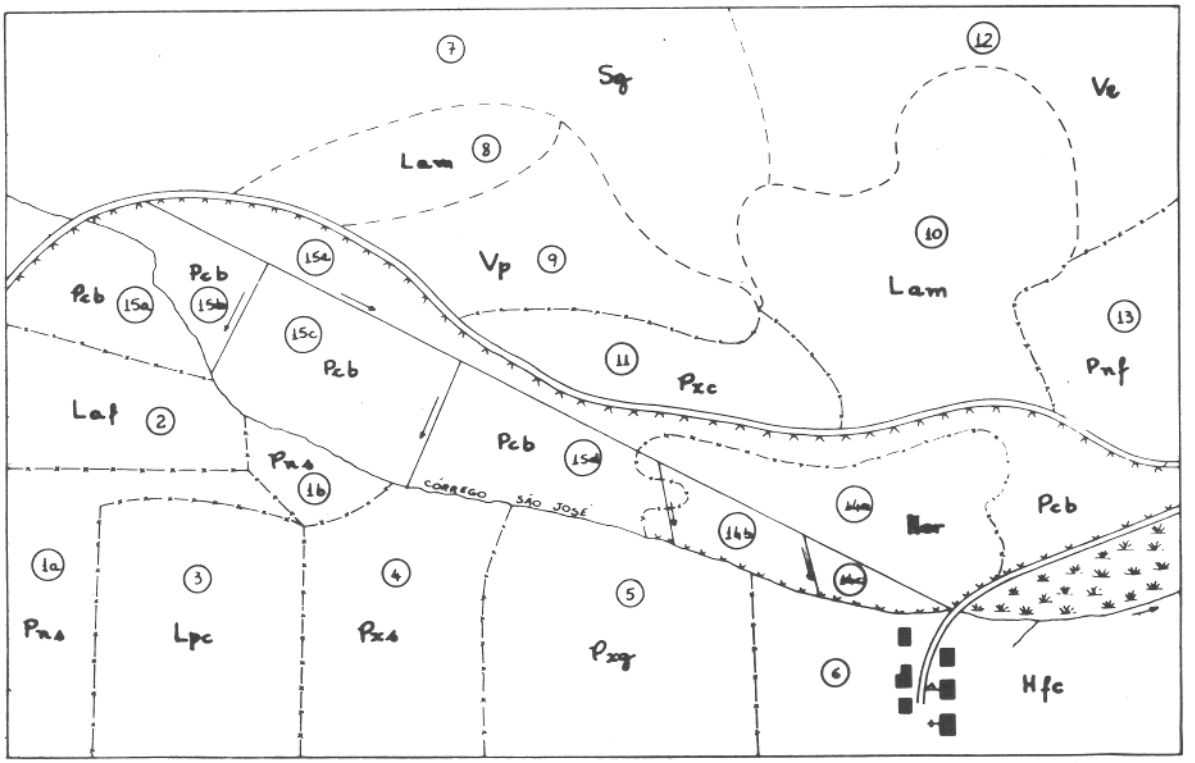


FIGURA 5 - Exemplo de mapa do uso atual das terras. (Hfc: fruticultura de citros; Hor: olericultura de repolho; Laf: lavoura anual de feijão; Lam: lavoura anual de milho; Lpc: lavoura perene de café; Pcb: pastagem cultivada de braquiária; Pnf: pastagem nativa em floresta; Pns: pastagem nativa em cerrado; Pxc: capineira de cana-de-açúcar; Pxg: capineira de capim guatemala; Pxs: capineira de soja perene; Sg: cerradão; Ve: reflorestamento com eucalipto; Vp: reflorestamento com pinus).

2.2.4 Mapa de capacidade de uso

Neste mapa, procura-se representar a divisão da propriedade, de acordo com a capacidade de uso apresentada pelas suas terras. É ele que fornecerá a base para a elaboração do plano de exploração racional das terras. Sua legenda é composta apenas de algarismos romanos representativos das classes encontradas, acompanhados de letras minúsculas indicadoras das subclasses e os números das glebas, inscritos em círculos. (Figura 6).

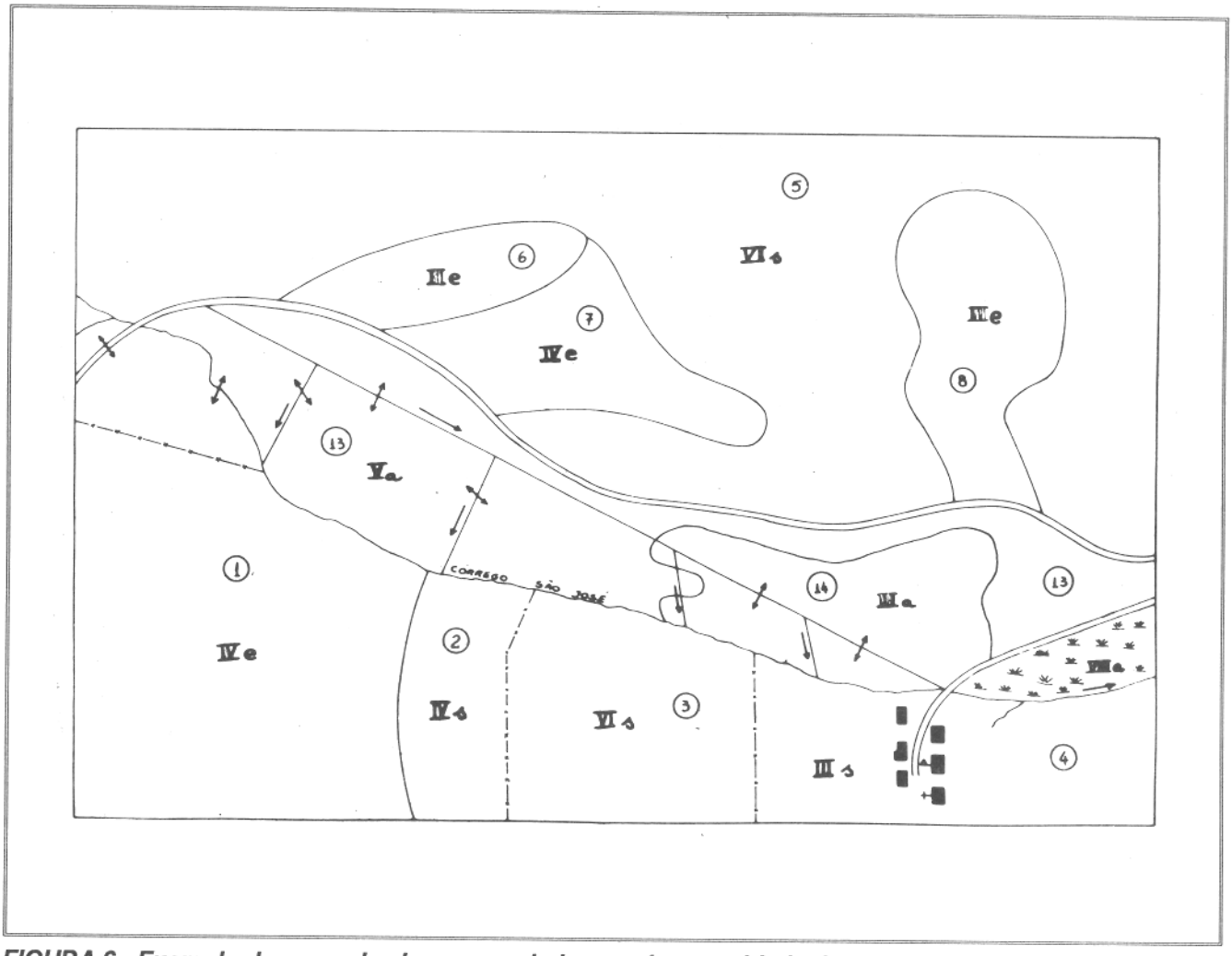


FIGURA 6 - Exemplo de mapa de classes e subclasses de capacidade de uso das terras.

2.3 Planejamento Conservacionista

2.3.1 Conceituação

Planejamento conservacionista é uma programação de um conjunto de recomendações a serem seguidas na exploração de uma propriedade agrícola, compatíveis com a capacidade de uso das terras, especificando as práticas mais adequadas para a manutenção e/ou melhoramento dos recursos naturais: solo, água e vegetação.

O planejamento conservacionista é a etapa final, correspondente à fase dinâmica do trabalho, devendo ser elaborado em perfeito acordo com a capacidade de uso de cada gleba e com as condições socioeconômicas e climáticas da propriedade.

Basicamente, o planejamento deverá conter um mapa com o projeto do arcabouço da propriedade (estradas, carreadores, canais divergentes e escoadouros, cercas, construções, etc.) e um roteiro descritivo indicando as melhores explorações para cada gleba, as práticas de conservação do solo aconselhadas e também um cronograma de execução.

2.3.2 Fluxograma do planejamento conservacionista

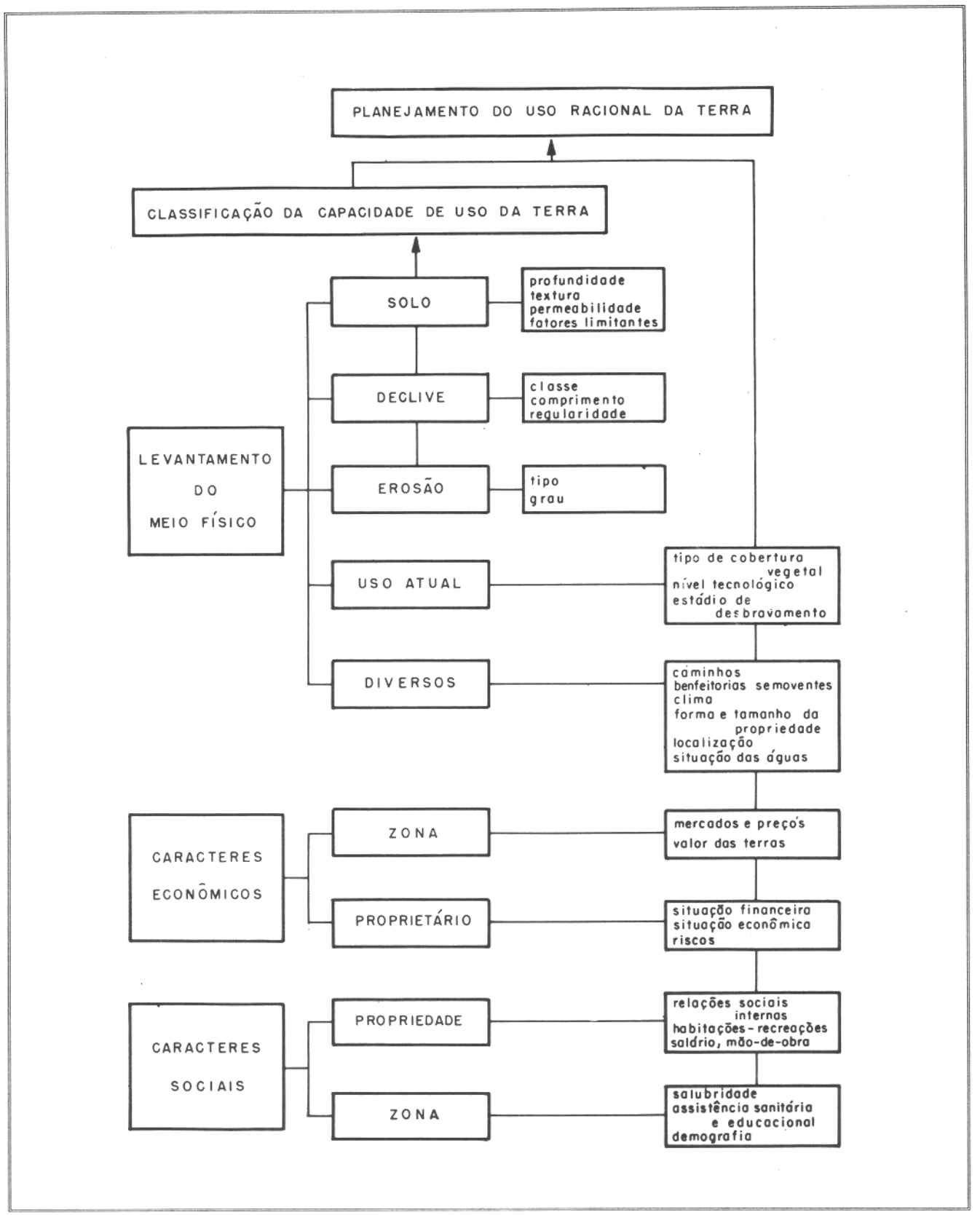


FIGURA 7 - Fluxograma do planejamento do uso racional da terra.

3 CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Os dados apresentados a seguir referem-se à Classificação de Capacidade de Uso das Terras de São Paulo. A Fonte consultada corresponde ao trabalho de CHIARINI & DONZELI (1973), utilizado para o Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo. SÃO PAULO (1974/76).

A classificação apresentada, nesse trabalho,indica as alternativas mais adequadas de uso em bases racionais, visando à obtenção de produções sustentadas e garantia de conservação dos recursos naturais, tendo sofrido algumas adaptações, considerando-se o nível de generalização e a metodologia empregada.

O Quadro 1 resume dados gerais acerca da classificação de Capacidade de Uso das Terras do Estado, apresentada na Figura 1. Tais dados indicam que aproximadamente 30% das terras do Estado pertencem às classes I, II e III, sendo próprias para culturas anuais, com problemas simples e complexos, para conservação do solo e manutenção da produtividade em declives que variam de 0 a 12%.

Em declividades inferiores a 12%, encontram-se também as classes mapeadas com limitações moderadas e fortes de fertilidade natural. Com problemas moderados, foram mapeadas as terras da classe IVf, com 16,9%, sob vegetação primitiva de "cerrado", apresentando solos de texturas variadas desde médias até argilosas.

As terras que apresentam sérios problemas de fertilidade natural, embora planas, foram classificadas como VIf, com área equivalente a 12%. Os solos que compõem essa unidade de mapeamento são de textura arenosa sob vegetação de cerrado e campo, que, sob manejo desenvolvido, estão em grande parte incorporados ao processo produtivo, suportando culturas anuais.

QUADRO 1 - Classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo, distribuição, áreas atingidas e declividade.

Classes de capacidade de uso	Área ha	% da área do Estado	declividade
III	7.379.400	29,8	até 12%
IV	3.813.450	15,3	12 - 20%
IV	4.189.100	12,9	até 12%
V	674.600	2,7	planas
VI	1.448.550	5,7	20 - 40%
VIf	2.977.600	12,0	até 12%
VII	3.076.400	12,3	+ de 40%
VIIf	137.300	0,6	até 12%
VIII	1.074.800	4,3	escarpas de serras e montanhas
Área Urbana	88.800	0,4	-
TOTAL	24.860.000	100,0	-

Ainda em áreas planas encontram-se as várzeas não drenadas em 2,5% da área estadual, que, somadas às demais classes, totalizam 61,5% das terras do Estado em declives inferiores a 12%.

Também em condições de suportar culturas anuais, a classe IV, com declives de 12 a 20%, já apresenta problemas mais sérios de conservação dos solos em 15,3% da área do Estado, totalizando com as demais 76,8% de áreas aptas para lavouras. As demais classes, indicadas para usos menos intensivos são terras próprias para pastagem e reflorestamento em declividades crescentes. A classe VI potencialmente apta para pastagem sem limitações, em declives na faixa de 20-40%, é representada em 5,7% da área, enquanto que a classe VII, em declividades superiores a 40%, representa 12,3% da área.

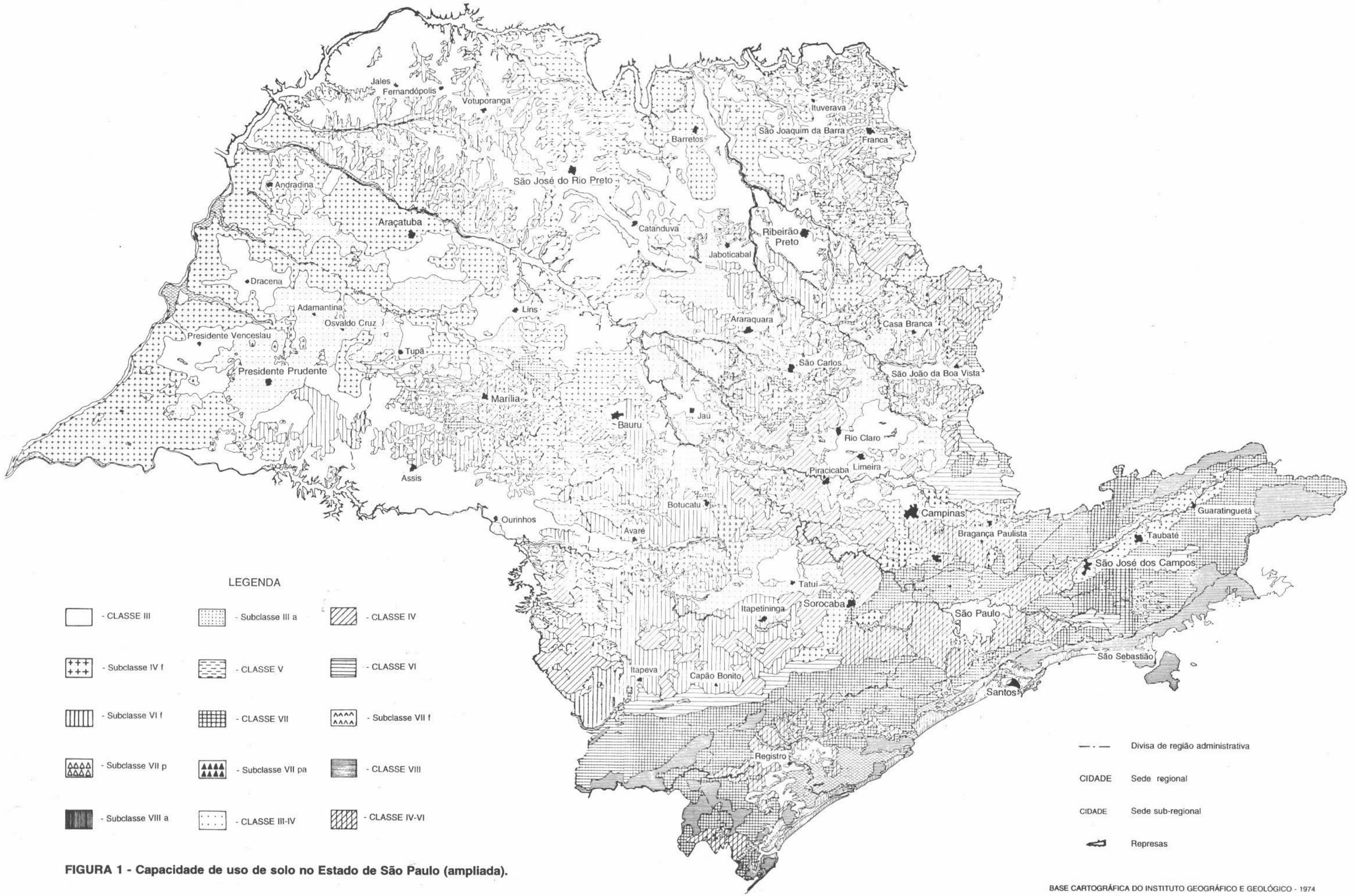


FIGURA 1 - Capacidade de uso de solo no Estado de São Paulo (ampliada).

As áreas montanhosas, onde a exploração agropecuária torna-se inviável, assim como a região litorânea de planícies aluviais, onde os solos mais comuns são os sedimentos de origem marinha com predominância de baixa fertilidade natural, totalizam 4,3% de terras reservadas ao abrigo da flora e fauna.

As indicações de uso são as mais intensivas possíveis, em manejo desenvolvido, evidenciando alto potencial das terras de São Paulo para exploração agrícola, porém com emprego de alto nível tecnológico.

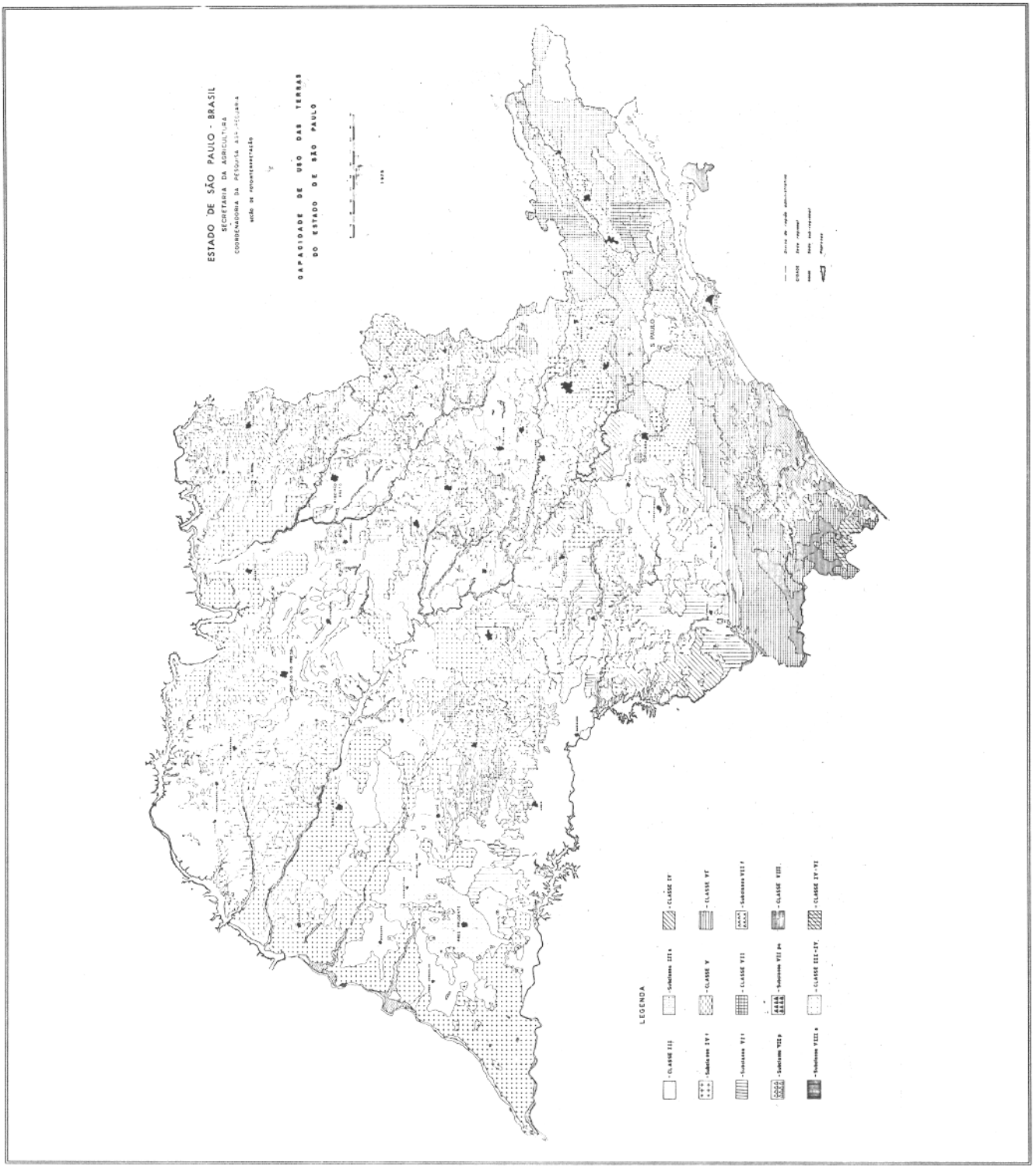


FIGURA 1 - Capacidade de uso de solo no Estado de São Paulo.

LEGENDA DA FIGURA 1	
Classe III	Nessa classe, estão também enquadradas as terras das classes I e II, tendo em vista as áreas inexpressivas que ocupam em face de escala no trabalho. São terras próprias para culturas anuais, com problemas desde simples até complexos para manutenção de produtividade e conservação. A declividade varia de 0 a 12%.
Subclasse IIIa	São as terras planas de baixadas, várzeas trabalhadas, onde o problema constitui a prática de manutenção de drenos e canais de irrigação. São apropriadas para culturas anuais.
Classe IV	As terras dessa classe, com declives já acentuados (12-20%), não poderão ser utilizadas continuamente com culturas anuais, sendo mais apropriadas para formação de pastagens, podendo ser cultivadas ocasionalmente. Usar práticas intensivas de conservação.
Subclasse IVf	Terras planas a onduladas, com predominância de solos arenosos com problemas de fertilidade. Mais apropriadas à pastagem, prestando-se também ao reflorestamento. Sua utilização com culturas anuais requer técnicas adequadas.
Classe V	Terras planas de aluviões, sujeitas a inundação e várzeas não trabalhadas.
Classe VI	Terras muito acidentadas, com declives de 20-40%. Não se prestam para culturas anuais, sendo indicadas para pastagens e reflorestamento. Os problemas de conservação do solo, considerando-se o uso indicado, são resolvidos com práticas moderadas.
Subclasse VIf	Terras planas, solos arenosos, com sérios problemas de fertilidade. Mais indicadas ao reflorestamento e pastagem. Nessa classe, estão incluídos os solos de cerrado e campo. Sua utilização para lavouras requer manejo avançado com emprego de alta tecnologia.
Classe VII	Terras demasiadamente acidentadas, com declives acima de 40%, prestando-se ao reflorestamento, com limitações severas para pastagem.
Subclasse VIIf	Terras planas, solos arenosos com problemas seríssimos de fertilidade, representados pelos solos classificados como regassolo (areias quartzosas).
Subclasse VII p	As terras foram enquadradas nessa classe por limitações graves quanto à profundidade dos solos (Litossolos).
Subclasse VIIpe	Terras com declives muito acentuados e com limitações quanto à "pedregosidade". Apresentam-se com mais de 75% da área coberta com pedras e inclusões de afloramentos rochosos. Com restrições de utilização, mesmo para pastagens ou reflorestamento.
Classe VIII	Terras com características ainda mais adversas, sendo indicadas somente para o abrigo da flora e fauna. Em geral, são constituídas pelas escarpas de serras e afloramentos rochosos.
Subclasse VIIIa	Terras da baixada marítima. São planas, arenosas, economicamente não agricultáveis. Poderão ser destinadas ao urbanismo e à recreação.
Associações Classe III-IV Classe IV-VI	

3.1 Aptidão Agrícola

Os dados da classificação da aptidão agrícola de São Paulo, elaborados pela SUPLAN (1979), são apresentados no Quadro 2. Esses dados ressaltam que aproximadamente 80% das terras do Estado têm aptidão para lavouras, nos níveis de manejo B (médio) ou C (desenvolvido), corroborando as informações da classificação "Capacidade de Uso".

A indicação de 80,5% da área (ou 19.911.404ha), com possibilidade de exploração no nível de manejo C, sugere que essa mesma proporção da área seja mecanizável, na qual os declives não devam exceder a 20%; nesse caso, não se fazem generalizações acerca da fertilidade dos solos, porque, nesse nível de manejo, permitem-se correções das possíveis deficiências ou limitações, sobretudo de ordem química ou de fertilidade do solo. Para usos menos intensivos, como pastagens plantadas e silvicultura, o nível de manejo recomendado é o B ou médio.

Considerando-se regionalmente o Estado, as condições da potencialidade agrícola podem ser bastante diferenciadas do Quadro 2 apresentado. O Quadro 3, que fornece a aptidão agrícola das terras por mesorregião, indica tais diferenças regionais, evidenciando a potencialidade muito mais baixa das terras das mesorregiões 1 e 2, que incluem a região do Vale do Ribeira, baixada litorânea e áreas escarpadas no planalto Atlântico. As demais seguem a tendência geral já discutida anteriormente.

Um aspecto importante da potencialidade das terras é obtido quando se combinam as informações da aptidão agrícola das mesmas, consideradas as exigências por cultura, através do Zoneamento Agrícola (SÃO PAULO, 1974/76). Em trabalho realizado para estimar a maior área apta para o cultivo de grãos em São Paulo (TSUNECHIRO et alii, 1987), tais dados foram utilizados permitindo a estimativa de maior área apta para cultivo de grão (14.599.301 hectares - 59%). O significado da expressão "maior área apta" é o somatório das áreas aptas e aptas com restrições, definidas de Zoneamento Agrícola. O resultado é uma área apta agregada com aptidão para, pelo menos, uma dentre cinco culturas consideradas (arroz, milho, soja, sorgo e trigo). Tal valor foi obtido por superposição das cartas do Zoneamento Ecológico das cinco culturas citadas.

A situação atual, apenas como referência, é de subaproveitamento desse potencial, uma vez que somente 2.171.254ha (8,8%) são cultivados com grãos, representando uma produção de 4.563.360t. Considerando a possibilidade de expansão planejada de até 15%, haveria um acréscimo de área da ordem de 1.344.162hectares.

Quadro 2 - Aptidão Agrícola das Terras, segundo os Níveis de Manejo B e C do Estado de São Paulo.

Tipo de utilização	Classe de Aptidão Agrícola	Nível de Manejo			
		B (médios)		C (desenvolvidos)	
		hectares	%	hectares	%
Lavoura	Boa	9.173.676	37.1	6.776.626	28.2
	Regular	7.569.730	30.6	8.757.502	35.4
	Restrita	3.354.303	13.6	4.177.276	16.9
Subtotal		20.097.709	81.3	19.711.404	80.5
Pastagem Plantada	Boa	132.206	0.5	-	-
	Regular	561.958	2.3	-	-
	Restrita	357.693	1.4	-	-
Subtotal		1.051.857	4.2(1)	-	-
Silvicultura	Regular	1.607.683	6.5	-	-
	Restrita	562.596	2.3	-	-
Subtotal		2.170.279	8.8	-	-

(1) Constitui o uso alternativo com lavouras de ciclo longo em 501.948 hectares, em áreas de topografia e profundidade de solo mais favoráveis; e com culturas especiais de ciclo longo (fruticultura temperada), em 192.215 hectares, em porções com clima mais severo.

FONTE: SUPLAN 1979.

QUADRO 3 - Aptidão Agrícola das Terras do Estado de São Paulo por Mesorregião[1]

Tipo de utilização mais intensivo	Classe de aptidão agrícola	MESORREGIÃO																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
		HECTARES	%	HECTARES	%	HECTARES	%	HECTARES	%	HECTARES	%	HECTARES	%	HECTARES	%	HECTARES	%	HECTARES	%	HECTARES	%
LAVOURA	Boa	-	-	37.830	2,6 0,2	475.260	11,8 1,9	1.036,426	45,7 4,2	2.460,705	67,2 10,0	727,094	45,5 2,9	1.690,996	62,7 6,8	680,837	35,9 2,8	1.022,775	41,4 4,1	1.285,401	66,5 5,2
	Regular	1.128.426	40,9 4,6	172.758	12,2 0,7	2.407.012	59,8 9,7	984,001	43,2 4,0	948,184	25,9 3,8	814,882	51,1 3,3	989,767	36,7 4,0	1.194,438	62,9 4,8	1.424,150	57,7 5,8	612,212	31,6 3,5
	Restrita	-	-	4.540	0,3 0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUBTOTAL		1.128.426	40,9 4,6	215.128	15,1 0,9	2.882,272	71,6 11,6	2.020,427	88,9 8,2	3.408,889	93,1 13,8	1.541,976	96,6 6,2	2.680,763	99,4 10,8	1.875,275	98,8 7,6	2.446,925	99,1 9,9	1.897,613	98,1 7,7
PASTAGEM	Boa	11.549	0,5 0,0	103,403	7,3 0,4	17,254	0,4 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Regular	107.208	3,9 0,4	448,165	31,6 1,8	761	0,0 0,0	5,824	0,2 0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Restrita	238.286	8,6 1,0	88,271	6,2 0,4	-	-	31,136	1,4 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUBTOTAL		357.043	13,0 1,4	639,839	45,1 2,6	18.015	0,4 0,1	36,960	1,6 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SILVICUL-TURA	Regular	113.771	4,1 0,5	344,266	24,2 1,4	724,446	18,0 2,9	160,047	7,0 0,6	315,380	5,9 0,9	38,389	2,4 0,2	-	-	-	-	-	-	11,384	0,6
	Restrita	525.772	19,1 2,1	23,959	1,7 0,1	-	-	12,865	0,6 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SUBTOTAL		639.543	23,2 2,6	368,225	25,9 1,5	724,446	18,0 2,9	172,912	7,6 0,7	215,380	5,9 0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	11,384	0,6 0,1
SEM APTIDÃO	Inapta	561.828	20,4 2,3	170,488	12,0 0,7	377,064	9,4 1,5	18,075	0,8 0,1	12,743	0,3 0,0	-	-	-	-	5,305	0,3 0,0	19,355	0,7 0,1	5,312	0,2 0,0
TOTAL		2.686.840	97,5 10,9	1.393,680	98,1 5,7	4.001,797	99,4 16,1	2.248,374	98,9 9,1	3.952,392	99,3 14,7	1.580,365	99,0 6,4	2.680,763	99,4 10,8	1.880,580	99,1 7,6	2.466,280	99,8 10,0	1.914,309	98,9 7,7

(% em relação a área do Estado: 24.732.000 Hectares)

(1) Os números indicam as regiões como se segue:

1 = Litoral e Grande São Paulo
2 = Vale do Paraíba
3 = Sorocaba
4 = Campinas
5 = Ribeirão Preto
6 = Bauru
7 = São José do Rio Preto
8 = Araçatuba
9 = Presidente Prudente
10 = Marília

FONTE: SEPLAN (1979)

4 CLASSIFICAÇÃO PARA FINS CONSERVACIONISTAS

Para a implantação de práticas mecânicas conservacionistas, principalmente terraços, estabeleceram-se quatro grupos de solos de acordo com suas qualidades e características, baseando-se no índice de erodibilidade proposto por Bertoni (1978).

O enquadramento dos solos nos grupos foi feito levando em consideração a profundidade, permeabilidade, textura da camada superficial e subsuperficial e a relação textural (horizonte A/horizonte B), principais atributos que influem na erodibilidade e na infiltração da água no perfil do solo e, conseqüentemente, definem uma série de decisões conservacionistas, como: espaçamento de terraços, terraços em nível ou desnível, construção ou não de bacias de captação de águas pluviais, velocidade da água em canais escoadouros ou divergentes, seleção de práticas de controle da erosão, etc.

A seguir, estão descritos os grupos de solos, bem como as unidades pedológicas que se enquadram em cada grupo e as correspondências das diferentes unidades dos Levantamentos Pedológicos semidetalhados recentes.

4.1 Grupos de solos e suas qualidades e características para fins conservacionistas

Solos do grupo A

São solos com alta taxa de infiltração, mesmo quando completamente molhados, e com alto grau de resistência e de tolerância à erosão. Eles normalmente são profundos ou muito profundos, porosos com baixo gradiente textural (relação textural menor do que 1,20), de textura média, argilosa ou mesmo muito argilosa, desde que a estrutura proporcione alta macroporosidade em todo o perfil, resultando em solos bem-drenados ou excessivamente drenados.

A permeabilidade das camadas superficial/subsuperficial, segundo Manual de Levantamento Utilitário do Meio Físico, a Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH et al., 1983) deve ser rápida tanto na camada superficial como na subsuperficial (1/1), ou pelo menos moderada na camada superficial e rápida na subsuperficial (2/1), porém a textura da camada não deve ser arenosa (Quadro 4).

Segundo o Levantamento de Reconhecimentos dos Solos do Estado de São Paulo (BRASIL, 1960), as classes que mais se aproximam desse grupo são: Latossolo roxo; Latossolo Vermelho-Escuro orto; Latossolo Vermelho-Amarelo orto; Latossolo Vermelho-Amarelo, fase terraço e rasa; Latossolo húmico; Latossolo Vermelho-Amarelo, fase arenosa; e Latossolo Vermelho-Escuro, fase arenosa, excetuando-se, nos dois últimos, os com horizonte A arenoso (Quadro 5).

QUADRO 4 - Agrupamentos de solos, segundo suas qualidades, características e resistência à erosão, e seus respectivos índices.

Grupo	Grupo de resistência à erosão	Principais Características					
		Profundidade	Permeabilidade	Textura	Razão Textural[1]	Grandes Grupos de Solos	K Índice
A	alto	muito profundo (>2m) ou profundo(1 a 2m)	rápida/rápida moderada/rápida	média/média média argilosa/ média argilosa argilosa/argilosa	<1,2	LR, LE, LV, LVr, LVt, LH, LEa, e LVa	1,25
B	moderado	profundo (1 a 2m)	rápida/rápida rápida/moderada	arenosa/arenosa arenosa/média arenosa/argilosa média/argilosa argilosa/média argilosa	1,2 a 1,5	Lj, LVP, PV, PVL, Pln, TE, PVls, R, RPV, RLV, LEa[3] e LVa[3]	1,10
C	baixo	profundo (1 a 2m) moderadamente profundo (0,5 a 1m)	lenta/rápida lenta/moderada rápida/moderada	arenosa/média[2] média/argilosa[2] arenosa/argilosa arenosa/média argilosa	>1.5	Pml, PVp, PVls, Pc e M	0,90
D	muito baixo	moderadamente profundo (0,5 a 1m) ou raso (0,25 a 0,50m)	rápida, moderada ou lenta sobre lenta	muito variável	muito variável	Li-b, Li-ag, gr, Li-fi, Li-ac e PVp (rasos)	0,75

(1) Média da porcentagem de argila do horizonte B (excluindo B3) sobre média da porcentagem de argila de todo horizonte A.

(2) Somente com mudança textural abrupta entre os horizontes A e B.

(3) Somente aqueles com horizonte A arenoso.

Segundo Levantamento pedológico semidetalhado mais recente (OLIVEIRA et al., 1979, 1982, 1983a, 1983b, 1984; ALMEIDA et al., 1981, 1982, e PRADO et al., 1981, 1984) as unidades que melhor se enquadram neste grupo são Barão Geraldo, Ribeirão Preto, Água Vermelha, Jardinópolis, Capão da Cruz, Limeira, Itapira, Bonfim, Hortolândia, Itororó, Canchim, Campinho, Peroba, Camarguinho, Laranja Azeda, Bela Aliança e Itaguaçu (Quadro 4).

Solos do Grupo B

São solos com moderada taxa de infiltração, mesmo completamente molhados ou com alta taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância à erosão. São normalmente profundos, com relação textural entre 1,20 e 1,50.

A permeabilidade das camadas superficial/subsuperficial, segundo o Manual de Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH et al., 1983), deve ser rápida/moderada (1/2) ou rápida/rápida (1/1); neste último caso, só quando o horizonte A for arenoso. A drenagem do perfil é boa ou moderada (Quadro 4).

QUADRO 5 - Agrupamento de solos e suas respectivas unidades pedológicas, segundo levantamentos da comissão de Solos (Brasil, 1960) e semidetalhados.

Grupo de Solos	Comissão de Solos		Solos Identificados em Levantamentos Pedológicos Semidetalhados Recentes	
	Classe	Abreviação	Classe	Nome da Unidade
A	Latosol Roxo	LR	Latossolo Roxo	Barão Geraldo, Ribeirão Preto, Água Vermelha, Jardinópolis, Capão da Cruz
	Latosol Vermelho-Escuro fase arenosa (parte menos arenosa)	LEa	Latossolo Vermelho-Escuro textura média	Hortolândia
	Latosol Vermelho-Escuro Orto	LE	Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa	Limeira, Itapira e Bonfim
	SEM SIMILAR	-	Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa	Itororó
	Latosol Vermelho-Amarelo fase arenosa (parte)	LVa	Latossolo Vermelho-Amarelo textura argilosa	Canchin, Campinho e Peroba
	Latosol Húmico	LH	Latossolo Vermelho-Amarelo textura média	Camarguinho
	Latosol Vermelho-Amarelo (parte menos arenosa)	LVa	Latossolo Vermelho-Escuro textura média	Laranja Azeda e Bela Aliança
	Terra Roxa Estruturada (parte)	TE	Terra Roxa Estruturada intermediária com Latossolo Roxo	Itaguaçu
B	Latosol Vermelho-Escuro, fase arenosa (parte mais arenosa)	LEa	Latossolo Vermelho-Escuro textura média	Dois Córregos
	Latosol Vermelho-Amarelo, fase arenosa (parte mais arenosa)	LVa	Latossolo Vermelho-Amarelo Latossolo Vermelho-Amarelo (moderadamente drenado) textura média	Coqueiro, Lagoa Bonita
	Latosol Vermelho-Amarelo Intergrade para Podzólico Vermelho-Amarelo	LVP	Latossolo Vermelho-Amarelo Podzólico, textura arenosa/média	São Pedro
	Terra Roxa Estruturada (parte)	TE	Terra Roxa Estruturada textura argilosa	Estruturada e Babilônia
	Podzólico Vermelho-Amarelo (parte de cor avermelhada)	PV	Podzólico Vermelho-Escuro textura argilosa	Campestre, Vermelhão e Macuco
	Regosol, Regosol Intergrade para Podzólico Vermelho-Amarelo e Regosol Intergrade para Latosol Vermelho-Amarelo	R, RPV, RLV	Areia Quartzosa, Areia Quartzosa Podzólica	Panorama -
	SEM SIMILAR	-	Brunizém Avermelhado, textura argilosa	Engenho
	Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, Podzólico Vermelho-Escuro Orto, Podzolizados com cascalho e Podzolizados de Lins e Marília variação Lins	PVls, PV, Pc e Pln	Podzólico Vermelho-Amarelo textura média	Usina
C	Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba (parte)	PVp	Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/média ou média	Serrinha Tb e Alva Tb
	Podzolizados de Lins e Marília, variação Marília (parte)	Pml	Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/argilosa, arenosa/média, média/argilosa	Monte Cristo Tb
	Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba (parte) Podzólico Vermelho-Amarelo com cascalho	PVp e Pc	Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa	Santa Cruz Tb
	Mediterrânico Vermelho-Amarelo (parte)	M	Podzólico Vermelho-Escuro textura argilosa	Vermelhão
	SEM SIMILAR	-	Cambissolos, textura média	Palha
D	Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba (parte)	PVp	Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/média ou média	Serrinha Ta, Alva Ta, Monte Cristo Ta e Santa Cruz Ta.
	Podzólico Vermelho-Amarelo variação Piracicaba (parte)	PVp	Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa	Manduca
	SEM SIMILAR	-	Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa, Planossólico, textura média/argilosa	Tietê
	SEM SIMILAR	-	Planossolo, textura média/argilosa	-
	Litosol	Li	Solos Litólicos	-

FONTE: OLIVEIRA, 1979, 1982, 1983a, 1983b, 1984; ALMEIDA et alii, 1981 e 1982 e PRADO et alii, 1981 e 1984.

Segundo Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado de São Paulo (BRASIL, 1960), as classes que mais se aproximam desse grupo são: Latossolo Vermelho-Escuro, fase arenosa; Latossolo Vermelho-Amarelo, fase arenosa (quando A arenoso); Solos de Campos de Jordão; Latossolo Vermelho-Amarelo "intergrade" para Podzólico Vermelho-Amarelo; Podzólico Vermelho-Amarelo; Podzólico Vermelho-Amarelo "intergrade" para Latossolo Vermelho-Amarelo; Regassolo; Regossolo "intergrade" para Podzólico Vermelho-Amarelo; Regossolo "intergrade" para Latossolo Vermelho-Amarelo; Terra roxa estruturada; Podzolizados de Lins e Marília variação Lins; e Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Laras (Quadro 5). Nos dois últimos, excetuam-se os com mudança textural abrupta entre horizontes A e B.

Segundo levantamentos pedológicos semidetalhados recentes (OLIVEIRA et al., 1979, 1982, 1983a, 1983b, 1984; ALMEIDA et al., 1981, 1984), as unidades que melhor se enquadram nesses grupos de solos são Dois Córregos, Coqueiro, Lagoa Bonita, São Pedro, Estruturada, Babilônia, Campestre, Vermelho, Macuco, Areia quartzosa, Panorama, Usina e Engenho (Quadro 5).

Solos do Grupo C

São solos com baixa taxa de infiltração, mesmo quando completamente molhados, com baixa resistência e tolerância à erosão. São normalmente profundos ou moderadamente profundos, com relação textural maior que 1,5, comumente apresentando mudança textural abrupta.

A permeabilidade das camadas superficial/subsuperficial, segundo o Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH et al., 1983), deve ser lenta/moderada (3/2), lenta/rápida (3/1) ou rápida/moderada (1/2) (Quadro 4).

Segundo o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo, (BRASIL, 1960), as classes que mais se aproximam desse grupo são: Solos podzolizados com cascalho; Mediterrânico Vermelho-Amarelo; Podzolizados de Lins e Marília; Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Piracicaba; e Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Laras; os três últimos somente quando com transição abrupta entre horizontes A e B (Quadro 5).

Segundo levantamentos pedológicos semidetalhados recentes (OLIVEIRA et al., 1979, 1982, 1983a, 1983b; ALMEIDA et al., 1981, 1982; PRADO et al., 1981, 1984), as unidades que melhor se enquadram nesse grupo são Santa Cruz Tb, Vermelhão, Palha, Serrinha Tb, Alva Tb, Monte Cristo Tb (Quadro 5).

Solos do Grupo D

São solos com taxa de infiltração muito baixa, mesmo quando completamente molhados, e muito baixa resistência e tolerância à erosão. São normalmente rasos e/ou permeáveis, ou com mudança textural abrupta aliada à argila de alta atividade (Ta) ou ainda com camada de impedimento à infiltração de água (piçarra, fragipã, etc.).

A permeabilidade das camadas superficial/subsuperficial, segundo Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH et al., 1983), é lenta/lenta (2/3), rápida/lenta (1/3) (Quadro 4).

Segundo levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado de São Paulo (BRASIL, 1960, as classes que mais se aproximam desse grupo são os Litossolos (fase substratos: basáltico, granito-gnaisse; filito-xisto; arenito calcário; e folhelho argiloso) e Podzólico Vermelho-Amarelo, variação Piracicaba, quando raso (Quadro 5).

Segundo levantamento pedológico semidetalhado recente (OLIVEIRA et al., 1979, 1982, 1983a, 1983b, 1984; ALMEIDA et al., 1981, 1982 e PRADO et al., 1981, 1984), as unidades de solos que melhor se enquadram nesse grupo são Serrinha Ta, Alva Ta, Monte Cristo Ta, Santa Cruz Ta, Manduca, Tietê, Planossolo e Solos Litólicos (Quadro 5).

5 CONSEQÜÊNCIAS DA UTILIZAÇÃO E DO MANEJO INADEQUADOS DOS RECURSOS NATURAIS

A análise dos dados da avaliação da aptidão agrícola e dos níveis de exigência das terras, para aplicação de insumos e possibilidades de mecanização, demonstrou uma grande potencialidade das terras de São Paulo para uso agrícola.

Em muitas regiões do Estado, como no Vale do Paranapanema, foi notada a ocorrência de subutilização das terras, visíveis conseqüências do mal-uso e não observância das recomendações indicadas nos trabalhos de avaliação de terras.

Dentre as principais conseqüências da utilização e do manejo inadequados dos recursos naturais, destacam-se algumas apenas para sugerir a extensão dos prejuízos:

- degradação, principalmente do solo e da água;
- assoreamento e poluição dos recursos e espelhos d'água;
- prejuízos decorrentes para a saúde humana e animal;
- destruição de estradas, pontes e bueiros, pelo escoamento excessivo;
- problemas de geração de energia;
- diminuição da disponibilidade de água, irrigação e abastecimento;
- redução da produtividade agrícola;
- diminuição da renda líquida;
- empobrecimento do meio rural;
- comprometimento da qualidade de vida.

Essa realidade ressalta a importância e a oportunidade de se propor uma nova maneira de encarar e realizar a atividade agrícola no Estado, que vem ao encontro do objetivo precípuo do projeto em elaboração e para qual se realizou esse diagnóstico. (Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS, POTENCIAL AGRÍCOLA, USO E MANEJO

Conclui-se que o potencial da expansão agrícola dos solos de São Paulo é altamente favorável às explorações agropecuárias, representando grande área contínua com terras de potencialidades médias e altas. No entanto, existem grandes problemas diagnosticados quanto às características dos solos paulistas, principalmente ao se considerar a intensidade do uso atual, aliada a outros condicionamentos naturais que proporcionam grande dimensão aos problemas advindos do risco de degradação do principal recurso da produção agrícola.

A rigorosa obediência à capacidade de utilização das terras e a aplicação de técnicas corretas de manejo conservacionista constituem ações primordiais, visando à garantia de uso intensivo e permanente do solo sem degradá-lo.

Dentre as características levantadas, que constituem os problemas a serem solucionados com técnicas adequadas de manejo, citam-se:

–Quanto à natureza:

- solos com textura arenosa ou média (AQ, LV, PV);
- solos Podzolizados;
- alta saturação com alumínio no complexo sortivo (caráter álico);
- solos muito ácidos;
- deficiência em P e K;
- baixa saturação por bases;
- excessiva permeabilidade;
- drenagem deficiente (hidromórficos e aluviais);
- elevado poder tampão (cambissolos);
- presença de material sulfídrico quando drenados (tiomórficos);
- pouca profundidade efetiva (litólicos);
- baixos níveis de fertilidade natural;
- baixa capacidade de retenção de nutrientes;
- toxidez de manganês;
- más condições topográficas em solos cultiváveis (12-20%);
- más condições topográficas em solos para pastagem e reflorestamento (40%);
- necessidade de preservação permanente;
- necessidade de levantamento ou caracterização de solos em maiores níveis de detalhe.

–Quanto ao uso:

- baixos teores de matéria orgânica;
- deficiência em P e K;
- alta fixação de P;
- baixa permeabilidade (adensamento e compactação);
- suscetibilidade à erosão;

- fertilização e uso de corretivos aquém do necessário;
- pouco uso de análise de solo;
- uso mais intensivo indicado para culturas anuais, pastagens e reflorestamento;
- distorções do uso indicado;
- subutilização do potencial agrícola para culturas anuais;
- manejo inadequado de culturas ou pastagens.

A conservação do solo, entendida dentro de um conceito amplo e abrangente, merece uma atenção muito especial no Estado de São Paulo, pois será inserida no conceito conservacionista, através da implantação e desenvolvimento de uma estratégia técnica adequada, que poderá oferecer um tratamento adequado às deficiências apontadas neste capítulo.

As considerações apresentadas no diagnóstico indicam que apenas o problema da erosão é importante para justificar a ação conservacionista no Estado de São Paulo.

Pela classificação de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo, os dados numéricos evidenciam que outros problemas existem e não podem ser ignorados, sendo, no entanto, interdependentes.

Os baixos níveis de fertilidade das terras em áreas de solos originariamente pouco férteis, exigem grandes investimentos para recuperação e inserção dessas no processo produtivo, marginalizando-se muitas vezes da utilização.

Em outros casos, terras que originariamente eram pouco férteis, ao serem expostas a formas inadequadas de utilização, como erosão não controlada ou intensidade de uso acima de sua capacidade, não reposição dos nutrientes exportados pelas colheitas e queima de matéria orgânica, passaram a suportar apenas más coberturas de gramíneas. Da mesma forma, outras terras que originariamente eram mais férteis estão ainda hoje sob utilização, porém com baixos níveis de produtividade.

Nos solos apontados com problemas de fertilidade, as fertilizações e correções não devem constituir medidas isoladas, mas devem estar inseridas num conjunto de melhoria das condições dos solos, que, além de proporcionar resultados mais efetivos, torna-se mais econômico ao longo dos anos.

As práticas mecânicas de conservação dos solos, ainda que corretamente recomendadas do ponto de vista técnico, assim como fertilizações e correções estarão comprometidas, caso não se observem as deficiências relativas às inadequadas condições físicas do perfil (por exemplo, os adensamentos provocados).

No caso específico das terras utilizadas com pastagens, observa-se, muitas vezes, o manejo inadequado, pelo baixo nível de fertilização ou correção, emprego de espécies inadequadas, más condições físicas do corpo do solo, superlotação e praguejamento excessivo. Este constitui outro exemplo típico de que medidas isoladas atendem apenas parcialmente, e que o manejo conservacionista compreende um elenco de medidas que promovem o uso racional do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C.L.; OLIVEIRA, J.B. de. & PRADO, H. do. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo. Quadrícula de Jaú.** Campinas, Convênio EMBRAPA/CPA/IA, 1981. Mapa, escala 1:100.000.

ALMEIDA, C.L.; OLIVEIRA, J.B. de. & PRADO, H. do. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Brotas**. Campinas, Convênio EMBRAPA/CPA/IA, 1982. Mapa, escala 1:100.000.

BEEK, K.J. 1978. **Land Evaluation for Agricultural Development Wageningen**, The Netherlands, International Institute for Land Reclamation and Improvement. 333p. (ILRI Publ. 23).

BRASIL, Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. **Levantamento e reconhecimento de solos do Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1960. 643p. (SNPA, Boletim, 12).

BRASIL, Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. Brasília, BINAGRI. Aptidão Agrícola de Terras de São Paulo. 114p. 1979.

BERTONI, J. **Espaçamento de terraços para os solos do Estado**. Campinas, Instituto Agronômico, ago. 1978. 4p.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba, Livroceres 1985. 392p.

CHIARINI, J.V. & DONZELI, P.L. 1973. **Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo.** Campinas, Instituto Agronômico, 20p. 1973. Anexos. (Boletim Técnico, 3).

EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Súmula da reunião técnica de levantamentos de solos**, 10. Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS, 1979, 38p. (Miscelânia,1).

FAO. 1976. **A Framework for land Evaluation**. Soil Bull, 32. FAO, Rome and ILRI, Wageningen, Publ. 32.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Anuário Estatístico do Estado de São Paulo**, 1980. São Paulo, SEADE, 1981. ISSN 0100-8730. 797p.

LEPSCH, I.F. & OLIVEIRA, J.B. de. **Explicações sumárias sobre a nova nomenclatura das legendas de mapas pedológicos de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico. Boletim técnico nº 117, 1987, 36p.

LEPSCH, I.F. et alii. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175p.

MARQUES, J.Q.A. **Manual brasileiro para levantamento da capacidade de uso da terra: 3ª aproximação**. Rio de Janeiro, Escritório Técnico Brasil-EUA, 1971. 433p.

OLIVEIRA, J.B. de.; MENK, J.R.F. **Latossolos roxos do Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico, 1984. 132p. (Boletim técnico, 82).

OLIVEIRA, J.B. de.; MENK, J.R.F. & ROTTA, C.L. **Levantamento pedológico semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo: Quadrícula de Campinas**. Rio de Janeiro, IBGE, 1979. 172p. (Recursos Naturais e de Meio Ambiente, 6).

OLIVEIRA, J.B. de.; MENK, J.R.F.; BARBIERI, J.L.; ROTTA, C.R.. TREMOCOLDI, W. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Araras.** Campinas, Instituto Agronômico, 1982. 180p. (Boletim Técnico, 71).

OLIVEIRA, J.B. de. & PRADO, H. de. **Levantamento pedológico semidetalhado de São Paulo: Quadrícula de Ribeirão Preto.** (Campinas) Convênio EMBRAPA/CPA/IA, 1983a. Mapa, escala 1:100.000.

OLIVEIRA, J.B. de.; PRADO, H. do. & ALMEIDA, C.L.F. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Descalvado.** (Campinas) Convênio EMBRAPA/CPA/IA, 1983b. Mapa, escala 1:100.000.

PAIVA NETO, J.E. de.; CATANI, R.A.;KUPPER, A.; MEDINA, H.P.; VERDADE, F.C.; GUTMAN, M.; NASCIMENTO, A.C. **Observações gerais sobre os grandes tipos de solo do Estado de São Paulo**. Bragantia, Campinas, 11: 227-253, 1951.

PERALTA, P.M. **Guia para los reconocimientos de conservación e classificación de la capacidade de la tierra.** Santiago, Min. Agricultura y Pesca/Dep. Conservación y Assistencia Técnica, 1963. 63p.

PRADO, H. do. & OLIVEIRA, J.B. de. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos**. II. Memorial descritivo. Campinas, Instituto Agronômico, 1984. 188p. (Boletim Técnico, 98).

PRADO, H. do.; OLIVEIRA, J.B. de. & ALMEIDA, C.F. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos.** (Campinas) Convênio EMBRAPA/CPA/IA, 1981. Mapa, escala 1:100.000.

PROJETO RADAMBRASIL. 1983. Folha SF. 13/24. Rio de Janeiro/Vitória. **Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 775p. (Lev. Rec. Nat., 32).

SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. **Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo**. Campinas, 1974/76. 2v.

SECRETARIA NACIONAL DE PLANEJAMENTO AGRÍCOLA. **Aptidão Agrícola das Terras de São Paulo**. Brasília, BINAGRI, 1979. 114p.il. (Estudos Básicos para o planejamento agrícola; Aptidão agrícola das Terras, 20).

SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. **Levantamento de reconhecimentos dos solos de São Paulo**. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. M.A., 1960. 634p. (Boletim, 12).

TSUNECHIRO, A. et al. **Produção potencial de grãos e armazenagem a granel do Estado de São Paulo**. São Paulo SA/CPA, 1987. 28p. Anexos (Relatórios da Comissão Especial). Mimeo.

UTILIZAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS E DE MAPAS NO PLANEJAMENTO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

Edison Carraro [1]

1 INTRODUÇÃO

A fotografia aérea de uso em planejamentos de microbacias hidrográficas oferece uma série de informações que permite estabelecer os limites de diversas ocorrências relativas ao solo, à vegetação e à ação do homem. Esses limites são estabelecidos a fim de se recomendarem usos apropriados e práticas agrícolas específicas para cada gleba, levando-se em consideração os fatores que a caracterizam.

Uma vez estabelecido o curso d'água principal que ordena as vertentes da microbacia escolhida, procede-se ao traçado do seu limite, obtendo-se uma área cujo perímetro percorre as linhas de cumeada ou espigões divisores de água de chuvas.

Isso deve ser feito no escritório, sendo necessário dispor-se de pares estereoscópicos de fotografias aéreas e de um aparelho apropriado para se obter a visão tridimensional dos elementos fotografados, que é o estereoscópio. Através desse aparelho, olhando-se o estereograma formado pelo par de fotografias aéreas, tem-se uma noção da fisiografia do terreno, sobressaindo-se as partes mais altas do relevo, as quais se juntam em alinhamentos divisores de águas de chuvas, que estabelecem os limites determinantes da bacia. Esses limites percorrem os topos das elevações naturais de montanhas, serras, colinas ou montes, passando pelo cume das encostas que têm forma convexa; contornam a nascente principal do curso d'água e de seus afluentes, indo até a foz ou até um ponto escolhido, anterior a ela, que pode ser determinado por uma estrada ou por uma represa, por exemplo.

Essa área, assim definida, recebe toda a água de chuva que cai em sua superfície e orienta o escorrimento para o curso d'água receptor que continua recebendo mais água a jusante ou dá vazão para outro curso d'água maior. Uma área, assim delimitada, constitui-se uma bacia hidrográfica e, sendo pequena, constitui-se, uma microbacia.

2 DELIMITAÇÃO DA BACIA

A delimitação da microbacia pode ser feita também no campo, visualizando-se os espigões e correlacionando-os com as imagens fotográficas; em alguns trechos, pode-se caminhar por estradas que em muitas vezes passam por divisores de água da microbacia. Em alguns casos, quando a área em torno do espigão é plana, há necessidade de observarem-se vestígios de escorrimento superficial das águas de chuva que deixaram marcas no terreno. Essas marcas são normalmente reveladas por pequenos sulcos ou porções de terra assoreada que se encontram às margens de estradas, junto aos barrancos, ou então nos carreadores verticais dos talhões, ou nas glebas de plantio, ou vegetação natural.

A delimitação da bacia, entretanto, não deve esbarrar em dificuldades para o seu traçado e sim fornecer um perímetro que permita avaliar a sua área.

Um outro meio de se delimitar a microbacia é através do uso de cartas ou folhas topográficas que são confeccionadas atualmente a partir de fotografias aéreas verticais. São os mapas de restituição aerofotogramétrica ou cartas sistemáticas de base. Essas cartas representam a fisiografia do terreno, fornecendo uma noção do seu relevo ou da topografia local, com registros de elementos que permitem estabelecer os divisores de água. Esses elementos são, principalmente, os cursos d'águas, as cotas dos pontos de apoio (cotas isoladas, únicas) e as linhas de nível que acompanham as encostas do terreno

Engenheiro Agrônomo, SAA/CATI - DEXTRU - CTRN

ou contornam as elevações existentes. Na Figura 1, apresentamos a Microbacia Hidrográfica do Rio Clarinho, onde podem ser observadas representações gráficas dos cursos d'água dessa área, que são o rio Clarinho e seus afluentes sem nomes e as cotas (altitudes em metros) dos pontos de apoio: 737, 790, 839, 803, 796, 989, 987, 1.005, 948, 911, 970, 775, 769, 744. Note que, em rigor, o contorno deveria passar pela cota 825, após passar pela cota 803 e atingir a cota 780, indo desta até a cota 800 (curva fechada) e depois para 825, retornando pela cota 796.

Seguindo pelas encostas do terreno, as linhas de nível contornam internamente a rede de drenagem, apresentando duas configurações típicas: uma côncava, com linhas que contornam as depressões do terreno formadas por ravinas, grotas, sulcos naturais de drenagem ou pequenos cursos d'água e afluentes, que são representados por traços que seccionam as curvas de nível sempre num único sentido, de cima para baixo, na direção do declive; a outra configuração é convexa e contorna a encosta em elevação de terra seca, sem apresentar nenhuma ocorrência natural, podendo às vezes estar seccionada por uma estrada. Atravessando as linhas de nível com configuração convexa é que passa o divisor d'água, num de seus trechos. Esse divisor normalmente é traçado partindo-se da foz do curso d'água principal e seguindo a montante.

A partir da foz, atravessando as linhas de nível com configuração convexa, e seccionando-as nos pontos de maior flexão, o divisor d'água segue pelos pontos mais altos do terreno até atingir as linhas de nível que contornam as elevações existentes.

Observe, no mapa, o trecho da represa até a cota 839 e o contorno da microbacia passando pelas maiores flexões das linhas de nível de cotas 660, 680, 700(737), 740, 760, 780, (790), 800, 820, (839). Nas elevações existentes, as linhas de maiores cotas apresentam-se em contornos fechados, de formas arredondadas, elípticas ou ovaladas.

O divisor passa aproximadamente pela linha mediana da curva fechada de maior cota e segue depois entre duas linhas de nível da mesma cota, abertas, que contornam aquela lateralmente. Observe, no mapa, as curvas fechadas de cotas 820, 980, 1.000, 940, 960, 760, 740. Pode passar novamente por outra curva fechada ou então atravessar linhas de configuração convexa ou passar entre duas linhas de mesma cota, abertas.

Em sucessivas alternâncias, nessas passagens, o divisor caminha ao longo e a montante de uma das margens do córrego, separando as suas vertentes com as de um outro córrego pertencente a uma outra bacia hidrográfica. Contorna a nascente do córrego principal da bacia em estudo e retorna passando ao longo e a montante da outra margem, até finalmente passar por linhas de configuração convexa, para atingir a foz, pelo outro lado do córrego.

Para traçar o contorno dos limites de uma microbacia, em resumo, pode-se usar a fotografia aérea ou a folha fotográfica, ou então esses dois materiais simultaneamente, executando-se o traçado no escritório, no campo, ou nesses dois locais, obtendo-se uma melhor complementação do serviço.

A seguir, procede-se a uma avaliação da área delimitada, através da planimetria da figura, levando-se em consideração o seu tamanho e forma para determinar a escala em que deverá ser confeccionado o mapa final representativo da microbacia escolhida. Em geral, os materiais usados preliminarmente, quais sejam fotografias aéreas e folhas topográficas aéreas e folhas topográficas, encontram-se nas escalas de 1:25.000 e 1:50.000, respectivamente, disponíveis para todo o Estado de São Paulo. Para algumas regiões, existem materiais mais recentes e em outras escalas, como fotografias aéreas em escalas de 1:35.000 e 1:45.000 a partir de 1976 e folhas topográficas em escala de 1:10.000.

A fotografia aérea tem o formato de um quadrado e o tamanho padrão de 23cm por 23cm. Duas fotografias, obtidas em seqüência e com 60% de recobrimento na faixa de vôo, constituem o par estereoscópico, que permite obter-se a visão estereoscópica ou tridimensional.

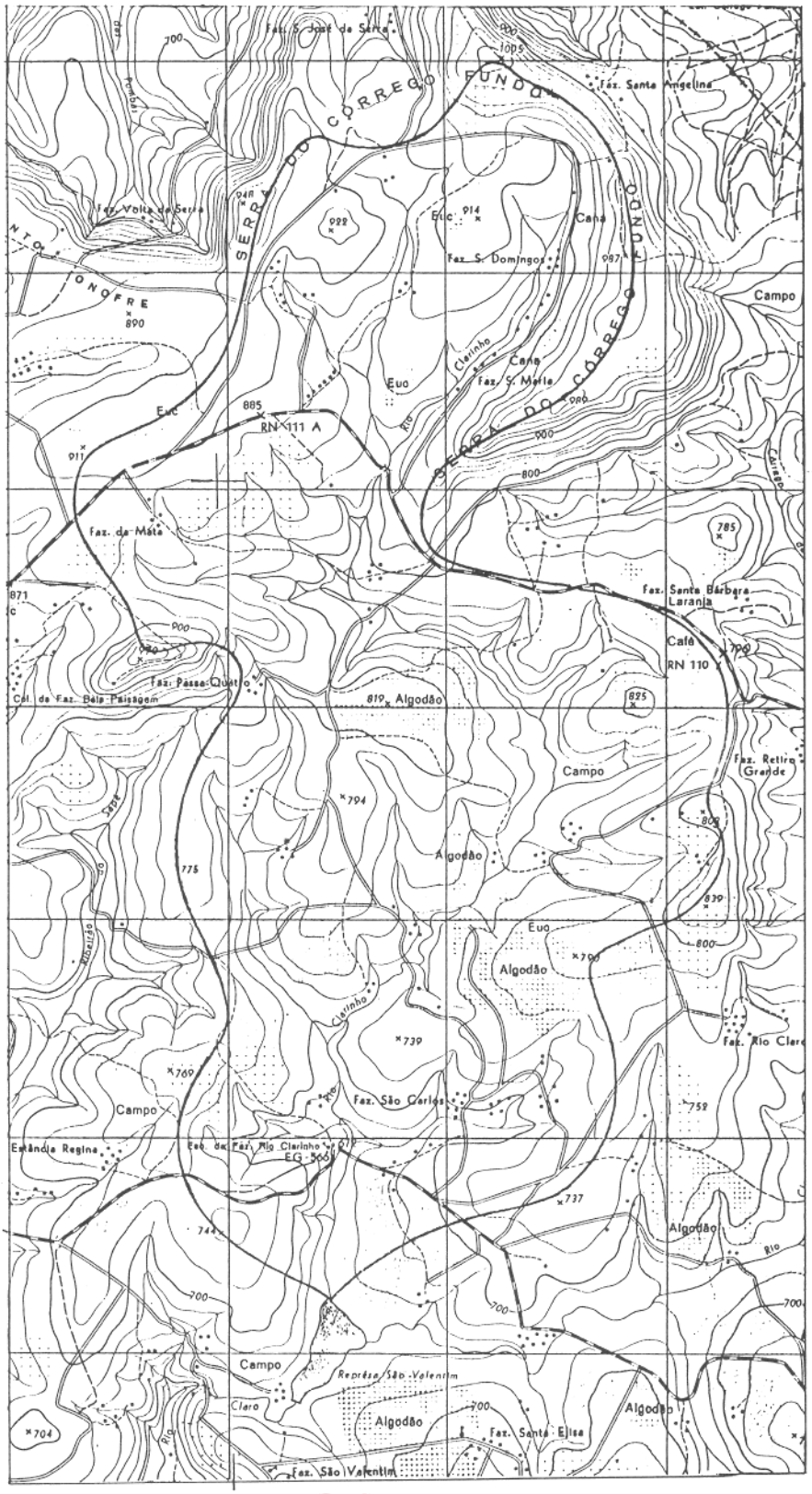


FIGURA 1 - MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CLARINHO - 3.750 hectares.
Escala 1:50.000; município: SANTA RITA DO PASSA QUATRO

3 REDE DE DRENAGEM

Os elementos a serem registrados no mapa representativo da microbacia escolhida são aqueles que normalmente aparecem nos mapas de restituição aerofotogramétrica. Cada conjunto de ocorrências similares que a escala do mapa comportar, e que é considerado de importância para a elaboração do planejamento global ou para a avaliação de áreas de projetos específicos, pode constar em maior ou menor grau de detalhamento.

Os conjuntos de ocorrências que normalmente aparecem nos mapas são representados pelos elementos naturais, constituindo a rede de drenagem, e pelos elementos do sistema viário e outras benfeitorias realizadas pelo homem. As imagens fotográficas desses dois conjuntos são facilmente identificáveis, sendo contrastantes quanto a formas, limites, tonalidades e elementos associados.

A rede de drenagem apresenta sempre uma orientação ordenada de seus elementos coletores de águas vertentes ou de chuvas, que disciplinam o deflúvio superficial no sentido do declive do terreno, seguindo o seu curso em direção aos relevos de maior altitude para os de altitudes menores.

Nessa trajetória, os componentes da rede de drenagem apresentam percursos com contornos de formas irregulares, mostrando canais sinuosos, identificados como sulcos naturais de drenagem superficial das águas de chuva ou cursos de água perene. Os limites da rede de drenagem também são irregulares, variando as larguras, extensões e profundidades que estão diretamente relacionadas com o tipo de solo e declividade que percorrem, além de precipitação pluviométrica local.

A tonalidade do terreno é mais escura à medida que aumenta a umidade conferida pela presença de água que, na época chuvosa, revela mais facilmente os drenos superficiais se a fotografia aérea foi obtida nessa época.

Esses drenos são mais fáceis de serem identificados nos solos argilosos e muitos deles fazem parte das glebas cultiváveis, não apresentando elementos associados, como os cursos de água perene que normalmente se apresentam margeados de vegetação natural que compõe a mata ciliar.

Quando os drenos ocorrem em terrenos florestados, há certa dificuldade em localizá-los à medida que a vegetação for mais densa, havendo necessidade de examinar as fotografias aéreas com o estereoscópio. A visão estereoscópica permite observar as depressões que ocupam as posições mais baixas da topografia local, no terreno onde ocorrem os componentes da rede de drenagem.

Os elementos normalmente encontrados, formando conjuntos representativos da rede de drenagem, são: canais de drenagem natural ou drenos escoadouros das águas de chuva, como ravinas, drenos secundários, drenos mestres ou principais; nascentes ou cabeceiras d'água e demais formas de aguadas, como córregos, ribeirões, riachos, rios; baixadas úmidas, várzeas, poças d'água e demais depósitos fluviais, como açudes, barragens, represas, lagoas, brejos, pântanos. "Gargantas", grotas e voçorocas naturais podem fazer parte do conjunto, devendo ser traçados os seus contornos, assim como os contornos de outros elementos que tenham formas ou áreas representativas, como, por exemplo, as várzeas.

Embora apresentem tons escuros e intermediários do cinza, se houver incidência de luz solar nesses elementos com reflexão direta para a lente da câmera fotográfica, o tom do elemento fotografado apresentará uma tonalidade mais clara, e bem mais clara se a superfície do elemento for lisa e houver uma boa reflexão de luz. É o que acontece com o espelho d'água das barragens, que pode apresentar tom escuro numa foto e claro na outra, do par estereoscópico.

As imagens fotográficas de canais intermitentes de drenagem, em solos arenosos, apresentam tonalidade mais clara, o mesmo acontecendo com os sulcos de erosão severa e com as voçorocas. Acontece também de serem mais claras as lâminas d'água de córregos, que percorrem os solos arenosos claros, destacando-se, em seu leito ou às suas margens, as áreas de espraiamento e as de deposição ou acúmulo de areia.

Em terras secas de solos arenosos escuros (vermelhos), pode ocorrer um clareamento de imagem, que se destaca nitidamente, abrangendo áreas de cultivos anualmente repetidos. Ao se verificar no campo essa ocorrência, constata-se o efeito da erosão laminar severa que arrasta as partículas mais grossas de solo das partes altas do terreno em elevação para as partes mais baixas do terreno, até o leito do córrego ou rio, onde se acumula grande quantidade de areia que caracteriza, às vezes, uma várzea arenosa.

4 SISTEMA VIÁRIO E BENFEITORIAS

Os elementos do sistema viário e outras benfeitorias feitas pelo homem apresentam contornos de formas regulares, limites definidos, tonalidades claras e riqueza de elementos associados. O sistema viário, em seu traçado, apresenta uma trajetória estabelecida pelo homem que modificou a paisagem natural com suas obras de engenharia e outras ocupações. Os elementos associados estão sempre presentes junto às vias de acesso ou aos sistemas agrários de produção.

Os traçados que compõem o sistema viário não obedecem a nenhum direcionamento natural, verificando-se, entretanto, um aumento crescente da malha viária que se torna cada vez mais intensa, vindo das regiões mais afastadas para os centros populosos, até transformar-se num complexo cada vez maior em que nem a topografia local e nem mesmo o relevo regional são respeitados. Assim, nas estradas de tráfego intenso, são comuns os cortes e aterros, os túneis, as pontes e os viadutos, os trevos de acesso aos parques industriais, loteamentos urbanos, habitacionais e de lazer, além de outras obras necessárias.

As estradas projetadas têm larguras regulares, uniformes; longos trechos em linhas retas, com rampas suaves e curvas abertas. Estradas comuns apresentam larguras variáveis, irregulares, com trechos curtos ou linhas retas e curvas mais fechadas. Os caminhos são menos pronunciados e regulares do que as estradas. Caminhos, carreadores e trilhas com tráfego intenso apresentam-se em linhas com tonalidades claras quando passam por terras secas. Os caminhos e carreadores são normalmente longitudinais e verticais em relação ao nível do terreno. As trilhas já são sinuosas e atravessam terrenos ocupados com vegetação alta, podendo estar parcialmente cobertas ou pelas árvores, ou pelas sombras destas.

As estradas projetadas com leito carroçável asfáltico apresentam tonalidades mais escuras que as apresentadas por estradas de terra; e estas apresentam tonalidades mais escuras nos solos argilosos do que nos arenosos. Em ambos os lados da estrada, são visíveis os acostamentos e as faixas laterais de domínio oficial, que são normalmente separadas por cercas, se a região for bem-desenvolvida.

Estradas de ferro apresentam seus leitos com tonalidades escuras, diferenciando-se das estradas de rodagem por serem mais estreitas e terem seu traçado mais em conformidade com o relevo, procurando seguir os contornos deste, em rampas uniformes e suaves, curvas mais longas e mais suaves. Os cortes e aterros são bem-visíveis , e os elementos associados são representados pelos desvios, estação, armazéns e outros.

As pontes situadas nos cruzamentos das estradas com os rios apresentam uma alteração na tonalidade e na largura. Os túneis ocorrem com interrupção da via a céu aberto e tonalidade escura em suas estradas. As linhas de alta tensão atravessam o terreno em linha reta, sem nenhuma concordância com a topografia ou acidentes geográficos, apresentando-se em faixas regulares, estreitas e aceradas, com suas torres visíveis em pontos brancos que se distinguem facilmente na foto. Se a imagem fotográfica da linha de alta tensão atravessar radialmente pelo centro da foto, a distorção da linha reta será mínima, acentuando-se à medida que essa imagem ficar localizada na borda da foto, sem passar pelo centro ou próximo deste. Então, a distorção que ocorre é muito grande, dando a impressão que a linha é tortuosa, em ziguezague, e não reta como é realmente.

As cidades, vilas, patrimônios, colônias, sedes de propriedades agrícolas, construções rurais e uma série de outras benfeitorias aparecem com formas regulares e tons contrastantes, com padrões geométricos estabelecidos pelo homem como linhas retas, ângulos agudos e círculos, que são facilmente identificáveis nas fotografias. As casas rurais normalmente estão circundadas por arvoredos ou por pomares, situando-se geralmente ao lado ou no extremo de uma estrada; em regiões montanhosas, situam-se em clareiras de matas.

As cercas de divisas de propriedades apresentam-se em linhas retas contrastantes, pois ao longo delas são mantidas as vegetações espontâneas que mostram uma tonalidade escura, o que não acontece em cercas de divisão interna. É o contraste entre as vegetações de pastagem e de cultivo.

5 VEGETAÇÃO

O conjunto representativo da paisagem agrícola é referente à vegetação que cobria o terreno na época da tomada da fotografia. A vegetação pode ser natural ou artificial. Vegetação natural de grande porte, do tipo mata ou floresta, diferencia-se de um povoamento reflorestado pelas seguintes características: os limites e a forma (configuração) da imagem são irregulares; a textura é grossa, desuniforme, destacando-se as copas das árvores de madeira de lei; o "telhado" é irregular, com altura desuniforme, pois ocorrem "indivíduos" (árvores) de diferentes espécies e idades; não existem carreadores nem delineamentos de plantio.

Numa área reflorestada, os limites e a forma da imagem são geralmente regulares; a textura de imagem é mais fina, uniforme, sem destaque de copas individuais que se sobressaem; o "telhado" é regular, com altura uniforme, pois são árvores de mesma espécie e idade; normalmente existem carreadores bem-definidos, além de alinhamentos de plantio em linha reta bem-definidos e nítidos.

A textura é produzida pela reunião de unidades muito pequenas para serem identificadas individualmente. O "telhado" é a aparência da disposição da parte superior da cobertura vegetal, quando observada em fotografias aéreas verticais. Além da textura e do "telhado", os elementos de reconhecimento normalmente empregados são limites, forma (configuração), tonalidade, porte da vegetação, além de aspectos associados, como carreadores, estruturas de irrigação, de drenagem, sistemas de colheita e remanescentes destes, além de outros que são bem-específicos.

O reconhecimento da vegetação normalmente é feito descrevendo-se alguns elementos apenas, ou então uma série deles, se preciso for, os quais deverão permitir diferenciar os diversos usos na área considerada. A tonalidade refere-se aos tons de cinza (claro, médio e escuro), sendo empregado também os termos esbranquiçado (cana cortada) e escuro intenso (floresta e reflorestamento). Na descrição da textura, ainda são usados os termos marchetada (culturas anuais) e aspecto penteado (cana cortada).

O Quadro 1 relaciona os principais tipos que normalmente são considerados em trabalhos de levantamentos por fotointerpretação, com os elementos de conhecimento que mais foram empregados, como textura, tonalidade e porte da vegetação.

QUADRO 1 - Tipos de vegetação normalmente levantados em trabalhos de fotointerpretação.

	TEXTURA							TONALIDADE				PORTE			
	FINA	MEDIA	GROSSA	CONTINUA	DESCONTINUA	UNIFORME	DESUNIFORME	CLARA	MEDIA	ESCURA	INTERMEDIARIA	RASTEIRO	BAIXO	MEDIO	ALTO
Floresta natural	x	x	x	-	-	-	x	-	x	x	-	-	-	-	x
Reflorestamento	x	x	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	x	x
Eucaliptos	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	x
Capoeira	x	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	x	-
Cerradão	x	x	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	x	x
Cerrado	x	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	x	-	-
Cerrado baixo	-	x	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	x	-
Campo cerrado	x	-	-	x	-	-	-	x	-	-	-	x	x	-	-
Campo	-	-	-	x	-	-	-	x	-	-	-	x	-	-	-
Campo limpo	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
Campo sujo	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-
Goiaba, figo, pêssego	x	x	-	granular				-	x	x	-	-	x	x	-
Citros	-	x	x	granular				-	x	x	-	-	x	x	x
Pomar não cítrico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-
Cafezal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	-	x	-	-
- bom	x	x	-	-	-	x	-	-	x	x	-	-	x	-	x
- regular	-	x	x	-	-	x	-	-	x	-	-	-	x	-	x
- mau	-	-	x	-	-	-	x	x	x	-	-	-	x	-	-
Culturas temporárias	x	-	-	x	-	-	-	-	x	x	-	x	x	-	-
Cultura temporária de inverno	x	-	-	x	-	-	-	x	x	-	-	x	x	-	-
Culturas anuais	-	aveludada				-	-	x	-	-	x	-	-	-	-
Pastagem típica	x	aveludada				x	-	x	-	-	-	-	x	-	-
Pastagem	x	aveludada				x	-	x	x	-	x	x	não visível *		
Cana-de-açúcar	-	aveludada					-	x	x	-	-	-	x	-	-
- nova	x	-	-	x	-	-	-	x	x	-	-	x	-	-	-
- de ano	x	aveludada					-	-	x	-	-	-	x	visível *	
- de ano e meio	-	-	x	aveludada				x	-	-	-	-	x	visível *	
- soca	x	aveludada						x	-	-	-	-	x	visível *	
- cortada	x	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	x	-	-	-

** ao estereoscópio*

A floresta natural apresenta "telhado" desuniforme e limitantes irregulares, com ausência de carreadores. O reflorestamento apresenta "telhado" uniforme, limites e forma regulares, com carreadores definidos. Na capoeira, o "telhado" pode ser uniforme ou desuniforme; no cerradão é desuniforme e no cerrado é uniforme. A forma é irregular no cerrado baixo que apresenta sombras; no campo sujo, com sombras provenientes da vegetação arbustiva esparsa; no campo limpo, com ausência de sombras. Nas culturas perenes, o "telhado" é uniforme, sem ondulações acentuadas e com possibilidade de individualização das plantas com largos espaçamentos: copas pequenas irregulares em citros, goiabeiras, pessegueiros; copas grandes e arredondadas em mangueiras. Em cafezal com estado vegetativo bom, o "telhado" não apresenta nenhuma falha, e, quando apresenta, são poucas ou moderadas.

Na cana-de-açúcar, o "telhado" é regular, homogêneo, com ondulações acompanhando o terreno; na cana cortada, há presença de alinhamento a cada cinco linhas de plantio, paralelo às leiras de palhada que acompanham o sentido do corte; na cana nova, há ausência de leiras de palhada. Em bananais, o "telhado" é ondulado devido à ocorrência de touceiras de diferentes idades.

Os limites da cultura perene definem uma configuração geométrica característica para os talhões de citros, cafezais e cana-de-açúcar, com maior subdivisão da área em relação a essas culturas. A forma é regular e os carreadores estão presentes.

Nas culturas temporárias, podem estar presentes os seguintes aspectos associados: canais de irrigação e drenagem; diques; faixas de rotação de culturas (retenção); carreadores; terraceamento. Os restos culturais podem estar enleirados, colhidos em bandeiras (áreas de amontoamento da colheita) ou em medas. Nas pastagens, os aspectos associados mais comuns são: presença de árvores naturais (e sombras); bebedouros; aguadas; cercas; currais; trilhas; cochos de sal.

Um cafezal diferencia-se do eucalipto recém-cortado pelo aspecto desuniforme dessa cultura, devido à brotação irregular. Diferencia-se de pomar cítrico pelo porte e tamanho da copa das árvores desse. Diferencia-se das culturas anuais, devido ao porte, tamanho e aspecto vegetativo dessas que são de dimensões menores que o cafeeiro.

6 SOLOS

As ocorrências relativas ao solo formam um conjunto que pode reunir os fatores determinantes de uma caracterização com maior ou menor grau de detalhamento, sem contudo comprometer a finalidade proposta. O auxílio da estereoscopia é fundamental, e o apoio de campo para verificação ou checagem das interpretações feitas jamais poderá ser imprescindível.

A sensação do relevo, conseguida na visão estereoscópica, é uma das principais análises a ser feita, procurando-se visualizar a topografia local e a rede de drenagem.

Em relevos planos, a área agrícola é menos subdividida; as divisas, estradas e caminhos são mais retos e mais extensos.

Em relevos acidentados, há uma maior subdivisão da área, que apresenta divisas mais irregulares e estradas contornantes, que acompanham as baixadas e os espigões. Nesses relevos, a rede de drenagem é menos intensa, com pequeno número de afluentes bem-distantes entre si (muitas vezes a distância interfluvial é de quilômetros); nestes afluentes, os rios apresentam uma ordem de ramificação bem-intensa, com grande número de nascentes, grotas, afluentes e outros componentes da rede de drenagem. Esta confere uma tonalidade escura à imagem fotográfica, devido à presença de umidade e, sendo contrastante, permite localizar as áreas situadas em diferentes posições no terreno, podendo ser separadas as partes altas e secas das baixadas úmidas, junto ao leito do rio ou córrego principal, cujos diques marginais normalmente estão cobertos por matas ciliares.

As áreas de solo úmido, maldrenado, geralmente aparecem em tons mais escuros que as áreas de solos bem-drenados, situados em declives convexos, mais acentuados. Solos situados nessa posição de encosta declivosa e convexa geralmente são argilosos e apresentam tonalidade mais escura que os solos situados em declives côncavos, de textura mais grosseira e arenosa. Vistos em estereoscopia, os primeiros dão uma forma de **V** fechado aos leitos dos rios e córregos, enquanto que a forma de **V** bem-aberto é dada pelos solos arenosos, que podem apresentar também áreas de deposição (várzeas arenosas), cuja tonalidade fotográfica é bem clara. Essa variação de tonalidade depende da existência ou não de cobertura vegetal, pois esta influi para uma tonalidade mais escura. Áreas descobertas apresentam tons mais claros.

Uma avaliação da suscetibilidade do terreno à erosão ou uma análise da ocorrência desta pode ser feita, considerando-se as características das pendentes, representadas principalmente pelo declive, comprimento de rampa, forma, topografia e cobertura vegetal, além da textura do solo.

Em áreas de microbacia que apresentam uma superfície pequena, em torno de 3.000ha, é comum a ocorrência de dois grandes grupos de solos pertencentes a duas classificações maiores, como, por exemplo, um solo Hidromórfico mais um solo com B Textural ou B Latossólico, ou mesmo um B Textural ou B Latossólico mais um Litosol, ou os três ou quatro solos juntos, cada um de uma classificação maior.

A ocorrência de dois ou mais grandes grupos de solos de uma mesma classificação maior já é mais rara em áreas de 3.000ha pertencentes a uma microbacia. Normalmente, essa área apresenta-se homogênea na parte alta do terreno, mas pode haver necessidade de separar um solo com B Textural de um solo com B Latossólico. Este geralmente situa-se na parte alta do relevo, enquanto aquele está mais próximo da rede fluvial que se apresenta, então, com uma intensidade maior. Uma verificação em campo dá mais segurança e mais precisão no traçado de linha que separa esses dois solos. Enquanto o Latosol tem um perfil uniforme texturalmente, o Podzólico vai apresentar em sua camada subsuperficial (B textural) uma textura argilosa. As tradagens nas camadas superficial e subsuperficial são necessárias em pontos pré-determinados na fotografia aérea ou eleitos na área, durante a verificação de campo.

Os Litosóis já ocorrem em situações típicas no terreno, normalmente nas partes altas, e apresentam uma tonalidade bem mais clara, que se destaca na imagem fotográfica das áreas adjacentes, apresentando nenhuma ou pouca vegetação de cobertura. Essa situação encontra-se também em solos pedregosos, rasos ou severamente erodidos.

O Quadro 2 relaciona os grandes grupos de solos do Estado de São Paulo, ordenados em sua classificação maior e com os seguintes fatores: relevo; textura superficial; vegetação natural; e drenagem. A principal separação que deve ser feita é na ordem de classificação maior em: Solos Hidromórficos, Solos com B Latossólico (Latosóis); Solos com B Textural (Podzólicos); e Solos pouco Desenvolvidos (Litosóis). A caracterização em grande grupo ou em outro detalhamento maior deve contar com o auxílio de cartas de solos e de verificações em campo, observando-se que a separação de tipos de solos não coincide com as formas geográficas, necessariamente.

A erosão ou suscetibilidade à erosão considerada como um dos principais fatores do solo, pode ser interpretada na fotografia aérea por ocasião da tomada desta, podendo ser verificadas as suas formas de ocorrência: laminar; em sulcos; ou voçorocas.

A erosão laminar pode mostrar uma imagem em diferentes tons claros ou uma única mancha mais clara que se alastra do topo do terreno para as encostas, no sentido do declive, acompanhando a rampa deste; quanto mais severa, mais clara é a mancha que se destaca na foto, contrastando com o tom mais escuro dos locais preservados com maior densidade de cobertura vegetal.

A erosão em sulcos mostra as linhas de escoamento das enxurradas, sempre na direção do declive; começa com pequeninos sulcos e, à medida que crescem, vão aumentando de profundidade e largura. Nos solos arenosos bem-drenados, os sulcos têm a forma de **V**, sendo de secção transversal abaulada nos solos argilosos maldrenados; nestes, os sulcos apresentam gradientes suaves, naqueles, gradientes

acentuados. A erosão em voçorocas tem mais profundidade e se apresenta com secções transversais irregulares, com conformação arredondada na cabeceira; a tonalidade fotográfica do fundo da voçoroca geralmente é mais escura devido à presença de umidade; as paredes laterais são mais claras por não terem vegetação; suas bordas são mais uniformes nos solos arenosos e são serreadas nos solos argilosos.

As fotografias aéreas, utilizadas como meio para se obter o mapa base para o levantamento do meio físico, podem fornecer subsídios importantes para as anotações de fatores determinantes para o uso racional de áreas agrícolas.

Os aspectos comentados podem ser desenvolvidos ainda mais por aqueles que participam da assistência técnica à agricultura e de planejamento que requerem a representação gráfica de suas atividades. Através da utilização de fotos aéreas e de mapas, certamente haverá um melhor desempenho das atividades junto aos agricultores e às organizações que se dedicam às causas agrícolas.

QUADRO 2 - Grandes grupos de solos do Estado de São Paulo.

	RELEVO					TEXTURA SUPERFICIAL							VEGETAÇÃO					DRENAGEM				
	Plano	Suavemente ondulado	Ondulado	Fortemente ondulado	Montanhoso	Areia	Areia argilosa	Areia barrenta	Argila	Argila arenosa	Argila barrenta	Barro	Floresta	Cerradão	Cerrado	Campo cerrado	Campo	Imperfeitamente drenado	Mal drenado	Moderadamente drenado	Bem-drenado	Acentuadamente drenado
SOLOS HIDROMÓRFICOS																						
PH - Podzol Hidromórfico	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	"jundu"				-	x	-	-	-	-
O - Solos Orgânicos	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	arbustivas					-	x	-	-	-
HI - Solos Hidromórficos	x	x	-	-	-	diversas						-	Herb. arb. mangue					-	x	-	-	-
SOLOS COM B LATOSSÓLICO																						
LVa - Latosol Vermelho-Amarelo fase arenosa	x	x	x	-	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	-	-	-	x	-
LEa - Latosol Vermelho-Escuro fase arenosa	x	x	x	-	-	x	-	x	-	-	-	-	x	x	x	-	x	-	-	-	-	x
LH - Latossol Vermelho-Amarelo Húmico	x	x	-	x	x	-	-	-	-	x	-	-	x	-	x	-	-	-	-	-	x	-
LE - Latosol Vermelho-Escuro-Orto	-	x	x	-	-	-	-	-	x	x	-	-	x	-	x	x	x	-	-	-	x	-
LVt - Latosol Vermelho-Amarelo fase terraço	-	x	x	-	-	x	x	-	x	x	-	-	x	-	x	-	-	-	-	-	x	-
LR - Latosol Roxo	-	x	x	-	-	-	-	-	-	x	x	-	x	-	x	-	-	-	-	-	x	-
Lj - Solos de Campos de Jordão	-	x	-	-	x	-	x	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-
LV - Latosol Vermelho-Amarelo-Orto	-	-	-	x	x	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	x	-
LVr - Latosol Vermelho-Amarelo fase rasa	-	-	-	x	x	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	x	-
LVP - Lat. Ver. Am. "intergrade" para Podz. Ver. Am.	-	-	-	x	x	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	x	-
SOLOS COM B TEXTURAL																						
PIn - Podzolizado de Lins e Marília - var. Lins	-	x	x	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	x	-
Pml - Podzolizado de Lins e Marília - var. Marília	-	x	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-
TE - Terra Roxa Estruturada	-	x	x	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-	-	x	-
PV - Podzólico Vermelho-Amarelo	-	-	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-
PVLs - Podzólico Verm. Am. - var. Laras	-	-	x	x	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	x	-	-	-	-	x	-	-
PVp - Podzólico Verm. Am. - var. Piracicaba	-	-	x	x	-	-	x	x	-	-	x	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-
PVL - Pod. Verm. Am. "intergrade" para Lat. Verm. Am.	-	-	x	x	x	-	x	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	x	-
Pc - Podzolizados com cascalho	-	-	x	-	x	-	x	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-
M - Mediterrânico Vermelho-Amarelo	-	-	x	-	x	-	x	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-
SOLOS POUCO DESENVOLVIDOS																						
A - Aluvial	X	-	-	-	-	diversas					-	-	X	herb. ar.				-	-	x	-	-
R - Regosol	x	x	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	x	jun.		-	-	-	-	x
RPV - RLV - Regosol "intergrade"	-	x	x	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-	x
Li-gr-Litosol, subst. granito-gnaisse	-	-	x	-	x	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-
Li-ac-Litosol, subst. arenito calcário	-	-	-	x	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-
Li-b-Litosol, substrato basalto	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-
Li-09-Litosol, subst. folhelho argiloso	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	x	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-
Li-fi-Litosol, subst. filito-xisto	-	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMÂNCIO, A. V. **Fotointerpretação e avaliação conservacionista do uso da terra em três decênios, da fazenda de milho híbrido "Ataliba Leonel"**. Manduri, SP. Piracicaba; ESALQ - USP, 1986.

AMARAL, A. Z. do. **Distribuição e características da cultura cafeeira no município de Campinas, levantadas pela fotointerpretação.** Campinas, Serv. Fotoint. - IAC, 1964.

CENTRO NACIONAL DE ENSINO E PESQUISAS AGRONÔMICAS - MA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo (Contribuição à carta de solos do Brasil)** - Boletim n°12. Rio de Janeiro, Serv. Nac. Pesq. Agron. - Comis. Solos, 1960.

CHIARINI, J.V. et alii. **Uso atual das terras do Estado de São Paulo.** Campinas, Serv. Fotoint. - IAC, 1976.

FONTES LIMA, O. **A interpretação de fotografias aéreas nas operações de serviço de Conservação do Solo**. Iperó, CENEA - MA, 1986.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS - SA. **A cobertura aerofotográfica do Estado de São Paulo e suas aplicações na agricultura**. Campinas, Serv. Fotoint., 1965 e 1967.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ - MIC. Inventário cafeeiro. Rio de Janeiro, Serv. Fotoint. - GERCA, 1968.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA - MPCG. **Folha topográfica de Santa Rita do Passa Quatro (folha SF-23-V-C-V-1) em escala de 1:50.000**. São Paulo, Dept. Cart. - IBGE, 1971.

KAFFLER, N.F.; CAVALLI, A. C.; CHIARINI, J. V. & NOGUEIRA, F. P. **Inventário canavieiro com auxílio de fotografias aéreas**. Piracicaba, Planalsucar - IAA - DAP -MIC, 1979.

LOCH, C. **A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais.** Santa Catarina, Ed. da UFSC, série didática.

MARCHETTI, D. A.B. & GARCIA, G. J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação.** São Paulo, Ed. Nobel, 1977.

SANTIAGO, A. C. & LEVY JR., H. **Noções de fotointerpretação**. Campinas, Serv. Com. Rural - CATI, 1969.

SANTIAGO, A. C. **Fotografias aéreas: uso e manuseio**. Campinas, Depart. Orient. Téc. - CATI, 1970.

SERRA FILHO, R. et al. **Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo**. São Paulo, Inst. Flo., 1974.

SOUZA LEITE, G. M. **Caracterização por fotointerpretação da cobertura vegetal do município de Jabuticabal** - SP. Jabuticabal, FMVAJ - UNESP, 1976.

XAVIER DE BARROS, Z. & CARDOSO, L. G. **Uso de fotografias aéreas e mapas**. Iperó, CENEA - MA, apostila.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL-CATI

MANUAL TÉCNICO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA

VOLUME III



TECNOLOGIAS PARA AUMENTAR A COBERTURA VEGETAL E A INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

Bernardo van Raij
Francisco Lombardi Neto
Hélio Jesses Sartini
Jorge Kuhn Neto
José Carlos de Moura
Mário Ivo Drugowich
Moacyr Corsi
Orlando Melo de Castro
Ronaldo S. Berton

MANUAL N.º 40

EDIÇÃO E PUBLICAÇÃO

Centro de Comunicação Rural - CECOR - CATI/SAA

Av. Brasil, 2.340 - Caixa Postal 960
CEP 13073-001 - Campinas (SP)
PABX (0192) 41-3900 - Telex - 19-1132
Tel./Fax (0192) 42-5791

Tiragem: 3.000

EDITORAÇÃO

Diretora: Maria Evanilda Martins
Editora responsável: Damaris B. Minzon
Revisora de português: Marlene Madalena de Almeida Rabello
Revisora bibliográfica: Maria Vilma Gasparoto

PRODUÇÃO GRÁFICA

Diretora: Angelina Maria W. Takahashi
Composição: Ana Maria da Silva Oliveira (IAC)
Arte-final: José Henrique Marco Antônio
Fotolitografia: Jadison Palma, Gerson Canesqui, Roberto Maria Braz
Impressores: Mário Augusto dos Santos, Nelson Nogueira, Osvaldo Alves de Freitas
Oficina gráfica: Mário Augusto dos Santos, Antônio José Gomes, Élvio Augusto de Souza, Emílio Palma, João Batista Palma, Manoel Mendes Santiago, Nelson Antônio Fantini,
Distribuição: Maria de Lourdes Silveira

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL-CATI

MANUAL TÉCNICO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA

VOLUME III

TECNOLOGIAS PARA AUMENTAR A COBERTURA VEGETAL E A INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO



Bernardo van Raij
Francisco Lombardi Neto
Hélio Jesses Sartini
Jorge Kuhn Neto
José Carlos de Moura
Mário Ivo Drugowich
Moacyr Corsi
Orlando Melo de Castro
Ronaldo S. Berton

Manual CATI	Campinas (SP)	nº 40	dezembro/1994

Publicação dirigida aos técnicos da rede assistencial da CATI e/ou entidades afins.

É permitida a reprodução parcial desde que citada a fonte. A reprodução total depende de autorização expressa da CATI.

FICHA CATALOGRÁFICA

Lombardi Neto, F. & Drugowich, M. I. Coordenadores.
Manual técnico de manejo e conservação de solo e água, coordenado por Francisco Lombardi Neto e Mário Ivo Drugowich. Campinas, 2ª impressão, CATI, 1994.
v. III - CONTEÚDO: Tecnologias para aumentar a cobertura vegetal e a infiltração de água no solo.
102p. ilus. 28cm (Manual Técnico, 40).

CDD 631.45

APRESENTAÇÃO

É de fundamental importância para o controle da erosão hídrica que se aumente a cobertura vegetal do solo, seja com culturas ou com resíduos culturais. Sua importância está no fato de a cobertura vegetal do solo atuar exatamente no ponto inicial do processo erosivo, evitando distúrbios mais sérios na estrutura do solo, seja pela interferência no impacto das gotas de chuva sobre superfície, através da interceptação que reduz a energia de impacto, ou pela redução da velocidade do escorrimento superficial, através do aumento da rugosidade do terreno e pela formação de inúmeros pequenos obstáculos formados pela cobertura vegetal.

A redução da energia de impacto das gotas sobre a superfície do solo e a redução da velocidade de escorrimento superficial influem de forma decisiva no controle do processo erosivo uma vez que contribuem para: a) a redução ou eliminação da desagregação superficial do solo, além de evitar o selamento superficial; b) o aumento da infiltração da água no perfil do solo; c) a redução do deflúvio superficial e, conseqüentemente, redução de sua capacidade de desagregação e transporte de sedimentos; d) a redução da evaporação da água, refletindo na produção agrícola e na quantidade de biomassa; e) o aumento da capacidade de armazenamento de água no solo, que além de diminuir o risco de produção aumenta a quantidade de biomassa.

Neste volume serão apresentadas as tecnologias disponíveis, visando promover o aumento da produtividade agrícola através da reversão do processo de degradação dos recursos naturais.

Essas tecnologias devem alcançar uma maior cobertura vegetal do solo com o aumento da produção, já existentes, no Estado através de pequenas modificações, como melhoria no estande, uso correto de fertilizantes e corretivos, rotação de cultura, adubação verde, consorciação de cultura, ceifa do mato, adequação do preparo e cultivo do solo, divisão e manejo de pastagens. Essas alterações contribuirão também para o aumento da infiltração e diminuição do escorrimento superficial, ao mesmo tempo que proporcionarão ao agricultor um aumento de produtividade e da renda.

Francisco Lombardi Neto
Mário Ivo Drugowich

Coordenadores do Manual

LISTAS DE FIGURAS

Página

CULTURA EM FAIXA

FIGURA 1 - Culturas em faixas: **A)** as faixas são irregulares; **B)** as faixas são regulares, e **C)** as faixas têm pouca irregularidade 53

PREPARO DO SOLO PARA CULTURAS ANUAIS

FIGURA 1 - Velocidade de infiltração em latossolo roxo distrófico (solo Santo Ângelo), após 9 horas, sob diferentes usos 72

FIGURA 2 - Distribuição de agregados estáveis em água (% de peso) em latossolo vermelho-amarelo textura argilosa, em diferentes profundidades, sob cultivo convencional e plantio direto 73

FIGURA 3 - Distribuição de agregados estáveis em água (% de peso) em latossolo vermelho-amarelo textura média, em diferentes profundidades, sob cultivo convencional e plantio direto 74

FIGURA 4 - Taxa de infiltração em um latossolo roxo distrófico, avaliada com chuva simulada, sob plantio direto, escarificação e preparo convencional 74

FIGURA 5 - Umidade do solo durante o ciclo do milho em diferentes sistemas de manejo 76

FIGURA 6 - Curva de temperatura do solo a 5cm de profundidade em três sistemas de preparo, após emergência do milho, em latossolo roxo 77

FIGURA 7 - Distribuição de matéria orgânica do solo em diferentes profundidades em função do tempo e sistema de preparo, em latossolo roxo distrófico, em Campinas - SP 79

FIGURA 8 - Meios disponíveis para atingir maior produção vegetal 85

LISTA DE QUADROS

Página

PRODUÇÃO VEGETAL

QUADRO 1 - Produtividade de algumas culturas de 1981/82 a 1987/88 no Estado de São Paulo. 2

QUADRO 2 - Potencial produtivo de algumas culturas do Estado de São Paulo 2

QUADRO 3 - Resultado de análise química do solo e dos sintomas observados em soja (Município de Ipuã, SP). 3

CALAGEM E ADUBAÇÃO QUÍMICA

QUADRO 1 - Valores médios de teores de nitrogênio, fósforo e potássio em adubos orgânicos 25

QUADRO 2 - Principais fertilizantes simples e suas garantias mínimas de N, P_2O_5 e K_2O, bem como teor de enxofre 26

QUADRO 3 - Relações aproximadas de nutrientes para as indicações de adubação das dez culturas que ocupam maior área cultivada no Estado de São Paulo 28

QUADRO 4 - Relação de fórmulas sugeridas para as dez culturas de área cultivada, superior a 100.000ha no Estado de São Paulo 29

ADUBAÇÃO ORGÂNICA

QUADRO 1 - Teores de macro e micronutrientes de diversos resíduos 38

ADUBAÇÃO VERDE

QUADRO 1 - Adubos verdes, épocas de plantio e quantidades de sementes a serem utilizados para a produção de massa 44

ALTERNÂNCIA DE CAPINAS

QUADRO 1 - Efeito de práticas conservacionistas em culturas anuais sobre as perdas por erosão 56

COBERTURA MORTA

QUADRO 1 - Efeito do manejo dos restos culturais de milho sobre as perdas por erosão 59

QUADRO 2 - Efeito da cobertura morta do solo na produção de milho 60

PREPARO DO SOLO PARA CULTURAS ANUAIS

QUADRO 1 - Vantagens e desvantagens da grade pesada de disco 64

QUADRO 2 - Vantagens e desvantagens do arado de disco e de aiveca 65

Página

QUADRO 3 - Vantagens e limitações dos arados escarificadores 67

QUADRO 4 - Perdas de solo e água por erosão em culturas de milho sob diferentes sistemas de preparo em podzólico vermelho-amarelo textura arenosa/média (PV) e latossolo roxo (LR), com declive de 10,8 e 6,5%, respectivamente. 70

QUADRO 5 - Algumas características físicas de um latossolo roxo distrófico (solo Erexim) sob dois tipos de uso. 71

QUADRO 6 - Relações de massa e volume do solo em dois latossolos vermelho-amarelos, texturas argilosa e média, sob preparo convencional e plantio direto, em diferentes profundidades 72

QUADRO 7 - Valores de umidade do solo obtidos a diferentes tensões após quatro anos de preparo convencional, escarificação e plantio direto, em latossolo roxo distrófico 75

QUADRO 8 - Produção de milho, perdas de solo e teor de matéria orgânica em diferentes preparos em podzólico vermelho-amarelo, textura arenosa/média 78

QUADRO 9 - Teores de matéria orgânica em função do tipo de preparo em latossolo vermelho -escuro, textura média 79

QUADRO 10 - Efeito de três sistemas de preparo do solo na distribuição de fósforo (resina) em latossolo roxo sob cultivo de aveia-preta - rotação soja/milho (5º ano) 80

QUADRO 11 - Distribuição de potássio trocável, após três anos de cultivo convencional (Conv.) e plantio direto (P.D.)em latossolo vermelho-amarelo, textura argilosa (LV-argilosa) e textura média (LV-média) 81

QUADRO 12 - Efeito de três sistemas de preparo do solo na distribuiçao de potássio em latossolo roxo sob cultivo de aveia-preta - rotação soja/milho (5º ano) 81

QUADRO 13 - Distribuição de cálcio, magnésio e pH, após três anos de cultivo convencional e plantio direto em latossolo vermelho-amarelo, textura argilosa (LV-argilosa) e textura média (LV-média) 82

QUADRO 14 - Efeito de três sistemas de preparo do solo na distribuição de cálcio, magnésio e pH, em latossolo roxo sob cultivo de aveia-preta, rotação soja/milho (5º ano) 83

QUADRO 15 - Alguns exemplos de produtividade em manejos diferenciados no Estado de São Paulo 84

LISTA DE TABELAS

Página

CALAGEM E ADUBAÇÃO QUÍMICA

TABELA 1 - Classes de teores de fósforo e potássio para interpretação de análise de solo 8

TABELA 2 - Classes de acidez para interpretação de análise de solo 8

TABELA 3 - Classes de teores de magnésio para interpretação de análise de solo 8

TABELA 4 - Relação entre saturação de bases (V) e saturação em alumínio (m) .. 9

TABELA 5 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do algodão, de acordo com a análise de solo 11

TABELA 6 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do amendoim, de acordo com a análise de solo 12

TABELA 7 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do arroz-de--sequeiro 13

TABELA 8 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do arroz irrigado 14

TABELA 9 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do café (no plantio) 14

TABELA 10 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do café para formação - 2º e 3º ano agrícola 15

TABELA 11 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do café (fase produção) 15

TABELA 12 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura de cana-de--açúcar (cana-planta) 16

TABELA 13 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura de cana-de--açúcar (cana-soca) 16

TABELA 14 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura dos citros (no plantio) 17

TABELA 15 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura de citros (formação) 17

TABELA 16 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura de citros (produção) 18

TABELA 17 - Localização dos fertilizantes para a cultura de citros em função da idade 18

TABELA 18 - Parcelamento dos fertilizantes para a cultura do citros em função da idade 19

TABELA 19 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do feijão ... 19

Página

TABELA 20 - Quantidades de nutrientes recomendadas para leguminosas (adubos verdes) 20

TABELA 21 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do milho... 20

TABELA 22 - Quantidades de nutrientes recomendadas para os grupos de gramíneas 21

TABELA 23 - Quantidades de nutrientes recomendadas para formação de pastagens 21

TABELA 24 - Quantidades de nutrientes recomendadas para manutenção de pastagens 22

TABELA 25 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura da soja..... 22

TABELA 26 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura de trigo e triticale-de-sequeiro 23

TABELA 27 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura de trigo e triticale irrigados 24

SUMÁRIO

Página

APRESENTAÇÃO i
LISTA DE FIGURAS ii
LISTA DE QUADROS iii
LISTA DE TABELAS iv

PRODUÇÃO VEGETAL

1 INTRODUÇÃO 1
2 PRODUTIVIDADE DE ALGUMAS CULTURAS 1
2.1 Causas aparentes da baixa produtividade das culturas 2
3 POPULAÇÃO DE PLANTAS 4
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 4

CALAGEM E ADUBAÇÃO QUÍMICA

1 INTRODUÇÃO 5
2 AMOSTRAGEM DE SOLO 5
2.1 Glebas a amostrar 6
2.2 Freqüência e época de amostragem 6
2.3 Local e profundidade de amostragem 6
2.4 Amostras compostas 6
2.5 Remessa da amostra de solo ao laboratório 6
3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO 7
4 INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO 7
4.1 Fósforo e potássio 7
4.2 Acidez, cálcio e magnésio 8
4.3 Outros nutrientes 9
5 CRITÉRIOS PARA CALAGEM E ADUBAÇÃO 9
5.1 Calagem 9
5.2 Adubação orgânica 10
5.3 Adubação com nitrogênio, fósforo e potássio 10
5.4 Adubação com enxofre e micronutrientes 10
6 TABELAS DE ADUBAÇÃO E CALAGEM 11
6.1 Algodão 11
6.2 Amendoim 12

Página

6.3 Arroz-de-sequeiro 13
6.4 Arroz irrigado 13
6.5 Café 14
6.6 Cana-de-açúcar 16
6.7 Citros 17
6.8 Feijão 19
6.9 Leguminosas e Adubos Verdes 20
6.10 Milho 20
6.11 Pastagens 21
6.12 Soja 22
6.13 Trigo-de-Sequeiro e Triticale-de-Sequeiro 23
6.14 Trigo Irrigado e Triticale Irrigado 23
7 ESCOLHA DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES 24
7.1 Corretivos da acidez 24
7.2 Fertilizantes orgânicos 25
7.3 Fertilizantes minerais simples 25
7.4 Fontes de micronutrientes 26
7.5 Formulações NPK 26
8 CÁLCULO DE QUANTIDADES A APLICAR 30
9 MODOS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO 30
10 SUGESTÕES COMPLEMENTARES 31
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 32

GESSO AGRÍCOLA

1 INTRODUÇÃO 33
2 DEFINIÇÃO DO PRODUTO 33
3 EFEITOS FAVORÁVEIS 34
3.1 Fonte de enxofre 34
3.2 Fonte de cálcio 34
3.3 Como melhorador do ambiente radicular do subsolo 34
3.4 Para redução do encrostamento do solo 35
3.5 Preventivo ao Dumping-off (tombamento) 35
4 ÉPOCA DE APLICAÇÃO 35
5 EQUIPAMENTOS PARA APLICAÇÃO 35
6 OBSERVAÇÕES 36

Página

ADUBAÇÃO ORGÂNICA

1 INTRODUÇÃO 37
2 TIPOS DE ADUBOS ORGÂNICOS 37
2.1 Esterco 37
2.2 Composto 39
2.3 Lodo de esgoto 39
2.4 Resíduos de indústrias de óleos vegetais 40
2.5 Vinhaça da indústria sucroalcooleira 40
2.6 Torta de filtro 40
2.7 Resíduos de biodigestores 41
2.8 Outros resíduos 41

ADUBAÇÃO VERDE

1 INTRODUÇÃO 43
2 CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS ADUBOS VERDES 44
2.1 Aveia-preta 44
2.2 Calopogônio 44
2.3 Chicharo 45
2.4 Crotalária júncea 45
2.5 Crotalária paulina 45
2.6 Crotalária spectabilis 45
2.7 Cudzu-tropical 45
2.8 Feijão-de-porco 45
2.9 Guandu 45
2.10 Labe-labe 46
2.11 Mucuna-anã 46
2.12 Mucuna-preta 46
2.13 Soja comum 46
2.14 Soja perene 46
2.15 Outras leguminosas de inverno 47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 47

ROTAÇÃO DE CULTURAS

1 CONSIDERAÇÕES GERAIS 49
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 50

Página

CULTURA EM FAIXA

1 INTRODUÇÃO 51
2 PRINCÍPIOS DO CONTROLE DA EROSÃO DA CULTURA EM FAIXA 51
3 SISTEMAS DE CULTURA EM FAIXA 52
4 LOCAÇÃO DAS FAIXAS NO TERRENO 52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 53

ALTERNÂNCIA DE CAPINAS

1 INTRODUÇÃO 55
2 EFEITOS DA ALTERNÂNCIA DE CAPINAS SOBRE A EROSÃO 55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 56

CEIFA DO MATO

1 INTRODUÇÃO 57
2 EFEITOS DA CEIFA NO CONTROLE DA EROSÃO 57
3 FREQÜÊNCIA DAS CEIFAS 57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 58

COBERTURA MORTA

1 INTRODUÇÃO 59
2 A COBERTURA MORTA E O CONTROLE DA EROSÃO HÍDRICA 59
3 COBERTURA MORTA E A PRODUÇÃO 60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60

PREPARO DO SOLO PARA CULTURAS ANUAIS

1 INTRODUÇÃO 61
2 SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO 62
2.1 Objetivos do preparo do solo 62
2.2 Ponto de umidade ideal para o preparo do solo 63
2.3 Principais implementos de preparo do solo 63
2.4 O sistema de plantio direto 68
3 PREPARO INADEQUADO DO SOLO 69
4 INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS DE PREPARO EM ALGUNS PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO 71
4.1 Densidade do solo e porosidade 71

Página

4.2 Estabilidade de agregados e infiltração 73
4.3 Disponibilidade de água 75
4.4 Temperatura do solo 77
5 INFLUÊNCIA DE SISTEMAS DE PREPARO NA FERTILIDADE DO SOLO 78
5.1 Matéria orgânica 78
5.2 Distribuição do fósforo 80
5.3 Distribuição do potássio 80
5.4 Distribuição de cálcio, magnésio e efeitos na acidificação 81
6 PRODUTIVIDADE DE ALGUMAS CULTURAS EM MANEJO ALTERNATIVO 83
7 ESTRATÉGIA PARA UM MANEJO ADEQUADO DO SOLO 84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 86

FORMAÇÃO E MANEJO DE PASTAGENS

1 FORMAÇÃO DE PASTAGEM 89
1.1 Limpeza do terreno 89
1.2 Práticas conservacionistas 89
1.3 Aplicação de calcário 89
1.4 Controle de formigas e cupins 90
1.5 Preparo do solo 90
1.6 Plantio e fertilização 90
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 91

2 MANEJO DE PASTAGENS 93
2.1 Primeira utilização 93
2.2 Utilização normal 94
2.3 Dimensionamento dos piquetes 94
2.4 Tempo de ocupação 95
2.5 Períodos de descanso 95
2.6 Produtividade de forrageiras adequadamente manejadas 96
2.7 Adubação e calagem 97
2.8 Condicionadores de pastejo 97
2.9 Renovação de pastagem 98
2.10 Capacidade de suporte potencial das espécies forrageiras 99
2.11 Opções para corrigir as defasagens de produção de forragem durante o ano 100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 102

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA AUMENTAR A COBERTURA VEGETAL E A INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

PRODUÇÃO VEGETAL

Francisco Lombardi Neto ([1])
Orlando Melo de Castro ([1])

1 INTRODUÇÃO

O aumento da cobertura vegetal do solo está diretamente relacionado com o aumento de produção, portanto quanto maior a produção de biomassa, maior serão a produtividade e a cobertura vegetal do solo e conseqüentemente menores serão as perdas causadas pela erosão. Para se conseguir o aumento da produção vegetal é de fundamental importância o uso adequado de todos os componentes de produção. Algumas tecnologias têm efeito direto na produtividade, outras têm efeitos indiretos seja no aumento da cobertura vegetal e conseqüente redução das perdas por erosão ou nos custos de produção.

2 PRODUTIVIDADE DE ALGUMAS CULTURAS

Nos anos oitenta, o Brasil registrou aumentos sucessivos de produção de grãos, aumentos estes devidos à expansão da área agrícola e não aos aumentos no rendimento por área. Tomando como exemplo o Estado de São Paulo, verifica-se pelo Quadro 1 que nesse período em que o país experimentou recordes de produção, a produtividade de culturas de grande importância econômica não se alterou.

Tão graves quanto a estagnação da produtividade são os valores extremamente baixos que ela apresenta, mesmo para culturas que utilizam um nível tecnológico maior, como soja e trigo. Apenas para ilustrar essa defasagem, o Quadro 2 apresenta o potencial produtivo dessas culturas no Estado, com variedades aqui existentes. Essas informações foram obtidas junto às Seções técnicas dessas culturas do Instituto Agronômico, em Campinas, e muitos desses valores são resultados obtidos no campo por agricultores.

O potencial genético de nossas variedades é tão alto para produtividade que o melhoramento genético, hoje, está mais voltado para obtenção de cultivares resistentes a fatores limitantes de produção, como pragas, doenças, elementos tóxicos do solo, como forma de reduzir custos de produção. Obter aumentos de produção por melhoramento genético é algo muito difícil nos dias de hoje. O sucesso para isso talvez esteja na adoção de técnicas modernas de manejo, desde a escolha da semente até a colheita.

Atualmente têm-se tecnologia para manejo das grandes culturas nas mais variadas condições edafo-climáticas das principais regiões agrícolas do Estado. Apesar disso, nossa produtividade ainda é muito baixa e as principais causas são apresentadas a seguir.

([1]) Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC - Seção de Conservação do Solo.

QUADRO 1 - Produtividade de algumas culturas de 1981/82 a 1987/88 no Estado de São Paulo.

Cultura	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88
	kg/ha						
Algodão	1.711	1.510	1.760	1.700	1.716	1.503	1.458
Feijão	656	485	581	601	466	549	647
Milho	2.125	2.000	2.081	2.250	1.998	2.404	2.321
Soja	1.580	1.792	1.651	1.800	1.452	1.842	1.767
Trigo	—	1.161	1.014	1.678	1.454	1.591	1.522

FONTE: Prognóstico (1986/88).

QUADRO 2 - Potencial produtivo de algumas culturas do Estado de São Paulo.

Cultura	Produção
	kg/ha
Algodão	6.500
Arroz sequeiro com suplementação	5.000
Arroz inundado	9.000
Feijão	3.200
Milho	16.000
Soja	7.200
Trigo	7.000

FONTE: Seções técnicas do IAC.

2.1 Causas aparentes da baixa produtividade das culturas

A baixa produtividade agrícola média no Estado de São Paulo tem muitas razões ligadas ao uso, manejo e conservação dos recursos naturais. No entanto, a média apresenta um desvio padrão muito elevado, em função principalmente dos sistemas de produção utilizados. Em algumas culturas, como feijão, milho e arroz, a variação de produtividade entre os diversos sistemas de produção é muito grande. Em geral, o que difere nos sistemas de produção é o nível tecnológico e o recurso natural disponível.

A coincidência de solo pobre e baixa utilização de tecnologia geram baixíssimas produtividades. Na cultura de soja, por exemplo, cujo padrão tecnológico já é relativamente uniforme, não há uma variabilidade tão acentuada de produtividade em função do recurso solo. É bem verdade que a soja ocupa as áreas com possibilidade de motomecanização, onde é bem mais fácil a aplicação de tecnologias e insumos com alto rendimento de trabalho.

Como causa de baixa produtividade, podemos citar o uso incorreto de corretivos e fertilizantes e a prática de técnicas culturais erradas ou ineficientes.

a) Uso incorreto de corretivos e fertilizantes

Como a maioria dos nossos solos são ácidos e apresentam baixa disponibilidade de nutriente, a subutilização (fórmula não adequada, quantidade insuficiente, etc.) desses insumos fatalmente acarreta baixas produções. Por exemplo, num solo ácido, a calagem para eliminação do alumínio

trocável pode significar ganhos superiores a 100% em produtividade. Da mesma forma ocorre com a adubação de cobertura em milho e trigo, cujo uso não é generalizado entre os agricultores menos tecnificados.

Além da subutilização, o uso de fórmulas inadequadas, não equilibradas às reais condições do solo e às necessidades das culturas, é uma prática comum e também compromete a produtividade. É bastante conhecida, por exemplo, a depleção de potássio nos solos cultivados a longo tempo com a cultura da soja e adubados ano a ano com fórmula de relação P/K 3:1. Como os agricultores se baseiam no P do solo (geralmente mais deficiente) para calcular a quantidade de adubo a ser aplicada, na relação 3:1, a quantidade de K adicionada não é capaz de suprir as quantidades retiradas pela cultura, baixando seu teor no solo ao longo do tempo. Esse aspecto, aliado ao uso indiscriminado de calcário, tem levado a um desbalanceamento na relação (Ca + Mg)/K, causando sérios prejuízos em lavouras de soja, com o surgimento de retenção foliar e haste verde, conforme dados obtidos por MASCARENHAS et al. (1988), apresentados no Quadro 3.

Outro aspecto importante a ser considerado é o equilíbrio da matéria orgânica no solo. A matéria orgânica é responsável por 70 a 80% da capacidade de troca de cátions (CTC) dos nossos solos. A manutenção de níveis satisfatórios de matéria orgânica, por via de manejo adequado do solo e/ou adição de materiais orgânicos (compostos, estercos, restos de cultura, etc.) em associação aos corretivos e fertilizantes químicos, podem proporcionar melhores condições de crescimento e produção às culturas.

QUADRO 3 - Resultado de análise química do solo e dos sintomas observados em soja (Município de Ipuã, SP).

Cultivar	P(resina)	K	Ca	Mg	V	Relação (Ca + Mg)/K	Sintomas
	ppm	———	meq/cm^3	———			
IAC-11	41	0,08	3,0	1,8	61	60	deficiência de K
Foscarin-31	67	0,08	3,9	1,9	63	73	hastes verdes
Foscarin-31	30	0,18	3,7	1,2	65	27	maturação normal

b) Técnicas culturais erradas ou ineficientes

Nesse item são enquadrados fatores importantes que acarretam a baixa produtividade das culturas. Dentre eles, podem-se citar:

- preparo inadequado ao tipo de solo;

- mau controle de plantas invasoras concorrendo com a cultura em períodos críticos;

- uso de sementes de baixo padrão genético e fitossanitário;

- baixa população de plantas, o que oferece baixa cobertura do solo e pouca competitividade com as invasoras;

- controle inadequado ou inexistente de pragas e doenças;

- colheita executada tardiamente por falta de possibilidade de estocagem ou perda excessiva de produto na execução da operação.

O preparo inadequado do solo, por uso excessivo de máquinas, e a baixa população de plantas são os fatores que mais contribuem para o incremento da erosão hídrica, o primeiro pela pulverização excessiva do solo e o segundo pela baixa cobertura oferecida pelas plantas.

3 POPULAÇÃO DE PLANTAS

Principalmente entre os agricultores de níveis técnicos médio e baixo, é comum o uso de densidade baixa de plantas, o que reflete em baixas produtividades, porém entre os agricultores de melhor nível tecnológico já é usada uma densidade adequada; entretanto, com a mudança no arranjamento das plantas, poder-se-á mudar os índices de cobertura vegetal.

No caso do milho, é comum a baixa produtividade devido à baixa população de plantas, sendo para o Estado de São Paulo o número ideal recomendado em torno de 50.000 plantas por hectare, porém o predominante entre agricultores de níveis tecnológicos médio e baixo é de 35.000plantas/ha. Apenas com a introdução de estande adequado ocorreria um aumento considerável na produtividade e na cobertura vegetal do solo, além da redução de gastos no controle de ervas daninhas.

No caso de culturas permanentes, como o café, pode-se em vez de 1.000 a 1.200covas/ha, que é o predominante no Estado, plantar 5.000 e até 10.000covas/ha, aumentando, consideravelmente, a cobertura vegetal do solo e a produção por unidade de área.

Nas culturas mais tecnificadas, como a soja, a população de plantas utilizadas é adequada, porém pode-se reduzir o espaçamento entrelinhas e aumentar entreplantas, o que possibilitará uma cobertura vegetal do solo mais rápida com o mesmo número de plantas por hectare. Essa mudança na distribuição espacial das plantas, a curto prazo, não aumenta a produtividade, mas reduz as perdas por erosão e ainda diminui o aparecimento de ervas daninhas, o que refletirá na redução de consumo de herbicidas e, conseqüentemente, nos custos de produção.

Portanto, não só o número de plantas por unidade de área, mas também uma distribuição espacial adequada podem aumentar a cobertura vegetal do solo, contribuindo na redução do processo erosivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo, Ícone, 1990. 355p.

MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C. de; NOGUEIRA, S.S.S. & BULISANI E.A. **Senescência anormal em soja decorrente de distúrbios fisiológicos. In:** O Agronômico, Campinas, **40** (2):130-138, 1988.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **In**: I.E.A. Prognóstico, 1986/88

CALAGEM E ADUBAÇÃO QUÍMICA

Ronaldo Severiano Berton ([1])

1 INTRODUÇÃO

A agricultura intensiva depende, de forma crescente e irreversível, da utilização de insumos e tecnologias modernas.

A calagem e a adubação são hoje práticas essenciais para criar, manter ou aumentar a produtividade das culturas. O elevado custo dos corretivos e fertilizantes exige, contudo, seu emprego com o máximo critério técnico.

O Instituto Agronômico vem desenvolvendo, há décadas, intensos trabalhos de pesquisa com adubação e calagem. Centenas de experimentos realizados em condições de campo, grande parte em propriedades agrícolas particulares, foram complementados com estudos em casa de vegetação e laboratório. Os resultados obtidos, analisados mediante recursos modernos de estatística e técnica experimental, e atendendo às considerações de ordem econômica, permitiram equacionar a recomendação das práticas de calagem e adubação com o devido embasamento técnico-científico e com bastante pragmatismo.

O instrumento básico para a transferência de informações sobre calagem e adubação da pesquisa para o agricultor é a análise de solo. Nesse aspecto, as inovações são importantes, pois, em 1983, o Instituto Agronômico introduziu um novo sistema de análise de solo em seu laboratório de rotina para atendimento aos agricultores. As recomendações de calagem e adubação estão ajustadas a esse novo sistema.

A seguir, serão apresentadas informações sobre amostragem de solos, interpretação de resultados de análise de solo, critérios para calagem e adubação, escolha e uso eficiente de fertilizante e tabelas de adubação e calagem revistas e atualizadas.

2 AMOSTRAGEM DE SOLO

A amostragem de solo é a primeira etapa em um bom programa de adubação e calagem. É sempre bom lembrar que, por mais bem-feita que seja uma análise, ela não corrige falhas na retirada da amostra ou na sua representatividade.

Detalhes sobre amostragem de solo, tais como definição de glebas, retirada de amostras compostas, ferramentas utilizadas, local e profundidade de amostragem, são apresentados em impressos específicos fornecidos nas Casas da Agricultura e Laboratórios de Análises de Solo para o assunto, porém alguns aspectos importantes são lembrados aqui, visando mais à uniformidade de procedimentos.

([1]) Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC - Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas.

2.1 Glebas a amostrar

É importante fazer um croqui ou mapa da propriedade, indicando a posição das glebas que serão amostradas e identificando-as. Esse croqui deve ser guardado juntamente com os resultados de análise, para acompanhamento da evolução da fertilidade do solo com o passar dos anos.

As glebas a amostrar devem ser uniformes em cor, tipo de solo, uso anterior, posição na encosta, etc. Manchas no terreno devem ser amostradas separadamente.

Em geral, não é conveniente amostrar glebas muito superiores a dez hectares. Se a propriedade for muito grande e não for possível amostrá-la completamente, é preferível amostrar apenas algumas glebas, não muito extensas, representando situações diferentes.

2.2 Freqüência e época de amostragem

A análise de solo deve ser repetida a intervalos que podem variar de um a quatro anos, dependendo da intensidade de adubação e do número de culturas anuais consecutivas, empregando maior freqüência de amostragem para glebas que receberem maiores aplicações de adubos.

As amostras devem ser retiradas vários meses antes do plantio, já que diversas providências dependem do resultado de análise do solo, pois é conveniente fazer a calagem antes da aração.

2.3 Local e profundidade de amostragem

Nos casos de culturas anuais e de culturas perenes a serem instaladas após a aração do terreno, devem-se retirar as amostras em todo o terreno e a uma profundidade de até 20cm, a chamada camada arável. Para fins de cálculos em fertilidade do solo, essa camada tem um volume de 2.000m^3 (ou 2.000.000 de litros) de terra, para uma área de um hectare.

Para culturas perenes em que o terreno não será mais arado, como o café e frutíferas, as amostras devem ser retiradas nos locais onde o adubo é aplicado.

2.4 Amostras compostas

Os solos são muito heterogêneos e a variabilidade espacial de resultados de análise pode manifestar-se mesmo em pequenas áreas. Para obter uma amostragem representativa e reprodutível dentro de certos limites, é necessário retirar grande número de subamostras ou amostras simples, combinando-as em uma amostra composta, que será enviada ao laboratório.

Com base em estudos estatísticos realizados sobre amostragem de solos, recomenda-se a amostragem de vinte pontos por gleba. As amostras simples devem ser uniformes em volume e representar a profundidade de até 20 centímetros.

São inteiramente injustificadas e tecnicamente erradas as simplificações feitas na prática, com amostragem de poucos pontos e até mesmo de apenas um. Tais amostras podem distorcer seriamente a situação real da fertilidade da gleba e levar a recomendações inadequadas.

2.5 Remessa da amostra de solo ao laboratório

As amostras simples devem ser bem-misturadas em recipiente limpo, separando cerca de 400g (amostra composta) para envio ao laboratório. A terra deve ser secada ao ar e embalada em caixinha própria para amostra de solo. Caso não haja disponibilidade de caixinhas de papelão, usar sacos de papel limpos e reforçados. Não enviar para análise terra molhada acondicionada em sacos plásticos.

A amostra de solo deve ser acompanhada da Folha de Informações, preenchida com dados referentes a cada uma das glebas amostradas. Cada amostra deve ser identificada na caixinha (ou outra embalagem apropriada), na Folha de Informações e no croqui da propriedade.

Recomenda-se o envio da amostra de solo a um laboratório pertencente ao Programa de Controle de Qualidade de Laboratórios com o **Sistema IAC de Análise de Solo**. Este programa além de divulgar os métodos avançados desenvolvidos pelo Instituto Agronômico, promove um constante aprimoramento da qualidade e da uniformidade das análises.

Os resultados emitidos por esses laboratórios vêm com um selo adesivo indicativo das suas participações no Programa.

Para análise no Instituto Agronômico, a amostra pode ser entregue no laboratório ou nas Casas da Agricultura do Estado de São Paulo. Também pode ser remetida pelo correio, a terra em uma embalagem e, em um envelope à parte, a Folha de Informações juntamente com cheque nominal referente ao pagamento antecipado.

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO

A amostra no laboratório é secada e passada em peneira de 2mm. Todos os resultados são expressos com base em volume da terra fina seca ao ar (TFSA).

Os resultados da análise química são os seguintes:

- **P resina**: fósforo extraído do solo mediante resina trocadora de íons. Os resultados são expressos em $\mu g/cm^3$ de terra;

- **M.O.**: matéria orgânica, expressa em porcentagem (%), com base em medidas de volume de terra; pH em $CaCl_2$: pH determinado em solução centimolar de cloreto de cálcio;

- **K**: potássio trocável;

- **Ca**: cálcio trocável;

- **Mg**: magnésio trocável;

- **H + Al**: hidrogênio mais alumínio ou acidez potencial medida a pH7;

- **S**: soma de bases, ou Ca + Mg + K;

- **T**: capacidade de troca de cátions ou S + (H + Al);

- **V**: porcentagem de saturação em bases, ou V = 100S/T.

Os resultados de K, Ca, Mg, H + Al, S e T são expressos em $meq/100cm^3$ de terra.

4 INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISE DE SOLO

Uma das premissas básicas do uso da análise de solo e de sua interpretação, é a existência de correlações entre os resultados da análise química e a resposta de culturas à adubação ou calagem, em condições de campo. Por essa razão, o uso da análise de solo fica, nesta publicação, restrito às possibilidades definidas pela experimentação agronômica no Estado de São Paulo.

4.1 Fósforo e Potássio

Os resultados de fósforo e potássio são divididos em cinco classes de teores, relacionadas com as respostas de culturas anuais e de cana-de-açúcar, às adubações fosfatada e potássica, expressas em termos de produção relativa, ou seja, a porcentagem de produção obtida pela exclusão do elemento (Tabela 1).

TABELA 1 - Classes de teores de fósforo e potássio para interpretação de análise de solo.

Teor	Produção relativa	^{P}resina	K trocável
	%	$\mu g/cm^3$	$meq/100cm^3$
Muito baixo	0- 70	0- 6	0,00-0,07
Baixo	71- 90	7-15	0,08-0,15
Médio	91-100	16-40	0,16-0,30
Alto	100	41-80	0,31-0,60
Muito alto	100	>80	>0,60

O fósforo passou a ser determinado por um novo método, com base na extração do solo com resina trocadora de íons. A extração é feita mediante agitação do solo com a resina em água, sem adição de reagentes químicos. Ocorre a transferência do fósforo lábil do solo para a resina, em condições que, até certo ponto, simulam a ação das raízes.

Note-se que o limite inferior da classe de teores muito altos é duas vezes maior que o limite inferior da classe de teores altos. Embora se indique, no caso, produção relativa de 100%, não é raro ela ser maior do que 100%, porquanto nos teores muito altos há possibilidades de efeitos depressivos por excesso de nutriente, principalmente se for adicionado muito mais nas adubações.

4.2 Acidez, cálcio e magnésio

Os parâmetros relacionados à acidez dos solos, pH em $CaCl_2$ e saturação em bases, têm uma interpretação paralela, com correlação muito estreita entre si (Tabela 2).

TABELA 2 - Classes de acidez para interpretação de análise de solo.

Acidez	pH em $CaCl_2$	Saturação em bases	V %
Muito alta	até 4,3	Muito baixa	0-25
Alta	4,4-5,0	Baixa	26-50
Média	5,1-5,5	Média	51-70
Baixa	5,6-6,0	Alta	71-90
Muito baixa	> 6,0	Muito alta	> 90

A Tabela 3 apresenta a interpretação de análise de solo para magnésio.

TABELA 3 - Classes de teores de magnésio para interpretação de análise de solo.

Teor	Mg trocável - $meq/100cm^3$
Baixo	0,0-0,4
Médio	0,5-0,8
Alto	> 0,8

Para cálcio, prefere-se não indicar classes de teores, pois ele só é deficiente em condições de teores muito baixos, provavelmente inferiores aos do magnésio. Assim, pela prática regular de calagens, o cálcio não apresentará problemas de deficiência.

4.3 Outros nutrientes

Ainda não há critérios experimentalmente comprovados, nas condições do Estado de São Paulo, para a interpretação da análise de solo no que tange a nitrogênio, enxofre e micronutrientes.

5 CRITÉRIOS PARA CALAGEM E ADUBAÇÃO

5.1 Calagem

A calagem é determinada para elevar a saturação em bases (V) da capacidade de troca de cátions do solo a valores desejados, de acordo com a cultura. Existe uma correspondência entre o pH em $CaCl_2$ e a saturação em bases, bem como com o pH determinado em água (apresentado até 1983 nos resultados de análise) e a saturação em alumínio, representada por **m** e correspondente a 100 Al/ (S + Al). Portanto, elevar o grau de saturação em bases corresponde a elevar o pH e diminuir a saturação em alumínio. A Tabela 4 apresenta uma indicação aproximada dessa situação.

A necessidade de calagem para elevar a saturação em bases de um valor fornecido pela análise de solo de V_1, a um valor desejado para a cultura em questão, de V_2, é dada por:

$$N.C. = \frac{T\,(V_2 - V_1)}{100} \times f$$

Os resultados são fornecidos em toneladas de calcário por hectare e por 20cm de profundidade, em termos de $CaCO_3$ equivalente.

TABELA 4 - Relação entre saturação em bases (V) e saturação em alumínio (m).

V %	pH em $CaCl_2$	pH em água	m %
4	3,8	4,4	90
12	4,0	4,6	68
20	4,2	4,8	49
28	4,4	5,0	32
36	4,6	5,2	18
44	4,8	5,4	7
52	5,0	5,6	0
60	5,2	5,8	0
68	5,4	6,0	0
76	5,6	6,2	0
84	5,8	6,4	0
92	6,0	6,6	0
100	6,2	6,8	0

O fator f=100/PRNT permite incluir no cálculo das quantidades de calcário a aplicar, uma correção para a qualidade do corretivo. Para rochas calcárias moídas, em São Paulo, pode-se adotar um valor de f=1,5 quando o PRNT não for conhecido.

Nas tabelas são apresentados dois limites de V_2. Assim, no caso do algodão, os limites são 60 a 70%. Isso significa, que se deve recomendar calcário quando o valor de V for inferior a 60%, calculando, porém, as quantidades para atingir 70%.

Além dos valores de saturação em bases desejados, variáveis entre as diversas culturas, as tabelas incluem, em alguns casos, limites máximos para quantidades de calcário a aplicar.

A calagem deve suprir o magnésio. Para a maioria das culturas, um mínimo acima de 0,4meq/100cm^3 de Mg deve bastar. Para culturas mais exigentes ou muito adubadas com potássio, é conveniente adotar um mínimo de 0,8meq/100cm^3 de Mg.

Para fins práticos, pode-se considerar que 1,5t/ha de calcário dolomítico permite elevar o magnésio do solo em 0,4meq/100cm^3.

5.2 Adubação orgânica

A adubação orgânica limita-se às culturas perenes, principalmente no período de formação, à maioria das hortaliças e a algumas culturas de pequena expressão geográfica, intensivas, que geralmente exigem altos investimentos de capital e/ou mão-de-obra, e cuja viabilidade econômica depende de alta produtividade. Nas demais culturas, a pequena disponibilidade de adubos orgânicos limita o seu uso generalizado.

Mesmo que a adubação orgânica não possa ser efetivada diretamente, deve-se adotar todas as práticas possíveis para preservar a matéria orgânica existente no solo, fator essencial na manutenção ou aumento da produtividade. Dentre elas, deve-se considerar a conservação adequada do solo e a rotação com leguminosas ou culturas, que deixem grandes quantidades de restos orgânicos no terreno. Outra alternativa é a adubação verde, que tem sido usada com sucesso em culturas extensivas em algumas regiões paulistas.

5.3 Adubação com nitrogênio, fósforo e potássio

Para as culturas mais importantes, foi possível estabelecer as chamadas doses mais econômicas de nitrogênio, fósforo e potássio, com base em resultados de experimentos de campo. Para fósforo e potássio, a análise de solo é eficaz para determinar o grau de resposta esperado e, nesses casos, as adubações foram determinadas para as diferentes classes de teores dos elementos no solo.

No concernente ao nitrogênio, a análise do solo não é eficaz, utilizando-se outros critérios, como o histórico da gleba e, às vezes, a produtividade esperada.

A análise de solo para fósforo e potássio é usada de maneira variável, dependendo da cultura: naquelas que recebem quantidades elevadas de fertilizantes, várias classes são reunidas, admitindo-se que os adubos aplicados facilmente elevem os teores dados pela análise. Em culturas pouco exigentes em fertilizantes, faz-se o contrário, procurando-se boa discriminação, principalmente no caso de teores muito baixos, onde são maiores as respostas esperadas.

Na maioria dos casos, as recomendações são dadas em termos de N-P_2O_5-K_2O. Por exemplo, 20-70-45kg/ha significa que devem ser aplicados, por hectare, 20kg de N, 70kg de P_2O_5 e 45kg de K_2O. Essas recomendações não devem ser confundidas com fórmulas de fertilizantes.

5.4 Adubação com enxofre e micronutrientes

Em ensaios realizados com enxofre, foram obtidos resultados positivos com a aplicação do nutriente. Embora seja difícil uma previsão das circunstâncias em que as deficiências irão ocorrer,

optou-se por recomendar quantidades fixas, que devem em geral, ser suficientes para diversas culturas. Isso facilitará o planejamento das adubações, de forma que o enxofre, cada vez mais escasso nos adubos minerais, seja recomendado nos casos em que a probabilidade de resposta a esse nutriente for grande. Nos demais casos, pela falta de experimentação ou de respostas mais prováveis, não é indicado enxofre, embora isto não implique na não-necessidade do elemento.

Quanto aos micronutrientes, têm sido constatadas deficiências de maneira crescente, e em várias tabelas são feitas recomendações. Todavia, é preciso estar sempre alerta para novas deficiências. Com o novo critério de calagem, que implica em doses bem mais altas de calcário, pode-se esperar um agravamento das deficiências de vários micronutrientes, tais como boro, zinco, cobre e manganês. Em caso de suspeitas, deve-se recorrer à diagnose foliar para avaliar o estado nutricional da cultura.

6 TABELAS DE ADUBAÇÃO E CALAGEM

A seguir, são apresentados dados para algumas das principais culturas que consomem mais de 90% do adubo mineral empregado no Estado de São Paulo. Nos casos de arroz e trigo, são consideradas as culturas de sequeiro e irrigadas.

6.1 Algodão

- **Produtividade esperada**: 2.000 a 2.400kg/ha de algodão em caroço (300 a 400@/alqueire).

- **Calagem**: calculada para elevar a saturação em bases à cerca de 65%. Utilizar calcário contendo magnésio sempre que a análise de solo indicar valor inferior a 0,5 meq/100cm^3 de Mg.

- **Adubação orgânica**: no caso da mistura de adubos ser efetuada na propriedade, acrescentar cerca de 100kg por hectare de torta de mamona ou esterco de galinha bem-curtido. Praticar rotação de culturas.

- **Adubação mineral**:

a) **Plantio**: aplicar doses fixas de 10 a 15kg/ha de N, e 20 a 30kg/ha de S, além de fósforo e potássio de acordo com a análise de solo, como mostra a Tabela 5:

•**Boro**: em solos cultivados, intensamente calcariados e adubados com NPK, utilizar um mínimo de 0,5kg/ha de B; no caso de solos arenosos, pobres em matéria orgânica, elevar para 1,0kg/ha de B. Quando os sintomas de deficiência forem evidentes, usar de 1,2 até 1,5kg/ha de B, no sulco de plantio.

TABELA 5 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do algodão, de acordo com a análise de solo.

P_{resina} µg/cm^3	P_2O_5	K trocável - meq/100cm^3	Valor T		
			0-4,0	4,1-8,0	> 8,0
	kg/ha		kg/ha de K_2O		
0- 6	100	0-0,07	60	60(1)	80(1)
7-15	80	0,08-0,15	60	60	60(1)
16-40	60	0,16-0,30	40	60	60
41-80	40	0,31-0,60	20	40	60
> 80	0	> 0,60	20	20	40

(1) Complementar com 25kg/ha de K_2O, em cobertura.

b) **Cobertura**

•**Nitrogênio**: **15 a 25kg/ha de N** - solos em pousio, anteriormente cobertos por cafezais, pastagens, capoeiras, etc., há muito sem receber adubação mineral. Efetuar o preparo do solo com bastante antecedência ao plantio; **20-40kg/ha de N** - solos cultivados mas pouco adubados, ou solos ácidos recentemente corrigidos e pouco adubados; **40-65kg/ha de N** - solos há muito cultivados e adubados com freqüência.

As doses mais elevadas, por classe, devem ser empregadas em anos chuvosos, especialmente nos solos mais arenosos, pobres em matéria orgânica, onde as plantas sabidamente não crescem muito. Nesses casos, parcelar a aplicação, a primeira por ocasião do desbaste e a outra até o início do florescimento.

•**Enxofre**: utilizar produto nitrogenado que o contenha, por ocasião da primeira cobertura, no caso de não ter sido aplicado no sulco de plantio.

•**Potássio:** quando necessário em altas doses (80kg/ha de K_2O), sua aplicação deve ser parcelada, com cerca de 25kg/ha de K_2O sendo cedidos por ocasião do desbaste, em cobertura incorporada.

•**Boro**: se por algum motivo o boro necessário não tenha sido usado no sulco de plantio, aplicá-lo em cobertura por ocasião do desbaste, na dose de 1,2 a 1,5kg/ha de B, em mistura com adubo nitrogenado.

- Pulverização foliar

•**Nitrogênio**: em esquema de aplicação sistemática de inseticidas na lavoura, como nas baterias contra o Bicudo, pode-se aplicar uréia via foliar, como complemento à adubação do solo, em concentração sempre inferior a 10% e a baixo volume.

•**Boro**: como corretivo de sintomas de deficiência porventura existentes, o micronutriente pode ser aplicado em pulverizações foliares semanais sucessivas (pelo menos quatro), durante a fase de florescimento, na dose de 0,15 a 0,18kg/ha de B, por sua vez e a baixo volume.

6.2 Amendoim

- Produtividade esperada: 1.500-3.000kg/ha.

- Calagem: aplicar calcário para elevar a saturação em bases a 70%, quando o seu valor for inferior a 60%.

Adubação mineral: aplicar de acordo com a análise de solo (Tabela 6).

TABELA 6 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do amendoim, de acordo com a análise de solo.

P_{resina} $\mu g/cm^3$	K trocável - $meq/100cm^3$			
	0-0,07	0,08-0,15	0,16-0,30	> 0,30
	N-P_2O_5-K_2O-kg/ha			
0- 6	0-80-40	0-80-30	0-80-20	0-80-10
7-15	0-60-40	0-60-30	0-60-20	0-60-10
16-40	0-40-40	0-40-30	0-40-20	0-40-10
> 40	0-20-40	0-20-30	0-20-20	0-20-10

Observações:

a) O amendoim vale-se da fixação simbiótica de nitrogênio, dispensando a aplicação deste nutriente;

b) O amendoim aproveita bem o efeito residual de adubações anteriores, sendo excelente para rotações com outras culturas anteriormente adubadas.

6.3 Arroz-de-sequeiro

- **Produtividade esperada**: 1.500-3.500kg/ha.

- **Calagem**: aplicar calcário quando a saturação em bases for inferior a 40%, calculando a quantidade para elevá-la a 50%. Não aplicar mais do que 3t/ha do corretivo.

- **Adubação:**

a) **Plantio**: aplicar, de acordo com análise de solo (Tabela 7).

Aplicar 10kg/ha de S e, se houver constatação de deficiência de zinco, 5kg/ha de Zn.

b) **Cobertura**: aplicar até 30kg/ha de N aos 40 dias após a emergência, quantidades maiores para solos há muito cultivados. Reduzir a aplicação de N em solos com crescimento inicial muito vigoroso e com as plantas muito verdes.

TABELA 7 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura de arroz-de-sequeiro.

P resina $\mu g/cm^3$	K trocável - meq/100cm^3		
	0-0,07	0,08-0,15	> 0,15
		N-P_2O_5-K_2O-kg/ha	
0- 6	10-60-40	10-60-20	10-60-0
7-15	10-40-40	10-40-20	10-40-0
>15	10-20-40	10-20-20	10-20-0

6.4 Arroz irrigado

- **Produtividade esperada**:

•**Cultivares altos**: 3.500-4.500kg/ha;

•**Cultivares baixos**: 5.000-8.000kg/ha.

- **Calagem**: aplicar calcário quando a saturação em bases for inferior a 40%, em quantidade suficiente para elevá-la a 50%. Não aplicar mais do que 4t/ha de calcário.

- **Adubação:**

a) **Plantio**: aplicar de acordo com a análise de solo (Tabela 8).

Aplicar 10kg/ha de S e, se houver constatação de deficiência de zinco, 5kg/ha de Zn.

b) **Cobertura**: aplicar até 30kg/ha de N para cultivares de porte alto, 40 dias após a emergência, se seu desenvolvimento vegetativo não for muito exuberante. Para cultivares de porte baixo, aplicar 30kg/ha de N decorridos 40 dias da emergência, repetindo a cobertura 30 dias após, da mesma quantidade.

TABELA 8 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do arroz irrigado.

P_{resina} µg/cm³	K trocável - meq/100cm³		
	0-0,07	0,08-0,15	> 0,15
	N-P_2O_5-K_2O-kg/ha		
0- 6	10-60-60	10-60-40	10-60-20
7-15	10-40-60	10-40-40	10-40-20
>15	10-20-60	10-20-40	10-20-20

6.5 Café

- **Produtividade esperada:** 1.500-2.000kg/ha de café beneficiado.

- **Espaçamento**: variável, dependendo da condução da planta e da variedade. O básico, recomendado para a condução a livre crescimento, é de 4,0 x 2,5m para a variedade Mundo Novo e 3,5 x 2,0m para Catuaí, as duas variedades formadas com duas plantas por cova.

- **Calagem**: aplicar calcário para elevar a saturação em bases a 70%, quando o seu valor for inferior a 60%, não ultrapassando, porém, aplicações anuais de 5t/ha. No preparo do solo, antes do plantio, aplicar, com dose complementar, 1,5g de calcário por litro de terra utilizada no enchimento das covas. Em cafezal já instalado, distribuir o corretivo de preferência em toda a superfície do solo, no início da estação chuvosa. Quando só for possível fazer aplicação localizada, ao redor da planta ou na área de projeção da copa, reduzir a dose proporcionalmente à redução da área de aplicação.

- **Adubação de plantio**: sempre que possível utilizar um adubo orgânico curtido, empregando por volume de cova as seguintes proporções, conforme o adubo escolhido: de 20 a 50% de esterco de curral ou composto, ou 5% de esterco de galinha, ou 15% de palha de café, ou 2% de torta de mamona. Em áreas deficientes de boro, quando não for possível usar adubo orgânico, incorporar 50mg de bórax por litro de volume da cova. Aplicar com base na análise de solo, os nutrientes indicados na Tabela 9.

Após o pegamento das mudas, aplicar, em cobertura e de cada vez, 4g de N/cova a intervalos de 45 dias aproximadamente, até o fim do período chuvoso.

TABELA 9 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do café (no plantio).

P_{resina} µg/cm³	K trocável - meq/100cm³			
	0-0,15	0,16-0,30	0,31-0,60	> 0,60
	N-P_2O_5-K_2O-g/cova			
0- 15	0-30-25	0-30-15	0-30-10	0-30-0
16-40	0-20-25	0-20-15	0-20-10	0-20-0
41-80	0-10-25	0-10-15	0-10-10	0-10-0
> 80	0-00-25	0-00-15	0-00-10	0-00-0

- Adubação de formação:

•2º ano agrícola (1º após plantio): aplicar quatro vezes 8g de N/cova, a intervalos de cerca de 45 dias, no período de setembro a abril.

•3º ano agrícola (2º após plantio): aplicar, com base na análise de solo (inicial), os nutrientes indicados na Tabela 10.

Parcelar a adubação, em cobertura, três a quatro vezes no período de setembro-abril.

TABELA 10 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do café para formação - 2º ao 3º ano agrícola.

P_{resina} µg/cm³	K trocável - meq/100cm³		
	0-0,15	0,16-0,60	> 0,60
		N-P_2O_5-K_2O-g/cova	
0-15	60-12-36	60-12-24	60-12-0
18-80	60-08-36	60-08-24	60-08-0
> 80	60-00-36	60-00-24	60-00-0

- Adubação de produção: aplicar a partir do 4º ano agrícola (3º após plantio), em função dos teores de P e K revelados pela nova análise de solo (repetida de três em três anos) e da produção esperada. As doses de nutrientes a seguir recomendadas são mínimas e suficientes para atenderem às exigências de produção de 5 litros de frutos secos (café em coco) por cova (Tabela 11).

TABELA 11 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do café (fase produção).

P_{resina} µg/cm³	K trocável - meq/100cm³			
	0-0,15	0,16-0,30	0,31-0,60	> 0,60
		N-P_2O_5-K_2O-g/cova		
0-15	80-30-85	80-30-60	80-30-40	80-30-0
16-40	80-20-85	80-20-60	80-20-40	80-20-0
41-80	80-10-85	80-10-60	80-10-40	80-10-0
> 80	80-00-85	80-00-60	80-00-40	80-00-0

Observações:

a) Produções esperadas acima de 5 litros de café em coco por cova deverão receber, para cada litro, acréscimos de 20% das doses mínimas recomendadas.

b) Pelo menos um dos adubos utilizados deverá conter S (enxofre), devendo este ser aplicado na base de 1/8 da dose de N.

c) Parcelar os adubos utilizados em três a quatro vezes, no período de frutificação (setembro-abril).

d) Em cafezal instalado, aplicar os adubos na superfície do solo, ao redor da planta e sob a copa.

e) Em áreas deficientes de boro ou zinco, aplicar na superfície do solo 15g de bórax ou 20g de sulfato de zinco por cova e por ano, em novembro e fevereiro. Quando ocorrerem sintomas de carência de Zn, pulverizar as plantas, em novembro a fevereiro, com solução contendo 6g/litro de sulfato de zinco mais três gotas de espalhante adesivo, molhando, de preferência, a parte inferior das folhas.

6.6 Cana-de-açúcar

- **Produtividade esperada:** 120t/ha no primeiro corte, 90t/ha no segundo e 70t/ha no terceiro.

- **Calagem**: aplicar calcário quando o valor de V for inferior a 60%, calculando as quantidades para V=70%. A aplicação mínima, quando necessária, é de 1t/ha e, a máxima, de 10t/ha.

- **Adubação**: aplicar os fertilizantes minerais de acordo com a análise de solo inicial, para a cana-planta conforme a Tabela 12.

TABELA 12 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura de cana-de-açúcar (cana-planta).

P_{resina} µg/cm^3	K trocável - meq/100cm^3			
	0-0,07	0,08-0,15	0,16-0,30	>0,30
	N-P_2O_5-K_2O-kg/ha			
0- 6	20-120-100(1)	20-120-80(1)	20-120-100	20-120-80
7-15	20-100-100(1)	20-100-80(1)	20-100-100	20-100-80
16-40	20- 80-100(1)	20- 80-80(1)	20- 80-100	20- 80-80
> 40	20- 60-100(1)	20- 60-80(1)	20- 60-100	20- 60-80

(1) **Acrescentar, em abril, 40kg/ha de K_2O.**

- **Cana-planta**:

a) **Plantio (sulco)**

b) **Cobertura**: aplicar, em cobertura no mês de abril, de 40 a 80kg/ha de N. Metade da cobertura de nitrogênio poderá ser feita em setembro-outubro, principalmente em solos arenosos.

- **Cana-soca**: aplicar os adubos ao lado das linhas de cana, superficialmente e misturados ao solo, no máximo a 10cm de profundidade (Tabela 13).

TABELA 13 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura de cana-de-açúcar (cana-soca).

P_{resina} µg/cm^3	K trocável - meq/100cm^3		
	0-0,15	0,16-0,30	> 0,30
		N-P_2O_5-K_2O-kg/ha	
0-15	100-60-120	100-60-100	100-60-80
> 15	100-40-120	100-40-100	100-40-80

6.7 Citros (*)

- **Produtividade esperada**: 120-200kg/planta adulta.

- **Calagem**: aplicar calcário para elevar a saturação em bases a 70% sempre que o seu valor for inferior a 60%. Antes da formação do pomar aplicar o calcário em área total, com bastante antecedência, incorporando o mais profundamente possível. Em pomares já instalados aplicar também em área total, nos meses de abril a junho e incorporar com grade.

- **Adubação de plantio**: deve ser feita em sulco, aplicando-se em toda a sua extensão, por metro linear, 250g de calcário dolomítico, 2g de Zn (como sulfato ou óxido de zinco, ou fritas) juntamente com a adubação fosfatada cuja dose depende dos teores de fósforo no solo de acordo com a Tabela 14. Misturar os fertilizantes dentro do sulco com um subsolador de três hastes ou outro equipamento adequado.

TABELA 14 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura dos citros (no plantio).

P_{resina}	Doses de P_2O_5 ([1])
$\mu g/cm^3$	g/m linear de sulco
0- 6	80
7-15	60
16-40	40
>40	20

([1]) **Utilizar de preferência superfosfato simples.**

- **Adubação de formação**: inicia após o pegamento das mudas e vai até a idade de 4 anos. Aplicar, de acordo com a análise de solo e a Tabela 15 levando em conta as modificações para materiais enxertados sobre tangerina Cleópatra e para laranja Valência. Para variedades enxertadas sobre tangerina Cleópatra, aumentar a dose de N, P_2O_5 e K_2O em 20%.

TABELA 15 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura de citros (formação).

Idade	N	P_{resina} $\mu g/cm3$				K trocável, $meq/100cm^3$			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,07	0,08-0,15	0,16-0,30	>0,30
anos	g/planta	P_2O_5, g/planta				K_2O, g/planta			
0-1	100	0	0	0	0	20	0	0	0
1-2	160	160	80	40	0	80	40	0	0
2-3	240	240	160	80	0	160	120	80	0
3-4([1])	360	320	180	80	0	320	240	160	0
3-4([1,2])	360	320	180	80	0	250	190	130	0

([1]) **Quando a produção esperada for superior a 2,5 caixas de 40kg por planta, aumentar em 30% as doses de nitrogênio e potássio, para cada caixa a mais.**

([2]) **Adubação para a variedade Valência.**

(*) **Elaborado pelo Grupo Paulista de Adubação e Calagem para Citros: A. Violante Neto, B. van Raij, E.E.A. Blanco, E. Malavolta, G.C. Vitti, H. Cantarella, J. Teófilo Sobrinho, J.A. Quaggio, J.D. Negri, O. Rodrigues e O.C. Bataglia.**

- **Adubação de produção:** aplicar, de acordo com a espécie ou variedade da planta, produção esperada e análise do solo, as quantidades de nutrientes indicadas na Tabela 16.

TABELA 16 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura de citros (produção) (1).

Espécie ou variedade	N(2)	P_{resina} µg/cm³				K trocável, meq/100cm³			
		0,6	7-15	16-40	>40	0-0,07	0,08-0,15	0,16-0,30	>0,30
	g/caixa	P_2O_5, g/caixa(3)				K_2O, g/caixa(3)			
Valência	150	90	60	30	0	120	90	60	30
Outras laranjas e Taiti	150	90	60	30	0	150	120	90	60
Tangerinas	150	90	60	30	0	180	150	120	90
Murcote e Siciliano	180	90	60	30	0	240	210	150	120

(1) Para variedades enxertadas sobre tangerina Cleópatra, aumentar as doses de N e K_2O em 20%.

(2) As doses de nitrogênio poderão ser ajustadas de acordo com nível de nutriente revelado pela análise foliar. Quando o teor de N for inferior a 2,3%, aumentar a dose recomendada em 20%; quando for superior a 2,7%, reduzir a dose de nitrogênio em 20%. Não ultrapassar a dose de 240kg/ha de nitrogênio.

(3) Caixa com 40,8kg de frutas.

- **Localização dos fertilizantes**: para maior eficiência da adubação, localizar os fertilizantes de acordo com a idade das plantas, como mostra a Tabela 17.

TABELA 17 - Localização dos fertilizantes para a cultura de citros em função da idade.

Idade	Localização dos fertilizantes
anos	
0-1	Na área ao redor da coroa, com raio de 0,5m de largura.
1-2	Na área ao redor da coroa, com raio de 1,5m de largura.
2-3	Em faixas, nos dois lados da planta, de largura igual ao raio da copa, sendo 2/3 dentro e 1/3 fora dela.
3-4 em diante	Em faixas, nos dois lados da planta, de largura igual ao raio da copa, sendo 1/3 dentro e 2/3 fora dela.

- **Época de parcelamento e adubação**: se usar adubos simples, parcelar como indicado na Tabela 18. Se optar pelo uso da fórmula NPK seguir as recomendações de parcelamento para o N e K.

- **Adubação com micronutrientes**: os micronutrientes mais freqüentemente limitantes para os citros são o zinco, o manganês e o boro. A aplicação desses micronutrientes deve ser feita por meio de pulverização foliar com uma solução aquosa com a seguinte composição: sulfato de zinco = 0,3%; sulfato de manganês = 0,2%; ácido bórico = 0,08% e uréia = 0,5%. Aumentar a concentração de sulfato de zinco para 0,5% para laranja-pêra ou outras variedades quando houver constatação de deficiência aguda de Zn.

Aplicar os micronutrientes no período de vegetação das plantas, fazendo-se de 3 a 4 pulverizações nos pomares em formação e 2 pulverizações para os pomares em produção. Nesses pomares, realizar a primeira aplicação durante o florescimento e a segunda no fluxo de vegetação que normalmente ocorre em fevereiro-abril.

TABELA 18 - Parcelamento dos fertilizantes para a cultura dos citros em função da idade.

Idade	Épocas(1)	Parcelamento(2)		
		N	P_2O_5	K_2O
Anos		% do total		
0-1	1 mês após pegamento	15	-	-
	2 meses após pegamento	20	-	100
	3,5 meses após pegamento	30	-	-
	5,5 meses após pegamento	35	-	-
1-2	agosto a setembro	15	100	15
e	outubro a novembro	20	-	20
2-3	dezembro a janeiro	30	-	30
	fevereiro a março	35	-	35
3-4	agosto a setembro	30	100	30
	outubro a novembro	30	-	30
	fevereiro a março	40	-	40
4-5	agosto a setembro	40	100	40
em	outubro a novembro	30	-	40
diante	fevereiro a março	30	-	20

(1) Em anos que houver atraso no início da estação chuvosa, essas épocas poderão ser retardadas para se evitar aplicar fertilizantes com o solo muito seco.

(2) Porcentagem da dose total recomendada.

6.8 Feijão

- **Produtividade esperada**: 1.200-2.000kg/ha.

- **Calagem**: elevar a saturação em bases a 70% nos casos em que seu valor for inferior a 60%.

- **Adubação orgânica**: são indicadas a rotação de culturas e a incorporação de restos vegetais ou, ainda, a adubação verde, principalmente em solos sujeitos a ressecamentos, nos quais a aplicação de estercos ou compostos também é desejável.

- **Adubação mineral**:

a) **Plantio**: deve ser feita a adubação de acordo com a análise de solo (Tabela 19).

TABELA 19 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do feijão.

P_{resina} $\mu g/cm^3$	K trocável - $meq/100cm^3$			
	0-0,07	0,08-0,15	0,16-0,30	>0,30
	N-P_2O_5-K_2O-kg/ha			
0- 6	0-80-40	0-80-30	0-80-20	0-80-0
7-15	0-60-40	0-60-30	0-60-20	0-60-0
16-40	0-40-40	0-40-30	0-40-20	0-40-0
>40	0-20-40	0-20-30	0-20-20	0-20-0

Aplicar 20kg/ha de S.

b) **Cobertura**: aplicar 30-40kg/ha de N, 15 a 25 dias após a emergência das plantas. Em solos de várzea ou com incorporação recente de quantidade elevada de palhada, é conveniente aplicar um terço do nitrogênio no plantio.

6.9 Leguminosas e Adubos Verdes

- **Calagem:** aplicar calcário para elevar a saturação em bases a 70% nos casos em que o seu valor seja inferior a 60%.

- **Adubação mineral**: aplicar no plantio de acordo com a análise de solo e a Tabela 20.

TABELA 20 - Quantidades de nutrientes recomendadas para leguminosas(adubos verdes).

P_{resina} $\mu g/cm^3$	K trocável - $meq/100cm^3$		
	0-0,15	0,16-0,30	> 0,30
		$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$-kg/ha	
0-15	0-60-40	0-60-20	0-60-0
16-40	0-30-40	0-30-20	0-30-0
> 40	0- 0-40	0- 0-20	0- 0-0

6.10 Milho

- **Produtividade esperada:** 4.000-6.000kg/ha.

- **Espaçamento**: 100 X 20cm ou 50.000plantas/hectare.

- **Calagem**: aplicar calcário quando a saturação em bases for inferior a 60%, em quantidade suficiente para atingir 70%. Não aplicar mais do que 8 toneladas de calcário de uma vez.

- **Adubação de plantio**: aplicar de acordo com as análises de solo, as quantidades indicadas na Tabela 21.

TABELA 21 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura do milho.

P_{resina} $\mu g/cm^3$	K trocável - $meq/100cm^3$			
	0-0,07	0,08-0,15	0,16-0,30	> 0,30
		$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$-kg/ha		
0- 6	15-80-60	15-80-45	15-80-30	15-80-20
7-15	15-50-60	15-50-45	15-50-30	15-50-20
16-40	15-30-60	15-30-45	15-30-30	15-30-20
> 40	15-20-60	15-20-45	15-20-30	15-20-20

Aplicar 20kg/ha de S no plantio ou com a adubação de cobertura.

Se houver constatação de deficiência de zinco, aplicar 5kg/ha de Zn.

- **Adubação de cobertura**: aplicar de 40 a 80kg/ha de N, 35 dias após a germinação.

Observações: A adubação nitrogenada depende do uso anterior do solo. A maior quantidade deve ser aplicada em solos há muito cultivados e que vêm sendo freqüentemente adubados. Em solos ácidos, em áreas de pousio ou recém-desbravadas e em solos anteriormente cultivados com leguminosas, aplicar menores quantidades.

6.11 Pastagens

Para efeito de adubação, as pastagens de gramíneas estão divididas em três grupos em ordem decrescente de exigência em fertilidade do solo.

1 - Colonião, Centenário, Tobiatã, Centauro, IZ-1, Aruana, Coast-cross, Elefante, Napier, Cameron, Guaçu, Rhodes, Jaraguá, Pangola, Kikuiu, etc.

2 - Braquiarão e Marandu (*B. brizantha*), Angola, Green-panic, Andropógon, Estrelas, etc.

3 - Braquiárias (*B. decubens, B. humidicula*), Kikuiu da Amazônia, Gorduras, Setárias, Pensacolla, Batatais, etc.

- **Calagem**: a calagem deve ser feita levando em conta o grupo em que as gramíneas estão classificadas (Tabela 22).

TABELA 22 - Quantidades de calcário recomendadas para os grupos de gramíneas.

Grupo	Fazer calagem quando:	Calcular calagem para:	Dose máxima de calcário (t/ha)	
			Formação	Produção
1	V < 60%	V = 70%	5	3
2	V < 45%	V = 55%	5	3
3	V < 30%	V = 40%	5	3

Incorporar o calcário ao solo antes da implantação da pastagem. Em pastos já formados, aplicar o calcário a lanço no início das águas, após o rebaixamento do pasto.

- **Adubação de formação de pastagens**: recomendação da adubação conforme a análise de solo (Tabela 23).

TABELA 23 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a formação de pastagens.

Gramíneas	P_{resina}, $\mu g/cm^3$			K trocável, $meq/100cm^3$	
	0-15	16-40	>40	0-0,15	>0,15
	kg/ha de P_2O_5			kg/ha de K_2O	
Grupo 1	100	60	30	60	0
Grupo 2	80	50	20	50	0
Grupo 3	60	30	0	40	0

Não utilizar mais que 40% da dose de fósforo recomendada como fosfato natural. Quando misturar o adubo fosfatado à semente, fazê-lo no máximo, na véspera do plantio. Não misturar adubo potássico à semente.

- **Enxofre:** aplicar 30kg/ha de S.

- **Micronutrientes:** aplicar 2kg/ha de Zn se constatada a deficiência (Grupos 1 e 2).

- **Nitrogênio:** aplicar 30-40kg/ha de N se, após 30-40 dias do plantio, o capim apresentar coloração amarelada (Grupos 1 e 2).

- **Adubação de manutenção de pastagens:** recomendação da adubação, conforme a análise de solo (Tabela 24).

TABELA 24 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a manutenção de pastagens.

Gramíneas	N	S	P_{resina}, μg/cm³			K trocável, meq/100cm³	
			0-15	16-40	>40	0-0,15	>0,15
	kg/ha	kg/ha	kg/ha de P_2O_5			kg/ha de K_2O	
Grupo 1	150	40	50	30	0	60	0
Grupo 2	100	30	30	20	0	40	0
Grupo 3	50	20	20	0	0	20	0

O uso de adubo, especialmente de N, pressupõe um nível adequado de manejo e utilização do pasto.

Aplicar o P, K e S de preferência no início das águas, após o rebaixamento do pasto.

Recomenda-se aplicar o N no final da estação chuvosa (fevereiro-março) a fim de estender o período de produção do pasto. Em explorações intensivas, doses adicionais de N podem ser aplicadas durante o período das águas.

6.12 Soja

- **Produtividade esperada:** 2.500-3.000kg/ha.

- **Calagem**: elevar a saturação em bases a 70%, nos casos em que ela for inferior a 60%.

- **Adubação orgânica**: não é essencial, mas em solos com teores muito baixos de matéria orgânica, é útil aplicar 2t/ha de esterco de galinha ou fazer rotação com adubo verde.

- **Adubação mineral**: aplicar de acordo com a análise de solo (Tabela 25).

TABELA 25 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura da soja.

P_{resina} μg/cm³	K trocável - meq/100cm³			
	0-0,07	0,08-0,15	0,16-0,30	>0,30
	N-P_2O_5-K_2O-kg/ha			
0- 6	0-80-60	0-80-40	0-80-20	0-80-0
7-15	0-60-60	0-60-40	0-60-20	0-60-0
16-40	0-40-60	0-40-40	0-40-20	0-40-0
>40	0-20-60	0-20-40	0-20-20	0-20-0

Aplicar 20kg/ha de S.

Observações:

a) Inocular as sementes com inoculante específico para soja.

b) Em propriedades localizadas próximo a usinas de álcool, pode-se aplicar, antes do plantio da soja, 65.000 litros/hectare de vinhaça, em substituição ao potássio mineral.

6.13 Trigo-de-Sequeiro e Triticale-de-Sequeiro

- **Produtividade esperada:** 1.500-2.000kg/ha.

- **Calagem**: aplicar calcário quando a saturação em bases for inferior a 50%, calculando a quantidade para atingir 60%. Não ultrapassar 4t/ha de calcário por ano.

- **Adubação:**

a) **Plantio**: aplicar o adubo de acordo com a análise de solo (Tabela 26).

TABELA 26 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura de trigo e triticale-de-sequeiro.

P_{resina} µg/cm³	K trocável - meq/100cm³			
	0-0,07	0,08-0,15	0,16-0,30	0,30
	N-P_2O_5-K_2O-kg/ha			
0- 6	20-90-40	20-90-30	20-90-20	20-90-10
7-15	20-60-40	20-60-30	20-60-20	20-60-10
16-40	20-40-40	20-40-30	20-40-30	20-40-10
>40	20-20-40	20-20-30	20-20-20	20-20-10

Aplicar 10kg/ha de S.

Observação:

Não aplicar nitrogênio, por ocasião do plantio, para cultura após soja.

b) **Cobertura**: não deve ser aplicada.

6.14 Trigo Irrigado e Triticale Irrigado

- **Produtividade esperada**: 3.000-4.000kg/ha.

- **Calagem**: aplicar calcário quando a saturação em bases for inferior a 50%, calculando a quantidade para atingir 60%. Não ultrapassar 4t/ha de calcário por ano.

- **Adubação:**

a) Plantio: aplicar o adubo de acordo com a análise de solo (Tabela 27).

Aplicar 10kg/ha de S.

b) Cobertura: Não deve ser realizada quando se utilizarem cultivares de porte alto, sensíveis ao acamamento. Para cultivares precoces de porte médio a baixo aplicar 40kg/ha de N, 30 a 40 dias após a emergência. Para cultivares de ciclo médio a tardio e porte baixo, aplicar 20kg/ha de N, 20-30 dias após a emergência, e 20kg/ha de N, 50-60 dias após a emergência.

TABELA 27 - Quantidades de nutrientes recomendadas para a cultura de trigo e triticale irrigados.

P_{resina} $\mu g/cm^3$	K trocável - $meq/100cm^3$			
	0-0,07	0,08-0,15	0,16-0,30	> 0,30
	$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$-kg/ha			
0- 6	20-90-40	20-90-30	20-90-20	20-90-10
7-15	20-60-40	20-60-30	20-60-20	20-60-10
16-40	20-40-40	20-40-30	20-40-30	20-40-10
>40	20-20-40	20-20-30	20-20-20	20-20-10

7 ESCOLHA DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES

Existe grande variedade de produtos comerciais disponíveis. As informações fornecidas a seguir visam auxiliar na escolha criteriosa daqueles necessários para atender às indicações de calagem e adubação.

7.1 Corretivos da acidez

Os corretivos da acidez mais importantes são as rochas calcárias moídas. Além dessas, têm certa importância os calcários calcionados, que são produtos mais concentrados e solúveis.

Os calcários moídos são caracterizados pelos seus teores em cálcio e magnésio, expressos na forma de óxidos, e pela granulometria determinada com peneiras ABNT nº 10 (2mm de abertura) e ABNT nº 50 (0,3mm de abertura).

A eficiência dos calcários, expressa pelo poder relativo de neutralização total (PRNT), é indicada em termos equivalentes a carbonato de cálcio e seu cálculo é feito pela expressão seguinte:

$$PRNT = \frac{Eq.\ CaCO_3 \times (0,04X + Y)}{100}$$

onde:

Eq. $CaCO_3$ = CaO% x 1,79 + MgO% x 2,46;

X = porcentagem do calcário retido na peneira 50, porém que passe na peneira 10;

Y = porcentagem do calcário que passa na peneira 50.

Recentemente, há muito interesse pelo uso de gesso como reativo. Esse produto, que contém cerca de 32% de cálcio e 18% de enxofre, na realidade é um sal neutro, sem ação direta sobre a acidez do solo, podendo, em alguns casos, até agravar problemas de toxicidade de manganês. Contudo, verifica-se em outros Estados que, principalmente, se aplicado em combinação com calagem, pode promover a diminuição da acidez em profundidade em certos solos. Aplicado isoladamente em solos contendo baixos teores em bases, o gesso pode promover neles sérias perdas de potássio e magnésio. Por enquanto, não há, para São Paulo, informações experimentais seguras que permitam equacionar a aplicação de gesso, para a diminuição da acidez de solos em profundidade.

7.2 Fertilizantes orgânicos

Existe grande variedade de fertilizantes orgânicos, cuja maior importância está na melhoria das propriedades físicas dos solos. As quantidades aplicadas são muitas vezes elevadas e as quantidades de nutrientes fornecidas podem ser importantes, mesmo considerando os baixos teores contidos nesses produtos.

No Quadro 1, são indicados os teores de nutrientes que podem ser encontrados em alguns fertilizantes orgânicos. Os valores são médias de dados de diversos livros, referindo-se, o esterco, e a material sem mistura. Na prática, os teores de nutrientes variam bastante, dependendo, no caso de animais, da alimentação. Além disso, as perdas de nutrientes, principalmente nitrogênio, em esterco, podem ser muito elevadas, se o manejo não for adequado.

Para previsão dos efeitos, pode-se considerar que um terço do nitrogênio, metade do fósforo e todo o potássio dos adubos orgânicos, tornam-se disponíveis no primeiro ano de aplicação.

QUADRO 1 - Valores médios de teores de nitrogênio, fósforo e potássio em adubos orgânicos.

Fertilizante	Teores no material sem secar			
	Umidade	N	P_2O_5	K_2O
	%			
Esterco de galinha	40	1,7	0,8	1,0
Esterco bovino	80	0,6	0,1	0,5
Esterco suíno	75	0,5	0,1	0,4
Composto de lixo	35	0,5	0,2	0,3
Torta de mamona	–	5,0	1,7	1,5

OBS.: Os dados não são rigorosos, servindo apenas para avaliação de grandeza.

7.3 Fertilizantes minerais simples

Os fertilizantes minerais simples são formados de um composto químico contendo um ou mais nutrientes das plantas. Com o aparecimento de diversos produtos, o conceito do adubo simples não é na realidade tão limitado. Para facilitar a exposição, o conceito será aqui empregado para diversos produtos oriundos em geral de um processo específico de fabricação, em contraposição com os fertilizantes mistos, complexos ou fórmulas NPK, que são em geral misturas.

No Quadro 2 é apresentada uma relação dos principais fertilizantes minerais simples, da maneira como são hoje reconhecidos pelo Ministério da Agricultura. Tais adubos são apenas uma parte pequena das opções existentes.

Não está na lista o nitrocálcio, que é, na realidade, uma mistura de nitrato de amônio e calcário.

No caso da uréia, o produto não pode conter mais de 1,5% de biureto para aplicação direta de solo e de 0,3% para aplicação foliar.

Os fertilizantes indicados são, em sua maior parte, solúveis em água. Excetua-se o termofosfato magnesiano, que é principalmente solúvel em ácido cítrico.

É importante ressaltar que as recomendações das tabelas de adubação, no caso de fósforo, referem-se a teores solúveis existentes em produtos de comprovada eficácia. Excluem-se os fosfatos naturais e parcialmente acidulados, cuja eficiência é geralmente baixa para muitas culturas, devendo ser empregados com cuidado e sob orientação técnica segura.

QUADRO 2 - Principais fertilizantes simples e suas garantias mínimas de N, P_2O_5 e K_2O, bem como teor de enxofre ([1]).

Fertilizante	Teores no material sem secar			
	N	P_2O_5	K_2O	S
	%			
Uréia	44	—	—	—
Nitrato de amônio	32	—	—	—
Sulfato de amônio	20	—	—	22-24
Fosfato diamônico (DAP)	16	45	—	—
Fosfato monoamônico (MAP)	9	48	—	—
Superfosfato simples	—	18	—	10-12
Superfosfato triplo	—	41	—	—
Termofosfato magnesiano	—	17	—	—
Cloreto de potássio	—	—	58	—
Sulfato de potássio	—	—	48	15-17
Sulfato de potássio e magnésio	—	—	18	22-24
Sulfato de cálcio	—	—	—	13-15

([1]) **Garantias mínimas, de acordo com a Portaria nº 1, de 4-3-83, da Secretaria de Fiscalização Agropecuária do Ministério da Agricultura.**

7.4 Fontes de micronutrientes

As mais comuns para uso direto, com as garantias mínimas do Ministério da Agricultura, são:

Bórax	11% de B
Ácido bórico	17% de B
Sulfato de cobre	13% de Cu
Molibdato de amônio	54% de Mo
Molibdato de sódio	39% de Mo
Sulfato de zinco	20% de Zn
Óxido de zinco	50% de Zn

Dessas fontes, o óxido de zinco é insolúvel e pode não apresentar resultados rápidos em aplicações no solo.

Para silicatos contendo micronutrientes, os teores mínimos são 1% de Cu, 2% de Mn; 2% de Fe, 3% de Zn, 0,1% de Co ou 1% de B. Trata-se de sílica fundida com vários micronutrientes, sendo no mínimo dois.

Os quelatos que tenham apenas um micronutriente devem apresentar teores mínimos de 5% de Cu, 5% de Fe, 5% de Mn ou 7% de Zn.

7.5 Formulações NPK

As fórmulas NPK ou fertilizantes complexos são misturas de fertilizantes simples, preparadas com teores determinados de nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O). Os produtos podem ser misturas de grânulos ou especialmente granulados e conter micronutrientes, podendo ainda ser indicado o teor de enxofre.

Um dos pontos fracos da implementação das adubações recomendadas pela análise de solo é o fato de ser organizada para atender a culturas em geral, com pouca flexibilidade para os casos específicos. O uso prolongado das mesmas fórmulas pode levar a desequilíbrios nutricionais, além de ser a maneira mais eficiente de adubar. Isso pode ser atribuído, em parte, à dificuldade de conciliar o grande número de alternativas diferentes de adubação indicadas pelas tabelas, com a grande variedade de formulações de fertilizantes existentes no comércio (mais de mil).

No caso das formulações, já foi feita uma tentativa de estabelecer uma lista que atendesse às necessidades estaduais, mediante um grupo de trabalho instituído pela Secretaria da Agricultura, em 1977, em colaboração com a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), que, consultando as firmas de fertilizantes, chegou a uma relação de 152 formulações que atenderiam às tabelas de adubação da época, bem como ao comércio.

Com as tabelas de adubação, para as culturas que ocupam mais de 100.000 hectares no Estado de São Paulo, e consomem mais de 90% dos fertilizantes, foi possível preparar o Quadro 3, com as relações de nutrientes correspondentes às indicações de adubação, de acordo com a análise de solo. Os 121 casos computados reduziram-se a 41 relações de nutrientes.

Considerando as análises de solo e pareceres de adubação emitidos em 1983, bem como as áreas colhidas das culturas, foi possível realizar um estudo sobre as quantidades necessárias, no total e por cultura. No caso, foram consideradas apenas aquelas indicações de adubação que admitem o uso de formulações NPK, notando-se um predomínio de certas relações sobre outras.

Além disso, procurou-se indicar fórmulas correspondentes às relações de nutrientes. Para tanto, calcularam-se múltiplos de números inteiros de tais relações, procurando as fórmulas correspondentes na mencionada lista da Secretaria da Agricultura e na lista de 1.039 fórmulas registradas atualmente no Ministério da Agricultura, segundo divulgação da ANDA. Quando não havia nenhuma fórmula que atendesse às proporções de nutrientes, indicaram-se fórmulas ainda não disponíveis, mas próximas de casos reais.

O Quadro 4 resume essas informações, cujo significado é ilustrado com um exemplo: a relação 312 seria necessária em 15,6% do peso total de formulações. A fórmula sugerida seria a 18-6-12 na cultura do café, para a qual uma adubação nessa proporção, de 312, atenderia a 65% da adubação, em peso.

Espera-se que, com essas informações, a comercialização de fertilizantes possa ser feita de forma a atender ao recomendado pela análise de solo. Evidentemente, outras fórmulas poderão ser utilizadas além das sugeridas, desde que a sua relação de nutrientes seja igual ou próxima às indicadas.

Com o Quadro 4, deverá ser muito fácil organizar a distribuição de fertilizantes de forma adequada, rompendo-se o ciclo vicioso de mesmas fórmulas para certas culturas, independente da análise de solo. No caso, as primeiras cinco relações de nutrientes atendem a 55,5% do peso necessário de fórmulas; as dez primeiras a 77,6% e, as vinte mais importantes, a 92,3%.

Ademais, como as culturas estão distribuídas por regiões no Estado, fica também fácil levar isso em consideração.

A contribuição das relações dentro de cada cultura é outro ponto a destacar. Assim, para o café, a relação 312 deverá atender a 65% da adubação, a 313 a 23% e a 816 a 8%. As demais, 805, 101 e 310, seriam insignificantes, requerendo apenas 2,1 e 1% respectivamente.

As informações do Quadro 4 devem ser atualizadas com o passar do tempo. Contudo, como têm caráter apenas sugestivo, devem ser suficientemente precisas para orientar a adubação estadual, fazendo-se necessários apenas ajustes regionais.

QUADRO 3 - Relações aproximadas de nutrientes para as indicações de adubação das dez culturas que ocupam maior área cultivada no Estado de São Paulo.

Cultura	Adubação e relação de nutrientes		
Algodão	10-100- 80(165)	10-100- 60(184)	10-100- 40(184)
	10-100- 20(165)	10- 80- 60(165)	10- 80- 40(184)
	10- 80- 20(182)	10- 60- 80(146)	10- 60- 60(166)
	10- 60- 40(165)	10- 60- 20(182)	10- 40- 80(146)
	10- 40- 60(146)	10- 40- 40(166)	10- 40- 20(184)
Amendoim	0- 80- 40(021)	0- 80- 30(031)	0- 80- 20(031)
	0- 80- 10(061)	0- 60- 40(032)	0- 60- 30(021)
	0- 60- 20(031)	0- 60- 10(061)	0- 40- 40(011)
	0- 40- 30(032)	0- 40- 20(021)	0- 40- 10(061)
	0- 20- 40(012)	0- 20- 30(023)	0- 20- 20(011)
	0- 20- 10(021)		
Arroz	10- 60- 30(163)	10- 40- 30(132)	10- 20- 30(123)
	10- 60- 0(150)	10- 40- 0(150)	10- 20- 0(120)
Café	80 -30- 85(313)	80- 30- 60(312)	80- 30- 40(312)
	80 -30- 0(310)	80- 20- 85(313)	80- 20- 60(312)
	80- 20- 40(312)	80- 20- 0(310)	80- 10- 85(816)
	80- 10- 60(816)	80- 10- 40(816)	80- 10- 0(310)
	80- 0- 85(101)	80- 0- 60(805)	80- 0- 40(805)
Cana-planta	20-120-100(165)	20-120- 80(165)	20-100-100(155)
	20-100- 80(165)	20- 80-100(145)	20- 80- 80(155)
	20- 60-100(135)	20- 60- 80(145)	
Cana-soca	100- 60-120(324)	100- 60-100(212)	100- 60- 80(423)
	100- 40-120(314)	100- 40-100(212)	100- 40- 80(423)
Feijão	0- 80- 40(021)	0- 80- 30(031)	0- 80- 20(031)
	0- 60- 40(032)	0- 60- 30(021)	0- 60- 20(031)
	0- 40- 40(011)	0- 40- 30(032)	0- 40- 20(021)
	0- 20- 40(012)	0- 20- 30(023)	0- 20- 20(011)
Laranja	150-100-200(324)	150-100-150(323)	150-100- 80(211)
	150- 60-200(314)	150- 60-150(313)	150- 60- 80(211)
	150- 30-200(415)	150- 30-150(414)	150- 30- 80(412)
Milho	15- 80- 60(165)	15- 80- 45(163)	15- 80- 30(163)
	15- 80- 20(141)	15- 50- 60(123)	15- 50- 45(165)
	15- 50- 30(132)	15- 50- 20(132)	15- 30- 60(123)
	15- 30- 45(123)	15- 30- 30(123)	15- 30- 20(132)
	15- 20- 60(113)	15- 20- 45(113)	15- 20- 30(123)
	15- 20- 20(111)		
Soja	0- 80- 60(032)	0- 80- 40(021)	0- 80- 20(031)
	0- 60- 60(011)	0- 60- 40(032)	0- 60- 20(031)
	0- 40- 60(023)	0- 40- 40(011)	0- 40- 20(021)
Trigo	20- 90- 40(152)	20- 90- 30(152)	20- 90- 20(151)
	20- 60- 40(132)	20- 60- 30(131)	20- 60- 20(131)
	20- 40- 40(132)	20- 40- 30(132)	20- 40- 20(121)

QUADRO 4 - Relação de fórmulas sugeridas para as dez culturas de área cultivada superior a 100.000ha no Estado de São Paulo.

Relação de nutrientes	Porcentagem do total necessário(1)	Fórmula sugerida	Cultura e porcentagem de utilização do adubo(2)
	%		
011	0,9	0-20-20	Soja(22), feijão(8), amendoim(2)
012	0,0	0-15-30	Feijão(<1)
021	1,6	0-20-10	Soja(23), feijão(24), amendoim(19)
023	0,4	0-14-21	Soja(10), feijão(3)
031	3,1	0-30-10	Soja(23), feijão(54), amendoim(70)
032	1,0	0-15-10	Soja(22), feijão(9), amendoim(9)
101	0,2	20-00-20	Café(1)
111	0,1	10-10-10	Milho(1)
113	0,3	8-08-24	Milho(3)
120	0,1	10-20-00	Arroz(3)
121	0,6	10-20-10	Trigo(22)
123	1,8	4-08-12	Milho(15), arroz(7)
131	0,1	10-30-10	Trigo(9)
132	0,8	5-15-10	Milho(13), arroz(17), trigo(19)
135	0,8	4-12-20	Cana-planta(10)
141	0,9	5-20- 5	Milho(8)
145	1,3	4-16-20	Cana-planta(16)
146	0,4	3-12-18	Algodão(11)
150	0,7	6-30-00	Arroz(35)
151	0,1	6-30- 6	Trigo(8)
152	0,0	6-30-12	Trigo(2)
155	1,8	4-20-20	Cana-planta(22)
163	5,5	5-30-15	Milho(42), arroz(38)
165	7,2	4-24-20	Cana-planta(51), milho(18), algodão(31)
166	0,9	3-18-18	Algodão(24)
182	0,1	4-31- 8	Algodão(3)
184	0,1	2-16- 8	Algodão(31)
211	1,3	20-10-10	Laranja(9)
212	12,3	20-10-20	Cana-soca(43)
310	0,2	21-07-00	Café(1)
312	15,6	18-06-12	Café(65)
313	7,1	18-06-18	Café(23)
314	6,0	15-05-20	Cana-soca(15)
323	4,2	18-12-18	Laranja(28)
324	14,5	15-10-20	Cana-soca(34), laranja(31)
412	0,1	20-05-10	Laranja(1)
414	0,5	20-05-20	Laranja(4)
415	0,6	16-04-20	Laranja(4)
423	2,2	12-06- 9	Cana-soca(8)
805	0,5	24-00-15	Café(2)
816	2,0	24-03-18	Café(8)

(1) Preparado com base nos resultados de análise de solo, pareceres de adubação e área colhida em 1983. Considerou-se a adubação necessária para aplicação de dois ou mais nutrientes. Não está incluída a adubação de nitrogênio em cobertura.

(2) Os números entre parênteses indicam a porcentagem do adubo em peso com relação à adubação total da cultura, exclusive a parte aplicada com nutrientes isolados.

8 CÁLCULO DE QUANTIDADES A APLICAR

Após a decisão sobre os corretivos e fertilizantes, é preciso calcular as quantidades a aplicar.

A calagem requer informações sobre cultura, calcário e faixa de saturação em bases exigida pela cultura. Suponha-se, que um solo com valores de T = 8,3meq/100cm^3, V = 23%, e que exista um calcário disponível com PRNT de 76%, e a cultura seja o milho. A quantidade de calcário a aplicar é dada pela expressão.

$$N.C. = \frac{T\ (V_2 - V_1)}{100} \times f$$

sendo:

$T = 8,3$;

$V_1 = 23$;

$f = 100/76$.

O valor desejado de $V_2 = 70$. Obtém-se, pois o resultado de

$$N.C. = \frac{8,3\ \ (70 - 23)}{100} \times \frac{100}{76} = 5,1 \cong 5t/ha$$

Para São Paulo, quando o PRNT do calcário não for conhecido, adota-se um valor médio de 65% ou de f = 1,5.

No caso de adubos simples a quantidade a aplicar é calculada multiplicando a quantidade requerida do nutriente por 100 e dividindo pelo teor do nutriente do adubo escolhido. Por exemplo, para aplicar 60kg/ha de N, na forma de sulfato de amônio (20% de N), a quantidade a aplicar será:

$$\frac{60 \times 100}{20} = 300kg/ha$$

Na aplicação de fórmulas, o primeiro passo é estabelecer a relação de nutrientes recomendada e procurar uma fórmula que a atenda, determinando a quantidade de adubo necessária.

Assim, a recomendação de 15-50-30kg/ha, em termos de N-P_2O_5-K_2O, pode ser atendida de forma suficientemente precisa por uma fórmula de relação 132, conforme o caso do milho no Quadro 3. Para essa relação de nutrientes, a fórmula sugerida no Quadro 4 é a 5-15-10. A quantidade a adotar é encontrada multiplicando a soma dos nutrientes a aplicar por 100 e dividindo pela soma dos nutrientes da fórmula. No exemplo em pauta, têm-se:

$$\frac{(15 + 50 + 30) \times 100}{(5 + 15 + 10)} = \frac{95 \times 100}{30} = 320kg/ha$$

A quantidade de 320kg/ha da fórmula 5-15-10 levará à aplicação de 16-48-32kg/ha dos três nutrientes.

9 MODOS E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO

As tabelas, em geral, indicam épocas e modos de aplicação de fertilizantes, principalmente quando realizadas de maneira pouco usual.

Convém frisar bem alguns aspectos referentes aos modos e épocas de aplicação, que permitem a eficiência máxima dos fertilizantes e corretivos.

O calcário deve ser incorporado com pelo menos três meses de antecedência, metade antes da aração e metade depois, antes da gradagem. É essencial misturá-lo muito bem com o solo, já que seu efeito, praticamente, não se difunde a curto prazo.

Em plantas perenes, nas quais não vai haver aração, o calcário será distribuído sobre o terreno e, se possível, levemente incorporado, de maneira a não danificar as raízes das plantas.

Para culturas anuais, a adubação de plantio é aplicada, sempre que possível, cerca de 5cm ao lado e abaixo das sementes, para não danificá-las, o que pode ser um problema sério nas aplicações de doses elevadas de potássio, por causa de alto índice de salinidade do cloreto de potássio.

O fósforo é aplicado preferencialmente de forma localizada, na qual a sua eficiência é máxima: daí, empregar os adubos no sulco de plantio incluindo potássio e um pouco de nitrogênio.

O nitrogênio de qualquer fonte mineral aplicado ao solo converte-se rapidamente em nitrato, forma extremamente móvel, sujeita a perdas por lixiviação. Por essa razão, a adubação nitrogenada é feita normalmente em cobertura, quando as plantas já estão em condições de absorver rapidamente o nitrogênio.

Há uma tendência, para algumas culturas, de utilizar parte do potássio em cobertura. Todavia, como este elemento não se movimenta com facilidade no solo, a cobertura só será válida se ele for aplicado em quantidades bastante altas e de forma bem-localizada no terreno, ou se a aplicação for acompanhada de uma operação que enterre o adubo.

Em plantas perenes, a tendência é aplicar os três macronutrientes parceladamente. Isso facilita as operações, pois, nessas culturas, as adubações visam efeitos em períodos bastante longos, havendo acúmulo de fósforo e potássio no solo.

Mesmo em culturas anuais, a adubação com fósforo e potássio pode opcionalmente ser incorporada com antecedência, em solos com teores altos de fósforo e potássio. Naqueles de baixa fertilidade, para culturas de alto valor comercial, pode ser interessante aplicar parte do fósforo e do potássio antecipadamente em mistura com o solo, já que isso pode proporcionar melhores condições de desenvolvimento do sistema radicular e aumentar a produção. Contudo, as quantidades necessárias de fósforo são elevadas e não eliminam a necessidade da aplicação localizada.

Para os macronutrientes, há ainda a alternativa de aplicação por aspersão nas folhas. No entanto, pelos estudos feitos, a adubação foliar não se revelou uma alternativa economicamente superior à aplicação no solo, no caso dos macronutrientes principais.

Os micronutrientes zinco, boro, cobre e molibdênio podem ser aplicados no solo, na forma de sais solúveis. Quando houver deficiências de tais nutrientes, a aplicação por via foliar é adequada para corrigir o problema. Ferro e manganês devem ser aplicados de preferência por pulverização, já que facilmente se insolubilizam no solo se aplicados como sais solúveis, exceto quelatos.

Relativamente aos adubos nitrogenados, é importante aplicá-los nas épocas recomendadas quando as plantas têm condições de absorvê-los. Aplicações antecipadas, mesmo em forma orgânica com esterco ou incorporação de adubos verdes, podem conduzir a perdas consideráveis de nitrogênio por lixiviação.

10 SUGESTÕES COMPLEMENTARES

As sugestões seguintes visam fornecer mais informações que deverão melhorar a eficiência do uso de corretivos e fertilizantes:

a) Analisar o solo periodicamente, com intervalos de, no máximo, 3 anos. Manter em arquivo os resultados das análises para acompanhamento da evolução da fertilidade.

b) O calcário tem efeito por vários anos, sobretudo quando empregado nas quantidades recomendadas; só deverá ser reaplicado após nova análise de solo.

c) A adubação é indicada, em geral, para aplicação no ano agrícola, podendo ser repetida nos anos seguintes, até que nova análise de solo seja realizada.

d) Manter a fertilidade do solo pelo menos nas faixas de valores médios de fósforo, potássio e saturação em bases ou, de preferência nas faixas de valores altos.

e) Evitar que a erosão destrua a melhor parte do solo, através de medidas conservacionistas adequadas.

f) Preservar a matéria orgânica do solo, por intermédio de rotação de culturas ou obtenção de alta produtividade, com o que são produzidas grandes quantidades de restos culturais.

g) Aplicações de uréia, sempre que possível, devem ser feitas por enterrio ou incorporação, pois as superficiais podem levar a perdas por volatilização.

h) Se houver limitação de capital para aquisição de fertilizantes, diminuir a adubação com critério, levando em conta a análise de solo e reduzindo proporcionalmente os nutrientes; evitar a redução de apenas algum nutriente ou a supressão da adubação de cobertura ou da calagem.

i) Quando houver necessidade de recorrer à redução de fertilizantes, é conveniente aplicar a recomendação integral em uma parte da área, pelo menos um hectare, para servir de base a decisões futuras.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RAIJ, B. van; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A.R. & TRANI, P.E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas, Instituto Agronômico, 1985. 107p (Boletim técnico, 100)

GESSO AGRÍCOLA

Bernardo van Raij ([1])
Mário Ivo Drugowich ([2])

1 INTRODUÇÃO

A utilização do gesso agrícola vem crescendo ultimamente, principalmente devido às pesquisas recentes que têm demonstrado os bons resultados desse produto em algumas culturas. Sua aplicação está mais direcionada para suprir a falta de cálcio no solo, tanto nas camadas superficiais, como nas mais profundas. Sua utilização propicia ainda, que outros nutrientes, como magnésio e potássio, sejam também "arrastados" para as camadas mais profundas, mas a quantidade desses depende tanto da quantidade de gesso aplicado como da textura do solo.

2 DEFINIÇÃO DO PRODUTO

O gesso agrícola, sulfato de cálcio dihidratado ($CaSO_4.2H_2O$), é um subproduto da obtenção do ácido fosfórico, utilizado na fabricação de superfosfato triplo e fosfatos de amônio. É parte integrante do superfosfato simples - mistura de partes aproximadamente iguais de fosfato monocálcico e gesso.

O gesso é um sal solúvel, na forma de um pó claro e fino, que penetra no solo, em geral ultrapassando a camada arável, de cerca de 20cm, ficando adsorvido ao solo abaixo dessa camada.

Análise típica do gesso agrícola	%
- *Umidade	15-20
- *Cálcio (CaO)	17-20
- *Enxofre (S)	14-17
- Flúor	0,7
- Fósforo	0,6

*Fonte: PETROFÉRTIL

Observação: Devem-se esperar maiores variações no teor de umidade do produto.

É muito importante ressaltar que **o gesso não corrige a acidez do solo** em termos de elevação do pH, mas mantém os mesmos níveis, após a aplicação, ou até mesmo pode causar uma ligeira diminuição da acidez em relação aos níveis anteriores; por isso, o **gesso não substitui o calcário.**

[1] Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC, Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas.
[2] Eng.° Agr.° - SAA/CATI/DEXTRU/CTRN - Grupo Técnico de Conservação do Solo e Nutrição Vegetal.

3 EFEITOS FAVORÁVEIS

Devido às suas características, o gesso tem a propriedade de reduzir a saturação do alumínio tóxico, além de fornecer os nutrientes cálcio e enxofre, atuando como melhorador do ambiente radicular no subsolo, propiciando condições para que as raízes das plantas se aprofundem, explorando um maior volume de solo, aproveitando melhor os nutrientes e aumentando sua capacidade de resistência à seca.

O gesso é recomendado também para a recuperação de solos salinos e sódicos; entretanto, não será abordado este tópico em virtude de não se aplicar normalmente às condições do Estado de São Paulo.

Utilizado na fermentação do esterco, o gesso tem a propriedade de reter parte do nitrogênio, que, em condições normais, seria perdido por volatilização na forma de amônia, além de enriquecer o composto em cálcio e enxofre.

Por agir como floculante da argila, o gesso dificulta a formação de "crostas" na superfície do solo, influindo no aumento da capacidade de infiltração de água no perfil do solo, reduzindo o escorrimento superficial e a erosão.

3.1 Fonte de enxofre

a) Condições - em solos não adubados com Sulfato de Amônio (21-24% de S) ou Superfosfato Simples (12% de S), pode-se recomendar o uso do gesso como fonte de enxofre.

b) Doses

- a lanço - de 600 a 1.000kg/ha
- em aplicação localizada (no sulco de plantio) - 300 a 600kg/ha

Observação: Efeito residual de dois a três anos.

3.2 Fonte de cálcio

Especificamente para a cultura do amendoim, recomenda-se o uso do gesso na dosagem de 300 a 500kg/ha, em aplicação localizada, ou 1.000kg/ha, na aplicação a lanço, no início do florescimento, antes de "chegar terra" ([3]). Sugerem-se observações em faixas no meio da cultura.

3.3 Como melhorador do ambiente radicular do subsolo

a) Condições - o efeito deverá ser mais acentuado em solos nunca antes "calcariados" e adubados e que apresentem subsolos (20-40cm) muito ácidos, o que condicionará a aplicação do gesso.

- quando a análise do subsolo (20-40cm) apresentar:
  - Al > 0,5meq/100cm^3 ou
  - Ca < 0,3meq/100cm^3 ou
  - m (saturação de alumínio) >40%
- em solos com saturação por bases (V%) acima de 30% ao longo do perfil, o efeito do gesso será menor ou mesmo nulo.

([3]) **Comunicação verbal - Prof. Dr. G.C. Vitti - ESALQ/USP**

b) Doses - as dosagens para solos com subsolos muito ácidos vão depender da capacidade de retenção da água. Pode-se estimar este parâmetro através da textura, quando poderiam ser recomendadas as seguintes dosagens:

- solos arenosos (até 15% de argila) 1-2t/ha
- solos médios (15-35% de argila) 2-3t/ha
- solos argilosos (35-60% de argila) 3-4t/ha
- solos muito argilosos (>60% de argila) 4-5t/ha

Observação: o efeito perdura por vários anos, não havendo necessidade de reaplicação, o que pode ser monitorado através de análises do solo e subsolo.

3.4 Para redução do encrostamento do solo

Apesar de ainda não se ter definido a dosagem para o fim proposto, doses de 500 a 1.000kg/ha podem surtir efeito.

Esse efeito deve ser efêmero, já que o gesso é rapidamente (em questão de meses) removido da camada arável, motivo porque a aplicação deverá ser efetuada não muito antes do plantio, e o gesso não deverá ser incorporado, ou no máximo receber incorporação através de gradagem niveladora.

Existem relatos de melhoria da taxa de infiltração de água ao longo do perfil do solo, em função da capacidade de floculação do gesso no subsolo.

3.5 Preventivo ao Dumping-off (tombamento) ([4])

Provavelmente em função da melhoria das condições de infiltração de água, através da floculação da argila (melhor estruturação dos agregados), pode-se recomendar, como regra geral, a diluição de 20g de gesso/litro de água, regando a superfície de sementeiras de tomate, café, etc.

4 ÉPOCA DE APLICAÇÃO

O ideal seria a aplicação juntamente com o calcário. Entretanto, considerando a umidade e higroscopicidade do gesso, torna-se inviável a mistura homogênea do mesmo ao calcário, exceto quando se tratar de calcário calcinado. Nesse caso, a mistura torna-se possível.

Sendo assim, recomenda-se a aplicação do gesso após a aplicação e incorporação do calcário, ou antes do plantio.

Não é necessária a incorporação profunda do gesso, já que o produto é solúvel.

Existe no mercado produto comercial constituído de 70% de calcário calcinado e 30% de gesso. O cálculo da dosagem do produto em questão deve ser efetuado em função da necessidade de calagem (NC), pelo critério da Saturação em Bases e levando em consideração o PRNT do produto.

5 EQUIPAMENTOS PARA APLICAÇÃO

Os equipamentos ideais para a aplicação do gesso são os dotados de mecanismo dosador volumétrico (tipo "carreta minami"). Entretanto, os equipamentos mais comuns nas propriedades agrícolas são os dotados de mecanismo dosador gravitacional e mecanismos distribuidores por queda livre (tipo "cocho"), força centrífuga (tipo "Lelly") ou movimento pendular (tipo "Vicon").

([4]) **Comunicação verbal - Prof. Dr. G.C. Vitti - ESALQ/USP**

Esses equipamentos são os mesmos recomendados para a aplicação de calcário; entretanto, em função principalmente da umidade do gesso, tornam-se necessárias para a aplicação algumas adaptações, visando melhorar o fluxo do produto, evitando a formação de "cavernas" nos reservatórios dos equipamentos dotados de mecanismo gravitacional. Maiores limitações, até impedimentos, devem ocorrer nos distribuidores tipo "cocho".

Em virtude do exposto, aplicações nas épocas mais secas resultam em condições mais favoráveis à uniformidade de distribuição.

6 OBSERVAÇÕES

Aplicações excessivas de gesso podem acarretar perdas de magnésio e postássio, principalmente em solos mais arenosos.

Em hipótese alguma, substituir calcário por gesso. O calcário atua na camada arável do solo, é corretivo da acidez, e, em geral, também atua favorecendo a penetração de raízes no subsolo. Isso porque as raízes não penetram em condições de subsolos muito ácidos, em função da deficiência de cálcio e/ou excesso de alumínio. O gesso fornece cálcio e reduz a toxicidade do alumínio, em parte pela "complexação" do alumínio com sulfato e com fluoreto. Os efeitos do gesso na produtividade geralmente são inferiores aos da calagem.

O fosfato contido no gesso é aproveitável pelas culturas.

Nos ensaios no Estado de São Paulo, em solos não extremamente ácidos, os efeitos nas produções têm sido da ordem de 10% e persistentes por alguns anos; em solos pouco ácidos, os efeitos são praticamente nulos; em solos muito ácidos, os efeitos podem ser maiores. Entretanto, deve-se atentar para o fato de que os efeitos de calagem sobre as produções são, em geral, muito mais acentuados que os de gesso. Mesmo os solos pouco ácidos, os efeitos da calagem superam os de gesso, de uma forma geral.

NÃO SE DEVE SUBSTITUIR CALCÁRIO POR GESSO

ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Ronaldo S. Berton ([1])

1 INTRODUÇÃO

Antes mesmo da introdução de fertilizantes, há cerca de 130 anos, o esterco e o composto constituíam, praticamente, a única fonte de nutrientes do solo à disposição das plantas. Com a modernização da agricultura, o uso de fertilizantes orgânicos diminuiu muito em relação aos inorgânicos. Entretanto, mais recentemente, com o aumento do preço dos fertilizantes minerais, está havendo interesse pelo aproveitamento mais racional de resíduos agrícolas e mesmo dos urbanos e industriais, inclusive de adubos verdes.

A adubação orgânica pode ser entendida como a prática de aplicação de adubos orgânicos ao solo, com a finalidade de aumentar a sua produtividade. Os adubos orgânicos podem ser descritos como fertilizantes volumosos de baixo valor em nutrientes. A composição total de nutrientes desses materiais raramente ultrapassa de 10 a 20% dos fertilizantes comerciais usados, e a concentração e disponibilidade dos nutrientes raramente são conhecidas. A despeito desses inconvenientes, esses materiais vêm sendo usados, através dos séculos, para melhorar a fertilidade do solo e fornecer elementos minerais às plantas, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio. Apesar de fornecer os três nutrientes, normalmente o maior interesse é o fornecimento do nitrogênio.

São considerados, de maneira geral, adubos orgânicos os diversos tipos de tortas e resíduos animais, urbanos e industriais. Esses materiais são geralmente utilizados na agricultura intensiva, devido à sua disponibilidade restrita .

2 TIPOS DE ADUBOS ORGÂNICOS

2.1 Esterco

O esterco é formado pelos excrementos sólidos e líquidos dos animais, misturados com materiais usados para cama, como as palhas e capins. Sua composição é muito variável. Entretanto, para se ter uma idéia geral, são apresentados, no Quadro 1, alguns resultados para esterco de galinha com cama, e de gado.

A incorporação de esterco nos solos agrícolas vem sendo praticada desde os primórdios da agricultura. Até meados do século XIX, época em que se iniciou o desenvolvimento da indústria de fertilizantes químicos, o uso do esterco constituía a principal fonte externa de nutrientes para as plantas. Os estercos são bons fornecedores de nutrientes, tendo todo o potássio e fósforo praticamente disponíveis ou tão disponíveis quanto outras fontes de adubo mineral. O teor e disponibilidade de nitrogênio estão na dependência da facilidade de degradação dos compostos nitrogenados.

([1]) Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC - Seção de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas.

QUADRO 1 - Teores de macro e micronutrientes de diversos resíduos.

Resíduo	C	N	C/N	P_2O_5	Ca	Mg	K_2O	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
	%							ppm				
Vinhaça([1])	1,3	0,09	14	0,005	0,06	0,03	0,26	37	55	6	1,4	3,8
Vinhaça concentrada	19,5	1,80	10	0,10	1,25	0,43	3,96	555	605	107	9	33
Vinhaça seca	6,1	1,57	4	0,32	2,30	1,30	4,80	1.150	5.240	272	40	140
Torta de filtro	7,9	0,27	29	0,63	0,26	0,13	0,07	92	10.960	190	19	49
Torta de mamona	30,1	5,50	6	1,99	5,37	0,59	1,44	207	1.420	55	80	141
Esterco de galinha	29,6	2,14	14	1,79	4,93	0,35	1,56	6.210	838	23	23	298
Esterco de gado	19,4	1,53	13	0,53	0,83	0,34	1,16	1.700	3.623	196	8	57
Lodo de esgoto	15,7	1,38	11	1,83	1,57	0,62	0,27	920	36.700	268	22	4.110
Composto	18,0	0,80	22	0,29	3,95	0,15	0,90	6.000	—	—	—	1.000
Biodigestor-Aguapé(1)	35,1	2,00	17	—	9,57	4,98	6,96	2.185	4.730	2.490	67	119

([1]) Peso por volume de resíduo; os demais resíduos expressos em peso/peso de resíduo.

FONTE: Seção de Pedologia, Instituto Agronômico de Campinas.

De maneira prática, podem ser distinguidas três formas de nitrogênio nos estercos: uma fração mineral constituída por sais de amônio, uréia e ácido úrico; uma fração orgânica que é mineralizada no mesmo ano da aplicação; e uma fração orgânica residual que mineraliza mais vagarosamente, nos anos subseqüentes. Como o esterco contém esta última fração, pode-se concluir que deve-se esperar um enriquecimento da parte orgânica do solo, com a aplicação constante desse adubo.

O estercar contínuo é uma alternativa muito válida ao uso de fertilizantes minerais quando existem em quantidade suficiente e seu transporte é fácil. Deve-se alertar, entretanto, que o esterco, quando usado constantemente no mesmo lugar em altas doses, poderá causar alguns inconvenientes, como a disseminação de alguns agentes patogênicos. Outro inconveniente que pode ocorrer é a disseminação de ervas daninhas por sementes que passam inalteradas pelo trato digestivo dos animais. Quando doses elevadas são utilizadas, pode haver efeito de salinidade ou mesmo de toxicidade de amônio. O excesso de nitrogênio, da mesma maneira que nos fertilizantes, pode comprometer a qualidade bromatológica do fruto ou da vegetação de determinadas espécies vegetais. O acúmulo de potássio pode causar deficiências de magnésio. O acúmulo de potássio e sódio pode comprometer a estabilidade da estrutura do solo, piorando suas qualidades físicas.

2.2 Composto

Qualquer material orgânico enleirado no solo pode eventualmente ser reduzido em tamanho por pequenos animais e ser putrefeito por organismos nele presentes, ou que venham do subsolo. Este processo vem acontecendo há milhões de anos na serapilheira das florestas, em lugares onde há acúmulo de material orgânico. O preparo da compostagem é justamente um método de acelerar - sob controle - o processo natural de putrefação.

Os ingredientes principais para o preparo de um composto são material orgânico, microorganismos, oxigênio e umidade. O material orgânico, que pode ter origem nos lixos urbanos, resíduos da indústria madeireira, resíduos da agricultura, jardinagem, etc., deve ter como parâmetro principal a relação carbono:nitrogênio (C/N). Como os organismos necessitam de 30 partes por peso de carbono, para cada parte de nitrogênio usada, estima-se que se deva fornecer resíduos que tenham uma relação próxima de 30. Na prática, uma relação entre 25 e 30 é suficiente para os microorganismos começarem a agir.

A função de fornecedor de nutrientes do composto, como de quase todos os outros resíduos, depende basicamente do material empregado no seu preparo. Se for um material pobre, o composto terá um valor fertilizante baixo; se, for rico, o valor fertilizante será alto e o composto poderá suprir, de forma adequada, diversos elementos às plantas. Novamente, deve-se assinalar que o composto fornece nitrogênio vagarosamente às plantas, o que constitui uma vantagem, pois evita a perda desse elemento por lixiviação. Deve-se destacar que o efeito do composto como agente condicionador do solo, melhorando suas características físicas, como a retenção de água, plasticidade, porosidade, etc., talvez seja mais importante que seu efeito fertilizante.

2.3 Lodo de esgoto

Lodo de esgoto é o material sólido orgânico, ou inorgânico, removido das águas residuais, provenientes das residências e estabelecimentos comerciais e industriais, nas estações de tratamento de esgoto. Existem em nosso meio poucas estações de tratamento, mas dado o seu tamanho, elas estão produzindo quantidades razoáveis de lodo. Como esterco e outros resíduos, o lodo de esgoto tem a desvantagem de ser muito heterogêneo na sua composição. No Quadro 1, é apresentada a composição de um lodo de esgoto urbano que recebe resíduos de indústrias.

A concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no lodo depende das contribuições recebidas pelas águas residuais, do tipo de tratamento a que foram submetidas e do manejo do lodo, entre a sua produção e a sua aplicação no solo. Devido à estabilidade das formas inorgânicas do nitrogênio, a variabilidade deste elemento é muito grande. Há volatilização de amônia durante a digestão aeróbia e durante a secagem. O nitrato sofre desnitrificação e é perdido na atmosfera

durante a digestão aeróbia. A disponibilidade de nitrogênio do lodo para as plantas diminui, à medida que as formas inorgânicas (nitrato de amônia) diminuem e as formas orgânicas se tornam mais estáveis durante a digestão, nas estações de tratamento. O fósforo e o potássio, desde que presentes, estão na forma disponível.

Ao lado dos nutrientes e da matéria orgânica, os lodos carregam quantidades variáveis de compostos orgânicos nocivos: bactérias, vírus e metais pesados. Estes últimos podem causar sérios problemas à saúde pública e ao ambiente, porque podem ser nocivos às plantas e aos animais, à vida aquática e ao homem. O cádmio, cobre, níquel e zinco são nocivos às plantas em quantidades relativamente baixas, principalmente em solos ácidos. Conseqüentemente, o uso de lodo de esgoto na agricultura deve ser feito de maneira que traga benefícios aos solos agrícolas, sem criar problemas ao ambiente, por apresentar acúmulo de metais pesados no solo e sua subseqüente absorção pelas plantas.

2.4 Resíduos de indústrias de óleos vegetais

Sempre referida como bom adubo orgânico, a torta de mamona é um subproduto da indústria de extração do óleo de mamona. É usada com eficiência em várias culturas, principalmente na horticultura, pois libera nitrato disponível às plantas com muita rapidez, desde que haja condições adequadas para nitrificação. É rica em cobre e zinco, se comparada com outros resíduos. Apesar de resíduo industrial, sua composição não varia muito e é apresentada no Quadro 1.

Tortas de extração de óleo de algodão, amendoim e soja são pouco utilizadas como material fertilizante, pois destinam-se principalmente à fabricação de rações para animais.

2.5 Vinhaça da indústria sucroalcooleira

A vinhaça - resíduo produzido em grande quantidade (numa proporção de 12 a 15 litros por 1litro de álcool) nas destilarias de álcool - vem causando alguns transtornos, devido aos sérios danos que pode provocar nos "corpos" de água, quando neles lançada sem tratamento adequado.

Como pode ser visto no Quadro 1, a vinhaça de cana é rica em potássio e possui teores relativamente elevados de outros elementos. A composição desse resíduo é muito variável, dependendo das condições em que a usina vem operando. A aplicação desse resíduo no solo vem-se tornando prática comun, devido aos resultados compensadores obtidos. Se for considerado apenas o efeito do potássio, pode-se dizer que praticamente 100% desse elemento estão em forma disponível às culturas. Mas, uma quantidade razoável de matéria orgânica e alguns microelementos são trazidos, quando a vinhaça é aplicada nos solos.

Sua aplicação mais racional deve ser feita com base no teor de potássio. Deve ser feita periodicamente a análise do solo que recebe o resíduo, com a finalidade de se detectarem quaisquer desequilíbrios catiônicos, principalmente de cálcio, magnésio e potássio. Dados preliminares mostram que a liberação do nitrogênio da vinhaça, na forma nítrica, é mais lenta do que a da torta de mamona e esterco de galinha, por exemplo.

A vinhaça tem sido aplicada como complemento a fertilizantes minerais. A maioria dessa aplicação vem sendo feita "in natura", em quantidades que variam de 50 a 200m^3/ha. Em caso de aplicação em volume exagerado, poderá causar desequilíbrio entre potássio, cálcio e magnésio.

Um grande inconveniente da aplicação de vinhaça "in natura" é a enorme quantidade de água (95-97%) que contém, onerando o seu custo. Algumas tentativas têm sido feitas no sentido de concentrar ou secar o produto, não usadas ainda em extensão, na prática.

2.6 Torta de filtro

É o outro resíduo da indústria álcool-açucareira, oriundo da filtração a vácuo do lodo retido nos clarificadores. É composto de resíduos solúveis e insolúveis originados da fase de calagem.

A quantidade produzida desse resíduo varia com diversos fatores, mas pode-se dizer que se situa ao redor de 40kg por tonelada de cana moída.

Como adubo orgânico, a torta vem sendo aplicada no solo há muito mais tempo que a vinhaça. Já de longa data, praticamente toda a produção das usinas retorna à lavoura. Sua composição pode ser vista no Quadro 1.

A torta é rica em fósforo, cálcio, cobre, zinco e ferro, e possui relação carbono/nitrogênio muito elevada. A alta relação C/N traz como inconveniente uma rápida imobilização do nitrogênio, podendo, em plantas anuais, diminuir a disponibilidade desse elemento, numa fase do ciclo da planta.

Para cultura de ciclo longo, essa alta relação de C/N não parece ser inconveniente, pois há tempo suficiente para a planta se recuperar e usar as condições adequadas que a mineralização do resíduo oferece após algum tempo. O fósforo parece apresentar uma disponibilidade razoável, e o cálcio, mesmo não sendo 100% disponível, é suficiente para elevar a quantidade trocável desse elemento no solo. Esta riqueza da torta, em diversos nutrientes, com exceção do potássio sugere a mistura deste resíduo com a vinhaça, prática que vem sendo adotada com sucesso por algumas usinas do Estado de São Paulo.

2.7 Resíduos de biodigestores

Tais resíduos, que deverão aumentar nos próximos anos, são constituídos pelos efluentes de biodigestores e são considerados excelentes adubos orgânicos. Um exemplo da composição de efluente de biodigestor, onde se usou aguapé, pode ser visto no Quadro 1. Sua composição é muito variável e depende não somente do tipo de material, mas também da composição desse material. Deve ser novamente ressaltado o perigo de metais pesados. Uma vez que o efluente consiste de material que, por concentração perdeu carbono, se o material biodigerido contiver alta concentração de metais pesados, esses aparecerão em concentração ainda mais alta no efluente e poderão estar disponíveis à absorção pelas plantas.

2.8 Outros resíduos

Além dos resíduos descritos, existem outros das mais variadas origens, cuja importância pode ter interesse para o produtor.

Resíduos das indústrias de café solúvel - são utilizados, após devida fermentação, diretamente na hortifruticultura; também, em mistura com outros vegetais, na produção do composto.

Palhas de café e casca de arroz - são aproveitadas como adubos orgânicos, embora de maneira precária, após decomposição.

ADUBAÇÃO VERDE

Francisco Lombardi Neto ([1])

1 INTRODUÇÃO

Adubação verde é a incorporação, ao solo, de plantas especialmente cultivadas para esse fim ou de outras vegetações cortadas quando ainda verdes para serem enterradas. Essas plantas protegem o solo contra a ação direta da chuva quando estão vivas e, depois de enterradas, melhoram as condições físicas do solo pelo aumento de conteúdo de matéria orgânica.

Como sistema de adubação orgânica, a adubação verde tem a vantagem de ser estabelecida em qualquer cultura e produzida no próprio solo em que será incorporada. Constitui uma das formas mais baratas e acessíveis de incorporar ao solo a matéria orgânica, sendo notórios seus efeitos na estabilização e mesmo no aumento das produções.

As plantas como adubo verde podem ser de diferentes tipos; necessitam, porém, produzir em pouco tempo grande quantidade de massa, que incorporada irá determinar a quantidade de húmus resultante no solo.

Devem-se preferir, na adubação verde, as plantas da família das leguminosas, que, além de matéria orgânica, incorporam também nitrogênio ao solo. As leguminosas têm a propriedade de possuir bactérias fixadoras de nitrogênio do ar, vivendo em simbiose em suas raízes, tirando destas energia para suas atividades e fornecendo, em troca, o nitrogênio retirado do ar, que passa, assim, a fazer parte da constituição da planta. São por isso, em geral, muito mais ricas em nitrogênio do que as demais plantas. É conveniente inocular a bactéria apropriada para se verificar a fixação do nitrogênio atmosférico.

A incorporação como adubo verde de plantas não leguminosas ocasiona, em geral, diminuição da produção da cultura imediata, como conseqüência do consumo de nitrogênio do solo pelos microorganismos que produzem a decomposição da matéria orgânica. Nesse caso, torna-se necessária uma aplicação suplementar de um fertilizante nitrogenado.

São muitas as espécies de leguminosas que podem ser utilizadas como adubação verde, e sua escolha depende, em cada lugar, das condições climáticas, da organização da propriedade agrícola, do preço da semente e das facilidades de cultivo.

Uma questão a ser levantada é a época do ano em que será utilizada a adubação verde. Isso depende basicamente do período de instalação da exploração econômica. Até alguns anos atrás, a maioria dos adubos verdes com sementes disponíveis no comércio era própria apenas para a época do verão, o que concorreria com outras culturas.

A quantidade de sementes e o espaçamento a serem adotados são outras questões importantes. Em condições de clima e solos do Estado de São Paulo, podem-se recomendar os espaçamentos e as quantidades de sementes citadas no Quadro 1.

([1]) **Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC - Seção de Conservação do Solo.**

QUADRO 1 - Adubos verdes, época de plantio e quantidades de sementes a serem utilizados para a produção de massa.

Adubo verde	Época de plantio	Espaçamento entrelinhas	Sementes por metro de sulco	Sementes por hectare
		cm	nº	kg
Aveia-preta	março a maio	20cm ou a lanço	60 ou 300/m^2	70 a 80
Calopogônio	outubro a março	50 a 80	40	6 a 10
Chicharo (*Lathyrus*)	março a abril	50	10 a 15	45
Crotalária juncea	outubro a março	50	30 a 40	25 a 40
Crotalária paulina	outubro a março	50	25 a30	9 a 12
Crotalária spectabilis	outubro a março	50	25 a 30	9 a 12
Cudzu-tropical	outubro a março	50 a 80	20 a 30	8 a 12
Feijão-de-porco	outubro a janeiro	50 a 70	7	140 a 200
Guandu	outubro a março	50	15	50
Labe-labe	outubro a março	50 a 70	10	40 a 55
Mucuna-anã	outubro a março	40 a 60	10 a 12	120 a 150
Mucuna-preta	outubro a março	50 a 70	7	100 a 135
Soja comum	setembro a novembro	50 a 60	20 a 25	70 a 80
Soja perene	setembro a janeiro	50	50	6

Os valores citados podem sofrer alguma variação, dependendo da qualidade do lote de sementes utilizado.

Os adubos verdes, citados no Quadro 1, estão entre os mais adaptados para as condições do Estado de São Paulo. O espaçamento e a densidade de semeadura podem ainda ser alterados, conforme a época do plantio e a fertilidade do solo. Por exemplo, em solos mais férteis, com o plantio nas condições ideais, o espaçamento poderá ser aumentado e a quantidade de sementes reduzida, em função do maior crescimento individual de plantas.

Diante de tantas espécies de adubos verdes, a pergunta que se faz é qual delas escolher. Outros fatores devem ser considerados, tais como o clima, tipo de solo, declive do terreno, problemas fitossanitários, maquinário disponível (histórico da gleba).

2 CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS ADUBOS VERDES

2.1 Aveia-preta - *Avena strigosa* Scheib

A aveia-preta é uma gramínea anual, que apresenta resistência à ferrugem, superior à aveia comum. Vem sendo cultivada tanto para alimentação animal, como para uma proteção ao solo, quando cortada e deixada sobre este. Proporciona (em um total de dois cortes) uma massa verde de 5 a 6 toneladas por hectare.

2.2 Calopogônio - *Calopogonium muconoides* Desv.

Essa leguminosa, em termos vegetativos, é semelhante ao cudzu-tropical, adaptando-se bem em solos ácidos de cerrado, com melhor desenvolvimento em regiões acima do paralelo 22. Apresenta facilidade na produção de sementes, devido à uniformidade do florescimento. É também indicada como planta forrageira. Observações de campo demonstram o aumento da produção de soja (grão) quando utilizou-se, anteriormente, o sistema de plantio conjunto de calopogônio e arroz.

2.3 Chicharo - *Lathyrus sativus* L.

Existem duas espécies diferentes de plantas denominadas ervilhacas. A primeira é o **chicharo** (*Lathyrus sativus*), e a segunda, é a **ervilhaca** do gênero *Vicia*. O chicharo é uma leguminosa de inverno, devendo ser semeado no período de março/abril. Apresenta, no Estado de São Paulo, um desenvolvimento inicial mais rápido que o tremoço, diminuindo o custo da capina.

2.4 Crotalária juncea - *Crotalaria juncea* L.

Essa planta pode ser empregada para fins comerciais, pois dela se extrai a fibra que é utilizada na fabricação do cigarro. A altura da crotálaria juncea adulta varia bastante, dependendo da época de plantio. Quando plantada em outubro, por exemplo, pode atingir de 2,5 a 3,0m de altura. Se semeada em fevereiro-março, ficará com 1,0-1,5m, o que é interessante quando se pretende produção de sementes.

Em alguns locais, a presença de uma lagarta preta (*Utetheisa ornatrix*) atinge folhas e vagens, podendo tornar limitante a produção de massa verde ou sementes, sendo necessário o controle químico.

2.5 Crotalária paulina - *Crotalaria paulina* Schrank

Assim como a juncea, essa leguminosa apresenta porte alto quando adulta, chegando de 3 a 3,5 metros de altura. É, porém, de caule mais tenro e menos fibroso, em relação à juncea. O seu crescimento inicial é lento, sendo fundamental uma ou duas capinas para que o mato não faça concorrência. Produz sementes cerca de 240 dias após o plantio. É também sensível ao ataque de lagarta-preta, durante o seu desenvolvimento.

2.6 Crotalária spectabilis - *Crotalaria spectabilis* Roth

É uma leguminosa cujo uso é sugerido pela pesquisa como armadilha para nematóides formadores de galhas. Tais nematóides penetram nas raízes, não conseguindo se reproduzir. A *crotalária spectabilis*, tem porte menor que as outras crotalárias, atingindo de 1 a 2m de altura, quando adulta. É uma planta bastante sensível ao ataque de lagarta-preta.

2.7 Cudzu-tropical - *Pueraria phaseoloides* Benth.

É um adubo verde, que também serve como forrageira. Pode ser indicado como cobertura verde para áreas sujeitas à erosão, como, por exemplo, no meio de plantações de banana. A pesquisa recomenda o uso de cudzu-tropical em áreas sombreadas, como no caso de seringais. Recomenda-se escarificar as sementes da mesma forma que a soja perene.

2.8 Feijão-de-porco - *Canavalia ensiformis* (L) DC

Planta anual, arbustiva, atingindo de 80 a 100cm de altura, quando adulta, prestando-se apenas como adubo verde, não servindo para alimentação animal.

Apresenta, como vantagem, a facilidade de plantio, devido às sementes graúdas.

2.9 Guandu - *Cajanus cajan* (L.) Millsp

Também conhecido por feijão-guandu, esta planta, além de adubo verde, constitui-se em alimento para os animais, desde que triturada e misturada com outros alimentos. Eventualmente, na época seca, poderá servir como pastoreio direto. Tem raiz profunda, sendo considerada como subsoladora de solo. Em solos compactados, porém, mesmo as raízes de guandu têm dificuldade em penetrar.

O guandu, quando podado (cortado) a 40cm de altura, rebrota bem, permitindo outros cortes e, como outras leguminosas de porte alto, pode ser utilizado como quebra-vento. É uma planta semiperene que fica vários anos sobre o solo, produzindo vagem cerca de 150 a 180 dias após o plantio.

Quando utilizado para adubação verde, recomenda-se incorporá-lo logo, pois, se deixar vegetar por muito tempo seu caule, torna-se muito lenhoso, dificultando o corte. Algumas pesquisas de campo mostraram boas produções de milho e cana-de-açúcar após o uso de guandu.

2.10 Labe-labe - *Dolichos lablab* L. (*Lablab purpureum* L. Sweet)

Planta anual ou bianual rasteira, trepadeira, sendo recomendada para recuperação de solos e para alimentação animal. Pode ser utilizada para o enriquecimento de silagem ou palha de milho, nesse caso devendo ser instalada em consorciação com milho.

2.11 Mucuna-anã - *Stizolobium deeringianum* Bart. (*Mucuna deeringiana*)

Destaca-se pela sua rápida formação, sendo que aos 40-50 dias "fecha" sobre o terreno, diminuindo a proliferação de ervas daninhas. Não é trepadeira e seu porte é de 60 a 80cm de altura. A formação de vagens dá-se em torno de 80 dias após o plantio. Apesar do nome, a mucuna-anã, em algumas regiões, produz massa verde tanto quanto outras leguminosas (ou até mais).

Seu emprego como adubo verde nas entrelinhas (ruas) de cafeeiro foi estudado entre 1979 e 1986 por agrônomos de Osvaldo Cruz e Rinópolis (na Alta Paulista), comparando a produção dos cafeeiros mantidos no limpo em relação aos cafeeiros com mucuna nas entrelinhas. Não houve variações significativas nas produções de café. No entanto, verificou-se uma economia na capina, proporcionada pela mucuna-anã.

2.12 Mucuna-preta - *Stizolobium aterrinum* - Piper et Tracy (*Mucuna aterrima Holland*)

É uma leguminosa anual ou bianual, de porte baixo e trepadeira. A mucuna-preta pode ser semeada desde a primavera até o outono, dependendo das culturas que virão após, e também intercalar ao milho, quando ele estiver com 40 até 60 dias de idade. Recomenda-se, ainda a semeadura a lanço após a colheita do milho, sobre sua palhada, incorporando-se às sementes através da gradagem. Destaca-se seu efeito em controlar a multiplicação de certas espécies de nematóides do solo, pois as raízes dessa planta não hospedam larvas do nematóide, fazendo com que a população dessa praga diminua no terreno.

Convém ressaltar, que sementes novas de mucuna são "duras", ou seja, não germinam com facilidade. Para que isso seja evitado, devem ser escarificadas (lixadas) ou banhadas em água quente (deixar as sementes 8-10 segundos em água a 60-80°C por ocasião do plantio). Recomenda-se, logo no início do florescimento da mucuna, a incorporação da massa verde, para não correr o risco de "praguejar" o terreno.

Antes da incorporação, deve-se passar uma grade de discos para "machucar" a mucuna e acelerar sua decomposição. Nessa operação, um rolo-faca também poderá ser utilizado, com menos "embuchamento" do que a grade. Outra alternativa, consiste em se utilizar uma roçadeira, passando bem rente ao solo. Após 20 dias, aproximadamente, gradeia-se uma ou duas vezes para que a massa verde tenha um acamamento uniforme. Após isso, a mucuna será incorporada pela aração. A mucuna-preta produz sementes com 180 a 240 dias após o plantio.

2.13 Soja comum - *Glycine max* (L.) Merrill

É uma espécie anual, de ciclo variando entre 90 e 160 dias, conforme a variedade e a época de semeadura. Desde que inoculada com *Rhizobium*, é altamente eficiente na fixação de nitrogênio. Caso haja possibilidade de irrigação e em regiões de inverno ameno, poderá ser semeada no período de abril a junho.

2.14 Soja perene - *Glycine wightii* Verdc (Neonotonia Wightii Lackey)

É especialmente indicada como cobertura do solo, visando ao controle de erosão em locais de declive acentuado. Também é considerada forrageira de alto valor nutritivo. É, porém, exigente em solos férteis ou que recebam calagem e adubação. Recomenda-se, antes do plantio, escarificar

as sementes para aumentar a porcentagem de germinação. Isso pode ser feito socando-se, num pilão, um quilo de sementes e um quilo de areia grossa com alguns pedregulhos, durante vinte minutos. Pode-se adquirir sementes já escarificadas.

2.15 Outras leguminosas de inverno

Além do aspecto adubação verde, algumas espécies podem ser utilizadas em rotação com as culturas de verão. Dentre as mais promissoras, para locais de clima ameno, destacam-se a **ervilha** e o **grão-de-bico**.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, Ícone, 1990. 355p.

TRANI, P.E.; BULISANI, E.A. & BRAGA, N.R. **Adubação verde.** Campinas, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1991. 13p. (Boletim técnico, 197)

ROTAÇÃO DE CULTURAS

Francisco Lombardi Neto ([1])

1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Rotação de culturas é o sistema de alternar, em um mesmo terreno, diferentes culturas numa seqüência de acordo com um plano definido. Para a escolha das culturas que deverão entrar numa rotação é preciso levar em conta as condições do solo, a topografia, o clima e a procura do mercado. As culturas escolhidas não precisam ser anuais, pois aquelas de ciclo mais longo, como a mandioca, a cana-de-açúcar e mesmo as pastagens, podem estar num mesmo plano de rotação das culturas anuais.

Os principais objetivos dessa rotação consistem em melhor organização da distribuição das culturas na propriedade agrícola, economia do trabalho, auxílio no controle das ervas daninhas e insetos, ajuda na manutenção da matéria orgânica do solo e do nitrogênio, aumento das produções e redução das perdas por erosão. Assim a rotação de culturas tem em vista a preservação da produtividade do solo e a manutenção das colheitas.

Há dois critérios para avaliar se a fertilidade do solo está sendo mantida. O primeiro, talvez o mais popular, é a manutenção da matéria orgânica do solo, o segundo é a estabilização das produções. Sozinho, nenhum dos dois serve como medida satisfatória.

A quantidade de matéria orgânica é de grande importância no controle da erosão. Assim, nos solos argilosos, modifica-lhes a estrutura, melhorando as condições de arejamento e de retenção da água, pelas expansões e contrações alternadas que redundam de seu umedecimento e secamento sucessivos.

Nos solos arenosos, a aglutinação das partículas, firmando a estrutura e diminuindo o tamanho dos poros, aumenta a capacidade de retenção da água. A matéria orgânica retém de duas a três vezes o seu peso em água, aumenta a infiltração, resultando numa diminuição das perdas por erosão. Com base nessa propriedade, pode-se fazer a estimativa de que um acréscimo de 1% no teor de matéria orgânica, em uma camada de 30cm de solo, resultaria num aumento de capacidade de retenção de água desse solo, equivalente a cerca de 7mm de chuva.

Sabe-se que quando o solo é cultivado pela primeira vez, a matéria orgânica se decompõe rapidamente e que, em seguida, a decomposição é mais lenta, para logo após, manter quase constante o seu teor no solo. Em conseqüência, a linha de decomposição é mostrada como uma curva descendente, com tendência à estabilização.

A rotação de culturas, além de aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo, tem grande influência na manutenção da fertilidade. Segundo alguns autores, as plantas, em sua decomposição, podem-se tornar produtos tóxicos às próprias plantas de que se originam; a rotação, mudando as culturas, pode evitar essa toxicidade.

A rotação pode também auxiliar no controle de ervas daninhas, pois certas espécies de vegetação nativa ocorrem e se desenvolvem melhor em determinadas culturas do que em outras, devido, às diferenças de tratos culturais e de ciclos de vegetação.

([1]) **Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC - Seção de Conservação do Solo.**

As moléstias e pragas em geral, aumentam de um ano para outro quando a planta fica num mesmo terreno: a mudança de lugar pela rotação de culturas pode auxiliar no seu controle.

Do ponto de vista econômico, a rotação obriga à diversificação de culturas, contribuindo, portanto, para a policultura, o que faz diminuir os riscos de insucessos na exploração agrícola.

Algumas plantas têm a propriedade de adicionar o nitrogênio ao solo; assim, por exemplo, as leguminosas, fixando o nitrogênio do ar, deverão figurar, obrigatoriamente, num esquema de rotação de culturas para um melhoramento na fertilidade do solo.

O plantio contínuo em um terreno com a mesma cultura é a causa de grandes reduções no conteúdo de matéria orgânica e de nutrientes minerais, o que, em conseqüência, origina condições desfavoráveis à obtenção de boas colheitas.

Com a rotação, cultivam-se plantas com diferentes exigências nutricionais e se alternam aquelas cujas raízes penetram profundamente com outras de raízes superficiais, e o solo, assim, é explorado mais homogeneamente, evitando a ocorrência de deficiências críticas. Além disso, com uma planta de raízes profundas, há melhoria das condições físicas do solo e subsolo, facilitando a circulação de água e do ar pelos canalículos formados quando as raízes se decompõem, propiciando um meio mais adequado para o crescimento do cultivo seguinte.

Pela rotação, há melhor utilização de adubos e fertilizantes: estando o terreno ocupado, a maior parte do ano, com plantas de exigências diferentes de nutrientes, evita-se a perda por lavagens e percolação dos elementos nutritivos.

A variação periódica das práticas culturais e sua redução, a manutenção de um bom conteúdo de matéria orgânica, o melhoramento das condições de permeabilidade do solo, a manutenção de uma cobertura vegetal durante a maior proporção do tempo, são fatores que se traduzem em menor erosão quando se utiliza uma rotação adequada.

De acordo com os dados obtidos pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas, culturas como o feijão, a mamona, a mandioca, o amendoim e o algodão são as que apresentam maiores perdas por erosão, vindo, a seguir, o arroz, a soja, a batata, o milho e a cana-de-açúcar. Para o controle de erosão, a rotação é benéfica quando combinada com o sistema de culturas em faixas, pois as culturas se dispõem de tal modo que uma faixa com uma cultura que perde mais, fica junto de outra cultura que perde menos. As faixas com diferente densidade de vegetação, assim como diferença em épocas de preparo do solo e cultivos, têm perdas por erosão diversas. Assim, umas faixas retêm a terra e a água perdida das faixas que ficam acima.

O planejamento de um sistema de rotação pode-se resumir no seguinte:

a) desconsiderando as divisões artificiais que existem em uma propriedade agrícola, e com base na capacidade de uso do solo e nas necessidades econômicas do agricultor, determinam-se as rotações mais convenientes;

b) calcula-se a área, em hectares, que se coloca em cada tipo de rotação, dividindo-a pelo número de anos da rotação;

c) formam-se no terreno blocos de extensão igual ao resultado da operação anterior, sendo cada um deles ocupado com uma das culturas da rotação;

d) anualmente, efetua-se, em cada bloco, a mudança da cultura indicada na rotação estabelecida.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo, Ícone, 1990. 355p.

CULTURA EM FAIXA

Francisco Lombardi Neto ([1])

1 INTRODUÇÃO

Cultura em faixa, consiste na disposição das culturas em faixas de largura variável, de forma que se alternem a cada ano as plantas que oferecem pouca proteção ao solo com outras de crescimento denso. Pode-se considerá-la como uma prática complexa, pois combina o plantio em contorno, a rotação de culturas, as plantas de cobertura e, em muitos casos, os terraços.

Dentre os diversos sistemas de controle da erosão, tanto hídrica como eólica, a cultura em faixa é um dos sistemas mais eficientes e práticos para culturas anuais. Para controle da erosão hídrica, deve ser orientada no sentido das curvas de nível do terreno, e para o controle da erosão eólica, deve ser colocada na direção contrária dos ventos dominantes. É um sistema que pode ser executado pelos lavradores sem despesas extras, uma vez que só altera a disposição das culturas e sua orientação com relação ao declive ou aos ventos dominantes.

2 PRINCÍPIOS DO CONTROLE DA EROSÃO DA CULTURA EM FAIXA

O efeito da cultura em faixa no controle de erosão é baseado em três princípios: as diferenças em densidades das culturas empregadas, o parcelamento dos lançantes e a disposição em contorno.

A disposição alternada de culturas diferentes faz com que as perdas por erosão sofridas por determinada cultura sejam, em parte, controladas pela cultura que vem logo abaixo. Culturas como feijão, mamona e mandioca perdem mais solo e água por erosão do que amendoim, algodão e arroz, e estas, por sua vez, perdem mais que soja, batatinha, milho e cana-de-açúcar.

Algumas vezes, uma mesma cultura, plantada em épocas diferentes, pode proporcionar diferenças de densidade de vegetação aproveitáveis para o sistema de cultura em faixa, como, por exemplo, a cana-de-açúcar. O parcelamento dos lançantes, pela cultura em faixa, é uma das causas de redução das perdas por erosão, pois estas aumentam progressivamente como o comprimento dos lançantes. As larguras das faixas deverão ser determinadas em função do declive do terreno, do tipo de solo e da cultura.

A disposição em contorno é um dos fundamentos básicos do sistema de cultura em faixas, e as culturas diferentes, dispostas em contorno, contribuirão para reduzir os prejuízos da erosão.

No caso da erosão eólica, varia a orientação dada às faixas, pois as correntes a que será necessário antepor obstáculos, são as correntes dos ventos dominantes; as faixas deverão ser orientadas de modo perpendicular à direção dos ventos dominantes.

([1]) Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC. Seção de Conservação do Solo.

3 SISTEMAS DE CULTURA EM FAIXA

Pode-se distinguir dois sistemas principais de culturas em faixas: **a) faixas de exploração contínua**, em que as culturas nelas existentes permanecem de um ano para outro na mesma posição; e, **b) faixas em rotação**, em que anualmente todas as culturas mudam de posição, segundo um plano preestabelecido de rotação.

O sistema de faixas em rotação adapta-se, em geral, a qualquer tipo de cultura anual ou semiperene (cana-de-açúcar, mandioca, sisal); é sempre interessante incluir no plano de rotação uma leguminosa, de preferência para enterrio como adubo verde, de forma a garantir a manutenção e o melhoramento da fertilidade do solo.

O sistema de culturas em faixa oferece todas as vantagens do plantio em contorno e da rotação de culturas, e também a proteção adicional ao terreno, pela ação das faixas de culturas mais densas que diminuem a velocidade e o volume da enxurrada provocada pelas culturas mais abertas.

Se o sistema é planejado com cuidado e se as faixas são marcadas adequadamente, estabelecendo uma rotação de culturas, com os anos consecutivos de uso a gleba terá uma proteção balanceada em todo o terreno.

4 LOCAÇÃO DAS FAIXAS NO TERRENO

A locação das faixas pode ser feita de três maneiras:

a) faixas niveladas - todos os limites entrefaixas são locados na linha de contorno do terreno;

b) faixas paralelas - apenas uma linha mediana da gleba é marcada em contorno, sendo as demais linhas divisórias entrefaixas tiradas paralelamente à mesma;

c) faixas associadas - combinando os dois sistemas anteriores, de modo que uma faixa paralela se alterne com uma nivelada, esta com largura irregular e aquela com largura regular.

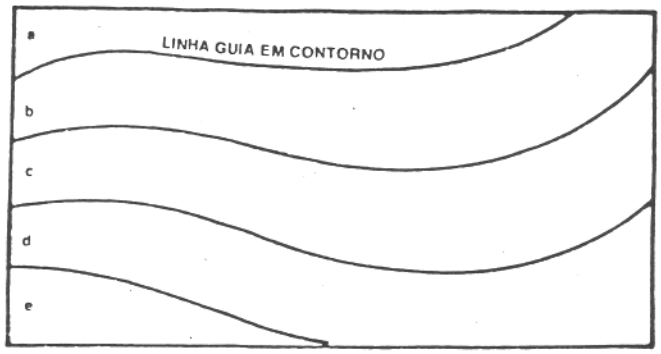
O sistema de **faixas niveladas** é o mais adequado para terrenos de topografia irregular; o controle de erosão será mais eficiente em virtude de as fileiras de plantas seguirem com maior aproximação as curvas de nível do terreno, podendo ter nas linhas de transição das faixas a construção de reforços de proteção mecânica (terraços); as faixas se apresentam com largura irregular de acordo com as mudanças de declividade do terreno, e com bastantes ruas mortas que dificultam os trabalhos de cultivo e trato.

O sistema de **faixas paralelas** é recomendado apenas para terrenos de topografia suave e declives muito uniformes; sendo as faixas de largura uniforme, não há ruas mortas, o que facilita as operações de cultivo e trato.

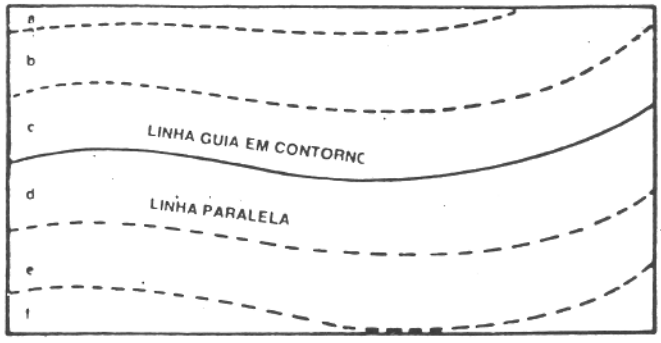
O sistema de **faixas associadas**, que é a associação de faixas niveladas e faixas paralelas, é executado marcando uma linha nivelada de cada duas faixas e, por elas, marcam-se as paralelas; a cultura exigente de tratos mecânicos ficará com a faixa de largura regular (paralela) e, a outra cultura, com a de largura irregular (nivelada) (Figura 1).

O espaçamento entre as linhas divisórias das faixas, correspondente à largura das faixas, dependerá do tipo de solo, do grau de declive, das culturas e dos sistemas culturais empregados. A largura das faixas será tanto menor quanto mais erodível for o solo, quanto maior for a declividade do terreno e quanto menor for a densidade de cobertura proporcionada pela cultura. De modo geral, adota-se entre as linhas divisórias de faixas o mesmo espaçamento usado para os terraços de base larga, ficando, assim, feita a marcação destes para o caso de sua futura instalação.

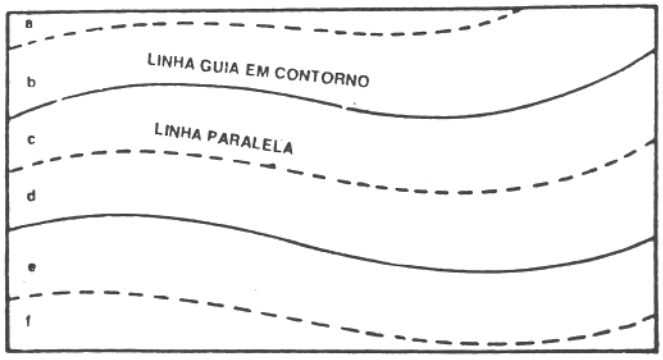
O espaçamento entre as faixas é determinado pela tabela de espaçamento de terraços de base larga, recomendando-se, porém, que não seja superior a 40 metros de largura e nem inferior a 18 ou 20 metros; sendo, portanto, uma prática eficiente até uma declividade de 5 ou 6%.



A: FAIXAS NIVELADAS



B: FAIXAS PARALELAS



C: FAIXAS ASSOCIADAS

FIGURA 1 - Culturas em faixas: A) as faixas são irregulares; B) as faixas são regulares, e C) as faixas têm pouca irregularidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo, Ícone, 1990. 355p.

MARQUES, J.Q.A. **Processos modernos de preparo do solo e defesa contra a erosão.** Bahia, Instituto Central de Fomento Econômico, 1950. 198p. (Boletim, 19)

ALTERNÂNCIA DE CAPINAS

Francisco Lombardi Neto ([1])

1 INTRODUÇÃO

A alternância de épocas de capina em ruas adjacentes, durante o período chuvoso, é uma maneira, praticamente sem despesa, de reduzir as perdas por erosão, tanto em culturas anuais como perenes.

Esse sistema, desenvolvido por MARQUES (1950), consiste em fazer as capinas sempre pulando uma ou duas ruas, e, depois, passado algum tempo, voltar para capiná-las, deixando, assim, sempre uma ou duas ruas com mato imediatamente abaixo de outras recém-capinadas. A terra perdida pelas ruas limpas de mato será retida pelas ruas com mato que ficam imediatamente abaixo.

Em cada rua de cultura haverá sempre o mesmo número de capinas que no sistema usual. O sistema de alternância de capinas requer apenas um pouco mais de atenção na distribuição das épocas de capinas: consiste em fazer com que entre cada duas ruas adjacentes seja dado um intervalo entre capinas de, aproximadamente, metade do intervalo normalmente adotado. A primeira capina deve ser antes da época considerada pelo sistema convencional como a mais apropriada - cerca de uma quarta parte do intervalo normal entre as capinas de uma mesma área.

2 EFEITOS DA ALTERNÂNCIA DE CAPINAS SOBRE A EROSÃO

O efeito das alternâncias de capinas na diminuição das perdas por erosão é muito interessante, principalmente ao considerar sua aplicação muito simples e seu custo praticamente nulo. Os dados obtidos pela Seção de Conservação do Solo, do Instituto Agronômico de Campinas, apresentados no Quadro 1, revelam que essa prática controla cerca de 30% das perdas por erosão em culturas anuais. Para as culturas perenes, de acordo com os dados de MARQUES (1950), a alternância de capinas proporciona um controle de perdas de solo de 41% e de 17% no controle das perdas de água.

A eficiência desse sistema no controle de erosão será tanto maior quanto mais próximas das curvas de nível do terreno estiveram as ruas das plantas. Sendo bem-conduzido, ele não afeta a produção.

([1]) Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC - Seção de Conservação do Solo.

QUADRO 1 - Efeito de práticas conservacionistas em culturas anuais sobre as perdas por erosão.

Práticas	Perdas	
	Solo	Água
	t/ha	% de chuva
Morro abaixo	26,1	6,9
Contorno	13,2	4,7
Contorno + alternância de capinas	9,8	4,8
Cordões de cana-de-açúcar	2,5	1,8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo, Ícone, 1990. 355p.

MARQUES, J.Q.A. **Processos modernos de preparo do solo e defesa contra a erosão.** Bahia, Instituto Central de Fomento Econômico, 1950. 198p. (Boletim, 19)

CEIFA DO MATO

Francisco Lombardi Neto ([1])

1 INTRODUÇÃO

Uma das maneiras eficientes de controlar a erosão é a ceifa do mato nas culturas perenes - café, cacau, pomares - cortando as ervas daninhas a uma pequena altura da superfície do solo. Nessa prática deixam-se intactos os sistemas radiculares do mato e das plantas perenes e uma pequena vegetação protetora de cobertura, constituída de tocos.

A ceifa deve ser convenientemente repetida a fim de não prejudicar a cultura pela concorrência do resto do mato, e executada com o auxílio de ceifeiras mecânicas apropriadas.

O controle das ervas daninhas nas culturas perenes pode ser realizado, quimicamente, por intermédio de herbicidas, porém o efeito contra a ação do impacto da gota de chuva deve ser menor.

2 EFEITOS DA CEIFA NO CONTROLE DA EROSÃO

A ceifa do mato no controle das perdas por erosão apresenta algumas vantagens quando comparada com o controle das ervas daninhas por meio de capinas:

a) não há a desagregação da camada superficial do solo que facilita a erosão;

b) não há a mutilação das raízes superficiais das plantas perenes cultivadas, com sacrifício para a produção;

c) sem a eliminação total da vegetação de cobertura do solo, não há o efeito da energia de impacto da gota de chuva no terreno;

d) o sombreamento que proporciona ao solo é de grande auxílio contra a oxidação acelerada da matéria orgânica.

A ceifa controla o desenvolvimento exagerado e prejudicial das ervas daninhas, eliminando-as logo que sua competição em umidade e elementos nutritivos comece a ser sentida pelas culturas.

3 FREQÜÊNCIA DAS CEIFAS

Como a ceifa não destrói completamente o mato, o seu número ou a sua freqüência precisa ser bem maior do que no caso das capinas, pois os pequenos tocos de ervas daninhas deixados brotam logo em seguida, formando novas plantas em tempo mais curto do que por meio de sementes, como é o caso das plantas eliminadas pelas capinas.

([1]) Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC - Seção de Conservação do Solo.

A freqüência das ceifas necessárias para controlar as ervas daninhas em culturas perenes, como café, citros, cacau, dependerá das condições locais de fertilidade do solo, do grau de infestação e espécies predominantes de ervas daninhas e da distribuição de chuvas - o melhor índice é observar a reação das plantas cultivadas, não deixando que estas amareleçam por efeito da concorrência do mato.

O efeito da ceifa do mato no controle de erosão em comparação com o trato de capinas, em cultura de café, de acordo com MARQUES (1950) é de 74% nas perdas de solo, e cerca de 51% nas de água. Essa prática, muito importante no controle das perdas por erosão em cafezal, exige o maior cuidado na concorrência de umidade e de elementos nutritivos que possam exercer na cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo, Ícone, 1990. 355p.

MARQUES, J.Q.A. **Processos modernos de preparo do solo e defesa contra a erosão.** Bahia, Instituto Central de Fomento Econômico, 1950. 198p. (Boletim, 19)

COBERTURA MORTA

Francisco Lombardi Neto ([1])

1 INTRODUÇÃO

A cobertura do solo com restos de culturas é uma das mais eficientes práticas de controle da erosão, especialmente no caso da erosão eólica.

A cobertura morta protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, faz diminuir o escoamento da enxurrada, e incorpora ao solo a matéria orgânica, que aumenta a sua resistência ao processo erosivo; no caso da erosão eólica, protege o solo contra a ação direta dos ventos e impede o transporte das partículas.

A cobertura morta com palha ou resíduos vegetais contribui para a conservação da água, devendo ser preconizada nas zonas de precipitações pouco abundantes, e diminui a temperatura do solo, reduzindo, assim, as perdas por evapotranspiração.

Em culturas anuais, esse sistema é praticado em geral, com equipamento que, durante o preparo do solo, deixa os restos de cultura na superfície, podendo também ser compensador em culturas perenes, como pomares e em alguns cafezais.

2 A COBERTURA MORTA E O CONTROLE DA EROSÃO HÍDRICA

A cobertura morta tende a melhorar a estrutura do solo na camada superficial. Seu efeito mais importante, do ponto de vista de controle da erosão, pela proteção que oferece contra o impacto das gotas de chuva e contra o escoamento acelerado da enxurrada é visto no Quadro 1. Verifica-se que há controle de 53% nas perdas de solo e 57% nas perdas de água.

Dados obtidos na Seção de Conservação do Solo, do Instituto Agronômico de Campinas, mostram que a aplicação de uma cobertura de palha de capim-gordura, na base de 25 toneladas por mil pés, em cafezal, controla as perdas de solo e água em 65% e 55%, respectivamente.

QUADRO 1 - Efeito do manejo dos restos culturais de milho sobre as perdas por erosão.

Sistema de incorporação	Perdas	
	Solo	Água
	t/ha	% de chuva
Palha queimada	20,2	8,0
Palha enterrada	13,8	5,8
Palha na superfície	6,5	2,5

([1]) Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC - Seção de Conservação do Solo.

3 COBERTURA MORTA E A PRODUÇÃO

A cobertura morta, que tem mostrado, em algumas regiões, ser de valor, também, no controle da erosão eólica, é, pois, de grande eficiência. Entretanto, nem sempre tem dado bons resultados em face do problema de fertilidade a ela associado - essa prática necessita de bom nível de fertilidade do solo, principalmente com relação ao nitrogênio. A cobertura com palha ou resíduos vegetais tem influência na quantidade de microorganismos do solo e nas suas atividades, estimulando a decomposição e, em conseqüência, determinando a rápida redução da disponibilidade de nitrogênio, especialmente nas primeiras semanas de decomposição. Para que tal prática tenha sucesso na produção, é necessário que haja adequado suprimento de nitrogênio para a atividade microbiana do solo e para o uso da planta.

Pelos dados da Seção de Conservação do Solo, do Instituto Agronômico de Campinas, apresentados no Quadro 2, verifica-se o efeito positivo da cobertura morta na produção de milho, principalmente quando se adiciona o nitrogênio. Os tratamentos com restos enterrados foram feitos com arado comum, que ara revolvendo e, ao mesmo tempo, incorporando ao solo os restos de cultura do ano anterior. Os tratamentos cujos restos permanecem na superfície, à maneira de *mulch,* foram executados com um arado de aiveca, do qual foi retirada a telha tombadora, permanecendo só a relha, que ara a camada superficial sem, revolvê-la ou promover a sua inversão.

QUADRO 2 - Efeito da cobertura morta do solo na produção de milho.

Tratamentos	Produção	
	kg/ha	%
Milho, restos enterrados	3.783	100
Milho, restos enterrados + N	4.136	109
Milho, restos na superfície	3.765	99
Milho, restos na superfície + N	4.922	130
Milho e leguminosa, restos enterrados	3.855	100
Milho e leguminosa, restos enterrados + N	5.012	130
Milho e leguminosa, restos na superfície	3.850	100
Milho e leguminosa, restos na superfície + N	4.712	122

Em culturas perenes, a cobertura com palha apresenta o problema de exigir uma área próxima, destinada à produção do capim, e considerável gasto de mão-de-obra, transporte, corte e distribuição da palha de capim sobre o terreno. As vantagens da palha como cobertura são grandes, mas sua aplicação generalizada fica limitada pelo seu elevado custo. O cuidado especial de impedir que a cobertura seja atingida pelo fogo, destruindo também a cultura, é conseguido pela aplicação alternada uma ou duas ruas, deixando outras tantas sem a cobertura; no ano seguinte, a palha de capim será aplicada nas ruas que ficaram desprotegidas.

As espécies de capim mais usadas para a produção de palha a ser distribuída dentro das culturas, são o capim-gordura e o capim-elefante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo, Ícone, 1990. 355p.

BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F. & BENATTI JÚNIOR, R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo do Instituto Agronômico.** Instituto Agronômico Campinas, 1972. 56p. (Circular, 20)

PREPARO DO SOLO PARA CULTURAS ANUAIS

Orlando Melo de Castro (1)

1 INTRODUÇÃO

O preparo do solo pode ser definido como a manipulação física, química (referindo-se principalmente à aplicação de calcário) ou biológica do solo, com o objetivo de otimizar as condições para a germinação e emergência das sementes, assim como o estabelecimento das plântulas.

O preparo e as manipulações do solo podem, em geral, ser divididos em três categorias:

a) preparo primário do solo,

b) preparo secundário do solo, e

c) cultivo do solo após plantio.

a) Entende-se por preparo primário do solo aquelas operações mais profundas e grosseiras que visam, entre outras, eliminar ou enterrar as ervas daninhas estabelecidas, assim como restos de culturas e, também, soltar o solo. Ex: aração, desmatamento, operações com rolo-faca.

b) Como preparo secundário do solo podem ser definidas todas as operações superficiais subseqüentes ao preparo primário, que visam, por exemplo, a nivelação do terreno, destorroamento, incorporação de herbicidas, eliminação de ervas daninhas no início do seu desenvolvimento, que permitam a fácil colocação da semente no solo, assim como a sua cobertura com terra, produzindo um ambiente favorável ao desenvolvimento inicial da cultura implantada. Ex.: gradagem (pesada, niveladora, de dentes); enxada rotativa.

c) Entende-se por **cultivo do solo após plantio**, toda manipulação do solo após a implantação da cultura, visando, entre outras coisas, eliminar as ervas daninhas que concorrem com a cultura, principalmente em água, nutrientes e luz.

Longe de ser uma tecnologia simples, o preparo do solo compreende um conjunto de técnicas que, quando usadas racionalmente, podem permitir alta produtividade das culturas a baixo custo. Irracionalmente utilizadas, as técnicas de preparo podem levar à destruição completa de um solo, que demorou milhões de anos para ser formado, em apenas alguns anos de uso intensivo. De maneira menos drástica, podem conduzir às degradações física, química e biológica do solo, de forma paulatina, diminuindo contudo, seu potencial produtivo.

As técnicas de preparo do solo desenvolvidas na Europa, sob clima temperado ou frio, em topografia pouco acidentada e chuvas caracterizadas por uma energia cinética baixa, foram introduzidas sem modificações nos trópicos. Essas técnicas, que consistem no enterrio de resíduos vegetais, deixando a superfície do solo nua por muitos meses (pousio no inverno com solo preparado), mostraram, sob condições de altas temperaturas e chuvas intensas com alta energia cinética e relevo ondulado, efeitos desastrosos em termos de perdas de solo por erosão.

---

(1) Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC - Seção de Conservação do Solo.

Por esses motivos, o preparo primário do solo nessas condições de clima e relevo, deve ser feito de forma grosseira, sem quebrar excessivamente os torrões e deixando o máximo possível de resíduos vegetais na superfície, devendo atingir profundidade suficiente para quebrar adensamentos superficiais e permitir uma boa infiltração de água no solo. O preparo secundário do solo (gradagens) deve ser feito com o mínimo possível de operações, evitando a ação pulverizadora das grades, assim como a ação pulverizadora e compactadora dos pneus do trator e dos implementos sobre o solo.

Mas a realidade do campo é outra. As áreas agrícolas do Estado de São Paulo, especialmente as ocupadas por culturas anuais, sofrem um preparo excessivo, com diversas passadas de grade pesada e niveladora. Isso leva à pulverização das camadas superficiais e à formação de uma camada compactada em profundidades de 15 a 20cm, chamada "pé-de-grade".

Como conseqüência, a infiltração de água no solo é menor, aumentando o volume da enxurrada, inviabilizando práticas mecânicas de conservação do solo, como o terraceamento. Além disso, o sistema radicular fica restrito àquela camada preparada de 15 a 20cm, reduzindo sua área de exploração e, por conseguinte, o desenvolvimento da planta, seja por falta ou excesso de água e por deficiência de nutrição.

É necessário substituir esses sistemas convencionais de preparo com excessiva movimentação mecânica por outros sistemas de preparo reduzidos que minimizem a mobilização dos solos e deixem o máximo possível de resíduos na superfície.

2 SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO

As primeiras ferramentas de preparo do solo foram feitas de pedras, madeira e, possivelmente, de osso e conchas. Foram utilizadas para eliminar ervas daninhas e fazer um sulco superficial que permitisse a colocação das sementes no solo. Mais tarde, animais foram utilizados para puxar hastes de madeira em formas apropriadas que, com o tempo, foram munidas com pontas ou partes de metal. Posteriormente, o ferro foi utilizado na confecção de implementos, até chegar ao arado de aiveca de tração animal, tornando possível o aumento das áreas trabalhadas. A sua invenção revolucionou a agricultura mundial.

Desde então, o preparo do solo vem evoluindo, com implementos cada vez maiores, por tratores cada vez mais pesados e possantes. Com isso, muitos efeitos negativos acompanham os benefícios obtidos com essa evolução, como a compactação do solo abaixo da camada preparada.

2.1 Objetivos do preparo do solo

O preparo do solo, como é realizado hoje, visa:

a) eliminação de plantas não desejáveis, diminuindo a concorrência com a cultura implantada;

b) obtenção de condições favoráveis para a colocação de sementes ou partes de plantas no solo, permitindo a sua boa germinação e emergência, além de bom desenvolvimento;

c) manutenção da fertilidade e da produtividade ao longo do tempo, preservando a matéria orgânica no solo e evitando a ocorrência de erosão.

De acordo com a situação de cada propriedade agrícola, as características do solo, do clima e das diferentes culturas, outros objetivos podem ser previstos no preparo do solo:

a) eliminação de camadas compactadas para aumento da infiltração de água no solo;

b) incorporação e mistura ao solo de calcário, fertilizantes ou produtos agroquímicos;

c) enterrio de restos vegetais e restevas agrícolas;

d) nivelamento do terreno para conseguir uma boa performance das máquinas e equipamentos, desde o plantio até a colheita;

e) quebra de crostas superficiais para permitir a germinação normal das sementes.

Os objetivos devem ser atingidos com o menor número possível de operações sobre o terreno, reduzindo o tempo e o consumo de combustível necessários para a implantação da cultura, visando sempre a conservação do solo.

2.2 Ponto de umidade ideal para o preparo do solo

Para preparar o solo com o uso de um trator e máquinas relativamente pesadas, deverá ser vista a possibilidade de trafegar sobre o solo. A capacidade do solo suportar e permitir o trabalho dessas máquinas é fortemente dependente da umidade existente no solo.

O ponto de umidade ideal para o preparo do solo é determinado quando o trator operar com o mínimo de esforço produzindo os melhores resultados no serviço que estiver sendo realizado.

Quando o preparo é realizado com o solo muito úmido, o solo sofre danos físicos na estrutura (compactação no lugar onde trafegam as rodas do trator) e gruda com maior força nos implementos (principalmente em solos argilosos) até o ponto de inviabilizar a operação desejada. Deve-se tomar o cuidado de nunca preparar o solo com umidade excessiva.

O preparo com solo muito seco, não provoca danos físicos na estrutura, mas um maior número de passagens será necessário para alcançar o destorroamento que permita efetuar a operação de semeadura. Por outro lado, estando o solo abaixo da umidade ideal, o gasto com combustível é maior, torrões grandes e difíceis de se quebrarem são trazidos à superfície, além de levar mais tempo para a execução do seu serviço.

2.3 Principais implementos de preparo do solo

Existem atualmente no mercado, vários implementos para o preparo do solo e, para cada um deles, variações quanto a forma, peso, número e tamanho das partes ativas (por exemplo - número e tamanho de discos). Dessa forma, poderá haver situações em que determinado implemento seja mais adaptado que outro.

Por essas razões, a seguir serão descritos os principais implementos de preparo do solo e a adaptabilidade de cada um frente às situações mais comuns que se encontram no campo.

2.3.1 Preparo primário do solo:

a) Grade pesada ou aradora - Este implemento tem tido o seu uso aumentado nos últimos anos, principalmente nas áreas de expansão da agricultura, levando a crer que a opção para esse implemento se fez em função da possibilidade de se obter um maior rendimento do serviço, além de se conseguirem a aração e gradagem somente com esse implemento.

Em áreas recém-desbravadas, onde ainda existem tocos e raízes, o seu emprego permite um trabalho satisfatório, uma vez que seus discos passam por cima dos obstáculos. Também onde existe grande quantidade de massa vegetal (restos de culturas e plantas invasoras), esta grade trabalha bem, pois pica esse material, embora a sua incorporação seja mais superficial. Entretanto, podem surgir dois problemas: aparecerá uma maior deficiência de nitrogênio pela menor área na qual se processará a decomposição do material vegetal, e logo após as primeiras chuvas, ocorrerá a germinação das sementes invasoras, aumentando os gastos com herbicidas e capinas manuais. Nessa situação, a utilização do arado, após a trituração de massa vegetal, aparece como prática correta para minimizar esses problemas.

Como seu próprio nome indica, a grade pesada utiliza-se de seu peso para penetrar no solo e, dessa forma, após sucessivos anos de cultivo, vai haver a formação do pé-de-grade, que nada mais é do que uma camada compactada formada a 10-15cm de profundidade, logo abaixo do corte da grade. Essa camada compactada é responsável por uma série de fenômenos indesejáveis que passam a ocorrer no solo, tais como:

- redução da infiltração de água no solo que, por sua vez, irá favorecer um maior escorrimento superficial e, conseqüentemente, a erosão. A grade pesada é um implemento que pulveriza muito o solo, e essa pulverização é tanto maior quanto maior for o número de vezes que ela for utilizada. Entretanto, um solo totalmente solto, sem torrões, não é sinônimo de um bom preparo do solo;

- incorporação de corretivos e, esporadicamente, de fertilizantes a menores profundidades, a qual associada à existência de uma camada compactada logo abaixo, vai estimular o sistema radicular das culturas a permanecer nessa parte superficial do solo, explorando portanto menor volume de solo, ficando mais vulnerável a veranicos que porventura ocorram durante o ciclo da cultura, o que refletirá em prejuízos para o agricultor.

O Quadro 1 apresenta as vantagens e desvantagens de se utilizar a grade pesada (disco) no preparo primário do solo.

QUADRO 1 - Vantagens e desvantagens da grade pesada de disco.

Vantagens	Desvantagens
- Utilizada em condições desfavoráveis para o preparo do solo, em locais com alta infestação de ervas daninhas, plantas trepadeiras e grandes quantidades de resíduos.	- Trabalho muito raso (10 a 15cm), não conseguindo romper as camadas compactadas entre 10 e 25cm de profundidade.
- Simples e de fácil regulagem.	- Compacta ainda mais o solo abaixo da profundidade de operação, impedindo a infiltração da água pelo seu próprio peso.
- Alto rendimento de trabalho.	- Os discos provocam o espelhamento, causando maior impedimento à infiltração da água das chuvas.
- Baixo consumo de combustível por unidade de área.	- Pulveriza o solo excessivamente.
	- Deixa o solo extremamente vulnerável à erosão.

FONTE: MAZUCHOWSKI e DERPSCH, 1984.

b) Arado de disco - No Brasil, quando se diz preparo convencional do solo, subentende-se uma aração com arado de disco mais gradagens de nivelamento, geralmente duas ou três. Isso retrata a utilização generalizada desse implemento, principalmente pela sua adaptabilidade aos vários tipos e condições de solo, como solos recém-desbravados onde existem muitas raízes e tocos, solos pedregosos, etc.

Esse arado trabalha a uma profundidade média de 20cm, incorporando até essa profundidade os resíduos vegetais e plantas daninhas, sendo que, para condições onde a massa vegetal é muito densa, se faz necessário triturar esse material para que o arado de disco não apresente problemas de embuchamento.

Abaixo da zona revolvida pelo arado, quando se faz a aração a uma mesma profundidade, há o aparecimento de uma camada compactada (pé-de-arado) cuja influência é semelhante àquela formada pela grade aradora.

c) Arado de aiveca - Embora tenha sido o primeiro implemento de preparo do solo a ser criado, no Brasil a sua utilização é muito limitada, embora existam trabalhos mostrando seus efeitos positivos no solo e nas plantas.

Esse arado consegue penetrar no solo até maiores profundidades (20-40cm) em função das características de suas peças, e não necessita de peso adicional. Ele faz uma melhor inversão da camada arada do solo que o arado de disco, promovendo um melhor enterrio de restos vegetais e sementes invasoras, fazendo um melhor controle das ervas.

Quando utilizado adequadamente, ou seja, com um teor ideal de umidade no solo, o preparo secundário do solo ou destorroamento e nivelamento é dispensável, pois a superfície formada após o tombamento da leiva proporciona condições para o plantio.

O arado de aiveca é um implemento impróprio para áreas recém-desbravadas, onde ainda existam tocos e raízes, e também para terrenos pegajosos. Para terrenos pegajosos, o arado de aiveca comum, ou seja, com a aiveca inteiriça, não é recomendado, pois o solo irá se acumular na aiveca; entretanto, já existem no mercado arados com aiveca recortada, próprios para esse tipo de solo.

Com base no fato de que o arado de aiveca é o arado mais usado na Europa e nos Estados Unidos, além de que nos solos lá existentes este arado consegue inverter a leiva de forma perfeita, tem sido proposto o uso do arado de aivecas no lugar do arado de discos.

No Sul do Brasil as desvantagens do arado de aiveca são superiores às duas vantagens, principalmente nos solos argilosos, pois os mesmos apresentam alta capacidade de adesão, grudando na aiveca e não permitindo a inversão perfeita da leiva. Nessas condições o solo é mais bem-rasgado, mas permite somente uma inversão parcial. Também nos arados de discos ocorre adesão de solo, mas, devido ao movimento giratório do disco, esse fato causa menos problemas, conseguindo-se vantagens e desvantagens nos dois arados, que podem orientar na escolha de um ou outro equipamento (Quadro 2).

QUADRO 2 - Vantagens e desvantagens do arado de disco e de aiveca.

Vantagens	Desvantagens
Arado de disco	
- Pode ser usado em condições difíceis, como em terrenos recentemente desbravados com grande quantidade de raízes, pois o disco rola por cima das mesmas.	- Rendimento de trabalho muito baixo em comparação com outros implementos de preparo.
- Mistura melhor o solo do que o arado de aiveca, fato importante para a incorporação de calcário.	- Consumo de combustível é alto.
- Rompe ou quebra as camadas compactadas que ocorrem nos solos com mecanização intensiva, a uma profundidade de 10 a 20cm, melhorando a infiltração de água.	- Uma roda do trator passa pelo sulco recém-aberto causando compactação (pé-de-arado).
- Observação: Consegue-se boa penetração do arado quando a umidade do solo é boa, a regulagem do arado é correta e não há excesso de resíduos vegetais na superfície.	- Desloca a terra lateralmente podendo provocar, através dos anos, acúmulo de terra nos terraços, caso não se trabalhe com alternância no sentido de tombamento das leivas.
	- Eficiência prejudicada quando a leiva é tombada morro acima.
	- Deixa a superfície do solo bastante livre de restos de culturas, aumentando o risco de erosão.
	- Geralmente não penetra bem quando há restevas úmidas na superfície do solo.

Continua...

QUADRO 2 - Conclusão.

Arado de aiveca	
- Melhor penetração no solo do que o arado de discos, especialmente em condições adversas, como em solo seco ou compactado.	- As desvantagens do arado de discos são válidas para o arado de aiveca.
- Rompe ou quebra as camadas compactadas, detectadas em latossolo roxo, latossolo vermelho-escuro e terra roxa estruturada, melhorando a infiltração de água no solo.	- Má performance em solos argilosos quando o teor de argila ultrapassa aproximadamente 30% (o solo gruda na aiveca). Somente em solos de textura média ou arenosos com menos de 30% de argila a aiveca fica limpa e consegue fazer um bom trabalho de inversão da leiva.
- Apresenta melhor enterrio de sementes de ervas daninhas e eliminação de plantas daninhas do que o arado de discos.	- Regulagem do arado de aiveca é mais difícil do que a regulagem do arado de discos.
- Melhor qualidade do serviço em áreas planas, notadamente nas várzeas drenadas.	- Superfície do solo fica livre de vegetais e por isso o risco da erosão aumenta.

FONTE: MAZUCHOWSKI e DERPSCH, 1984.

d) Arado escarificador - O arado escarificador consta de cinco a nove hastes estreitas e ponteagudas, distribuídas num chassi de duas ou três barras, de modo a deixar um espaçamento entre sulcos de 20-50cm.

Seu trabalho não pode ser considerado uma subsolagem, pois atua a uma profundidade máxima de 30cm, o que é suficiente para romper camadas compactadas, como o "pé-de-grade". O escarificador de sete hastes apresenta uma eficiência operacional de 70 a 80% em relação à grade pesada, visto que oferece maior resistência à tração. Normalmente requer 8 a 10HP de potência por haste do implemento em solo argiloso, possível portanto de ser tracionado por tratores na faixa de 70 a 80HP de potência.

No preparo, ele somente afrouxa o solo, ou seja, quebra a sua estrutura sem, contudo, revolvê-lo muito e sem destruir os agregados. A umidade do solo para escarificação é a mesma da aração convencional, mas como o equipamento não tende a formar compactação, pode-se trabalhar com o solo mais úmido, desde que não prejudique a tração e se consiga quebrar suficientemente o solo para o preparo secundário, com grade niveladora.

Esse implemento proporciona um maior rendimento que os outros arados, além de um bom desenvolvimento radicular e, por ocasião do início do desenvolvimento da cultura, permite que haja uma boa infiltração de água e proteção superficial do solo, pois grande parte dos resíduos vegetais permanece sobre a sua superfície.

Por outro lado, como o arado de aiveca, o escarificador não é próprio para áreas recém-desbravadas e áreas onde haja uma massa vegetal muito densa, o que irá causar o seu constante embuchamento, havendo, nesses casos, a necessidade de uma gradagem para picar o material, facilitando assim a operação com o escarificador.

As características desejáveis num arado escarificador são:

- altura dos braços ou vão livre de 70 a 80cm, permitindo o trabalho do escarificador até 25 a 30cm de profundidade, sem embuchar;

- espaçamento máximo entre os braços de 20 a 25cm, para obter um bom controle de ervas daninhas. Distâncias maiores entre os braços diminuem a eficiência no controle de ervas daninhas em solos argilosos;

- profundidade normal de trabalho a 20cm, podendo chegar até 30 centímetros;

- pino de segurança ou molas para garantia do equipamento, evitando a quebra dos braços e enxadas ao encontrar obstáculos no solo, como pedras e raízes;

- distribuição estratégica dos braços em 3, ou preferivelmente 4 corpos no quadro porta-ferramentas;

- deve ter destorroador e nivelador acoplado, sempre que possível.

O Quadro 3 apresenta as vantagens e limitações do arado escarificador no preparo primário do solo.

QUADRO 3 - Vantagens e limitações dos arados escarificadores.

Vantagens	Limitações
- Pulveriza menos o solo do que o preparo convencional com arado e/ou grade.	- Impróprio para áreas abandonadas, cheias de touceiras ou altamente infestadas com ervas daninhas, em estado avançado de desenvolvimento.
- Deixa resíduos de palha na superfície (até 70%).	- Impróprio para áreas infestadas com plantas trepadeiras, como corda-de-viola.
- Quebra as camadas que ocorrem nos solos mecanizados entre 10-25cm de profundidade.	- Menor eficiência no controle de ervas daninhas em comparação com o arado e a grade pesada.
- Aumenta a infiltração e a capacidade de retenção de água no solo.	- Sofre embuchamento no caso da palha das restevas não ser picada ou ter quantidade excessiva.
- Diminui sensivelmente os riscos da erosão pela menor desagregação do solo e pelos resíduos que ficam na superfície, bem como pela maior infiltração de água.	- Pouco adequado para áreas novas, cheias de tocos e raízes, ou áreas com afloramento de rocha.
- Não forma o chamado pé-de-arado ou pé-de-grade, pois as rodas do trator não trabalham em sulcos.	- O escarificador não consegue substituir completamente o arado e a grade pesada.
- Permite trabalhar em solos totalmente secos.	
- Rapidez de trabalho.	
- Economia de combustível e tempo quando comparado com aração.	
- Fácil regulagem e operação a campo.	
- Não movimenta a terra lateralmente, como no caso da aração, evitando o acúmulo de terras nos terraços.	

FONTE: MAZUCHOWSKI e DERPSCH, 1984.

2.3.2 Preparo secundário do solo:

a) Grade de disco - Diferentes implementos podem ser utilizados para a operação de gradagem, sendo que nas áreas de mecanização intensiva o mais difundido é a grade de disco. Este implemento usa uma série de discos montados sobre um eixo, permitindo ângulo de corte variável, sendo

puxados através da superfície do solo. Vários conjuntos de discos podem ser montados, seja em forma de V ou off-set, ou em forma de X.

A regulagem referente à profundidade de trabalho e intensidade de mistura é efetuada através do ângulo de trabalho do conjunto de discos.

Os discos destas grades têm normalmente 18 a 20 polegadas (46 a 51cm) de diâmetro e 20 a 40kg de peso cada um.

b) Grade de dentes flexíveis

A grade de dentes flexíveis de aço, em forma de S, é montada com distâncias variáveis entre os diversos segmentos do corpo do implemento. A operação de nivelamento e destorroamento é efetuada pela vibração dos dentes quando a grade é puxada numa velocidade relativamente alta. Sua utilização no Brasil é muito pequena, pois apresenta problemas de embuchamento em solos com restevas na superfície, principalmente em solos argilosos.

2.4 O sistema de plantio direto

Plantio direto é um sistema de semeadura no qual a semente é colocada diretamente no solo não revolvido, usando-se máquinas especiais. Somente é aberto um pequeno sulco, de profundidade e largura suficiente para garantir uma boa cobertura e contato da semente com o solo. O extermínio de ervas daninhas, antes e depois do plantio, é feito com herbicidas.

O sistema de plantio direto consiste numa seqüência de três operações fundamentais: **colher e esparramar os restos de cultura, pulverizar herbicidas** e **plantar com equipamento especial**. Suas limitações residem no manejo adequado de herbicidas e das ervas daninhas, além da exigência de assistência técnica especializada.

O plantio direto é o sistema ideal para o controle da erosão em razão da manutenção dos restos vegetais na superfície e da mínima movimentação do solo.

2.4.1 Requisitos básicos para adoção do plantio direto

Para instalação do sistema de plantio direto em nível de propriedade, cada produtor rural deverá obedecer os seguintes requisitos:

- qualificação do agricultor, exigindo o conhecimento e domínio de todas as fases do sistema;

- o gerenciamento e a mão-de-obra da fazenda devem ser treinados;

- boa drenagem dos solos úmidos com lençol freático alto, que sem isso são inaptos;

- eliminação, antes da implantação do sistema, de compactação do solo ou de camadas adensadas que afetam o rendimento das culturas;

- superfície do terreno deve estar nivelada. Os solos cheios de sulcos ou valetas de erosão devem ser preparados antes de implantar o sistema;

- correção da acidez do solo deve ser feita antes de iniciar o plantio direto;

- níveis de fertilidade devem-se situar na faixa média ou alta. Correções do teor de fósforo são necessárias antes de iniciar o sistema, quando o resultado da análise do solo indicar níveis baixos;

- as restevas de culturas na superfície devem cobrir, pelo menos, 70% do solo, ou 6t/ha de matéria seca para cobertura do solo;

- jamais pensar em queimar os restos de cultura;

- uso do picador e do distribuidor de palha nas colheitadeiras, antes do plantio. Se a palha ficar enleirada, impedirá a utilização do sistema de plantio direto;

- eliminação de ervas daninhas perenes, pois além de serem de difícil controle, afetam o crescimento e o rendimento das lavouras;

- não haver alta infestação de ervas daninhas muito agressivas, para não onerar os custos com herbicidas;

- as ervas daninhas deverão ser identificadas e receber um controle específico antes do plantio direto.

A adoção do sistema de plantio direto implica em uma série de vantagens para o agricultor e para o solo, como:

- maiores rendimentos em anos secos devido à maior retenção de água no solo;

- necessidade de menor volume de chuvas para iniciar o plantio;

- economia de combustível em até 70% em relação ao sistema convencional;

- aumenta a vida útil das máquinas, devido a menor utilização e trabalhos mais leves;

- aumenta a disponibilidade de nutrientes do solo, especialmente fósforo;

- aumenta a atividade biológica no solo, devido ao aumento na matéria orgânica e menor oscilação térmica no solo;

- é o sistema mais eficiente no controle da erosão reduzindo em até 90% as perdas de solo e água em relação ao convencional.

O êxito ou fracasso do sistema de plantio direto depende não somente daqueles requisitos básicos, mas também da capacitação prévia do produtor, que deve ter um bom conhecimento de manejo de ervas daninhas com o uso de herbicidas, adotar rotação de culturas para facilitar o manejo de ervas e pragas. Deve iniciar o sistema em pequenas áreas para melhor dominá-lo.

É importante ter em mente que este sistema não deve ser visto como prática de recuperação de solos erodidos, compactados ou degradados, ou ainda, infestados de ervas daninhas. Por outro lado, não é um sistema adaptável a qualquer situação. Em regiões de outono-inverno seco, onde se torna difícil uma segunda cultura para produzir boa cobertura morta, o sistema pode ser inviável pelo maior gasto de herbicida na cultura de verão. Outras práticas de manejo, que não o convencional, podem ser utilizadas, garantindo produções mais econômicas com um bom controle da erosão.

3 PREPARO INADEQUADO DO SOLO

Os sistemas de preparo mais utilizados em áreas de culturas anuais são muito agressivos ao solo, contribuindo de forma decisiva para sua degradação. Os aspectos sugativos dos sistemas de preparo do solo podem ser resumidos em:

- uso de implementos inadequados quanto ao mecanismo de ação sobre a estrutura do solo (discos), que deixam pouca quantidade de resíduos vegetais na superfície;

- uso excessivo de operações de mobilização do solo;

- execução de operações com umidade excessiva do solo, dentro da faixa de consistência onde a plasticidade é elevada.

Como resultado, a estrutura superficial do solo sofre uma pulverização excessiva, tornando-o mais suscetível ao transporte de partículas pela enxurrada, além de provocar compactação na subsuperfície, que dificulta o movimento da água no perfil e o desenvolvimento das raízes.

A falta de resíduos na superfície provoca o aquecimento do solo, acelerando a decomposição da matéria orgânica e reduzindo a atividade biológica a médio e longo prazos, além de intensificar as perdas de solo por erosão. Esses fatores em conjunto levam a uma aceleração do processo erosivo, com conseqüente empobrecimento do solo.

Um fator fundamental no controle da erosão é a cobertura do solo. Quando o solo se encontra protegido por uma cobertura vegetal, dificilmente ocorre erosão hídrica, pois a cobertura vegetal (viva ou morta) tem efeito na interceptação das gotas de chuvas dissipando a energia cinética das mesmas, evitando o impacto direto sobre a superfície do solo, reduzindo a desagregação das partículas do solo que é a fase inicial do processo erosivo. Além disso, a cobertura vegetal reduz a velocidade de escorrimento das águas superficiais, pela formação de barreiras mecânicas ao livre escorrimento das águas de enxurrada. A cobertura vegetal também melhora ou mantém a capacidade de infiltração de água no solo, pois, reduzindo o efeito de desagregação do solo, evita o selamento superficial provocado pela obstrução dos poros através das partículas finas desagregadas.

Os sistemas de preparo do solo afetam de modo diferente o processo erosivo, devido às diferentes intensidades de movimentação que provocam no solo. Em função da movimentação do solo e da quantidade de resíduos deixados sobre ele ocorrerá uma maior ou menor quantidade de água e solo perdidos.

Nesse aspecto, o sistema de plantio sem preparo ou plantio direto, é que confere ao solo proteção contra a erosão, pois há mobilização apenas na linha de semeadura e os restos da cultura anterior são mantidos na superfície, protegendo o solo contra a chuva e permitindo que maior quantidade de água se infiltre.

Essa eficiência é atestada pelos dados do Quadro 4, onde pode-se verificar que o plantio direto no latossolo roxo reduziu as perdas de solo em 80% em relação ao sistema de arado de disco. O preparo com arado escarificador e grade leve não apresenta a eficiência do plantio direto, mas permite uma redução expressiva das perdas de solo e água nos dois solos estudados, da ordem de 55% em relação aos sistemas convencionais (grade pesada e arado de disco), devido à menor mobilização que provoca no solo.

QUADRO 4 - Perdas de solo e água por erosão em cultura de milho sob diferentes sistemas de preparo em podzólico vermelho-amarelo textura arenosa/média (PV) e latossolo roxo (LR), com declive de 10,8 e 6,5% respectivamente.

Tratamentos	PV		LR	
	Solo	Água	Solo	Água
	t/ha	mm	t/ha	mm
Arado escarificador	22,5	121	1,6	22
Grade leve	22,4	127	1,6	17
Arado de disco	49,8	212	2,8	34
Grade pesada	56,2	222	—	—
Plantio direto	—	—	0,6	12

FONTE: CASTRO et alii (1986) e CASTRO et alii (1987).

Embora o plantio direto venha mostrando ser o sistema mais eficiente no controle da erosão hídrica, o seu uso tem-se limitado às regiões onde o regime de chuvas permite o desenvolvimento satisfatório de culturas de inverno, ou em áreas irrigadas. A sucessão de culturas é fundamental para um controle mais eficiente das ervas daninhas com um custo menor de herbicidas.

Para nossas condições de solo e clima, é importante adotar sistemas de preparo que não pulverizem excessivamente o solo e sejam capazes de manter os restos culturais, total ou parcialmente, na superfície. Isso garantirá não só um maior controle da erosão, mas também, um maior armazenamento de água, menor risco das culturas em veranicos e também, a possibilidade de redução da freqüência de irrigação, quando houver.

Dos fatores que afetam a produtividade das culturas, o preparo do solo é o que mais facilmente pode ser alterado, garantindo significativos aumentos de produção com redução do processo erosivo e conseqüente melhoria do meio ambiente. Apesar disso, tem sido pouco considerado na difusão de novas tecnologias aos agricultores. Uma caracterização mais detalhada da influência de diferentes sistemas de preparo em parâmetros físicos importantes para as culturas e também na facilidade do solo é discutida a seguir.

4 INFLUÊNCIA DOS SISTEMAS DE PREPARO EM ALGUNS PARÂMETROS FÍSICOS DO SOLO

Uma das primeiras preocupações quando se fala em preparo do solo é sua influência na absorção e disponibilidade de água, pois o estado em que se encontra a superfície do solo exercerá grande influência na infiltração, drenagem e escorrimento superficial. A crosta que se forma nessa superfície durante as chuvas intensas tem um efeito maior na absorção da água que o tipo de solo, a declividade do terreno ou o seu conteúdo de umidade. Essa camada se forma pelo impacto das gotas de chuva sobre o solo descoberto, agravado pelas más condições físicas do solo. É originada tanto pelo efeito da gota de chuva como pelas frações finas do solo, desagregadas das frações maiores, que preenchem os espaços vazios entre os agregados.

4.1 Densidade do solo e porosidade

É comum encontrar em áreas sob preparo convencional camadas superficiais compactadas. As operações de preparo do solo sempre na mesma profundidade formam gradativamente uma camada compactada. Ao passar pelo solo, qualquer implemento de preparo provoca a compactação de uma fina camada que pode ser agravada pelo excesso de umidade no momento de operação. Se o implemento for passado sempre na mesma profundidade, esta camada, aos poucos, vai ficando tão densa que dificulta a infiltração de água no solo e a penetração das raízes fica prejudicada, reduzindo o desenvolvimento da planta, seja por falta ou excesso de água e por deficiência na nutrição.

É comum encontrar solos com uma camada adensada no fundo dos sulcos de aração e da gradeação. Esta camada, chamada "pé-de-arado" ou "pé-de-grade" é formada por quase todos os implementos agrícolas quando trabalham em condições de solo úmido. Acima dessa camada compactada fica o solo preparado, bastante desagregado, levando ao selamento superficial por ocasião das chuvas e impedindo a infiltração da água.

Os dados do Quadro 5 mostram o acentuado aumento na densidade de solo sob cultivo convencional, em relação ao solo sob vegetação natural, com conseqüentes reduções da porosidade e infiltração. Os anos sucessivos de cultivo convencional de um solo tendem a reduzir cada vez mais a velocidade de infiltração da água, chegando a níveis que comprometem seriamente o crescimento das plantas (Figura 1).

QUADRO 5 - Algumas características físicas de um latossolo roxo distrófico (solo Erexim) sob dois tipos de uso.

Tipo de uso	Profundidade	Matéria orgânica	Densidade do solo	Porosidade		
				Macro	Micro	Total
	cm	%	g/cm^3	%		
Mata	0-15	5,8	0,86	25,5	42,3	67,8
	15-30	3,8	1,11	19,3	40,2	59,5
Lavoura convencional	0-15	2,7	1,17	10,2	46,1	56,3
	15-30	2,1	1,30	7,8	44,9	52,7

FONTE: CINTRA, 1980 - citado por CASSOL, 1984.

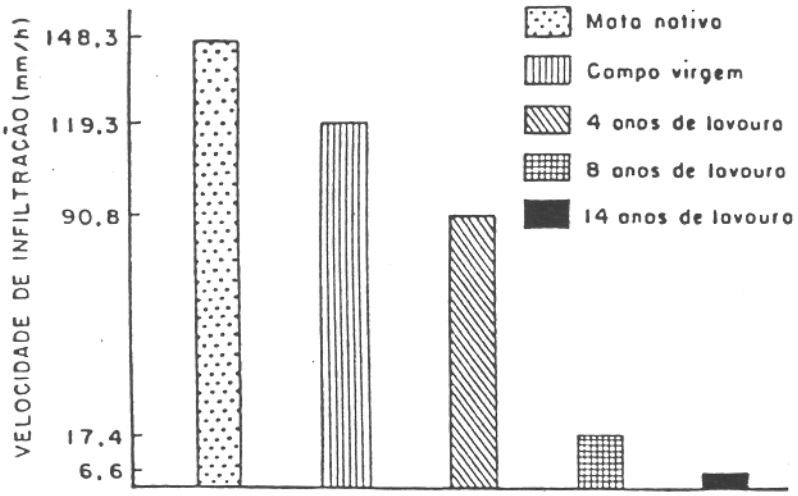


FIGURA 1 - Velocidade de infiltração em latossolo roxo distrófico (solo Santo Ângelo), após 9 horas, sob diferentes usos.
FONTE: MACHADO, 1976, citado por Cassol, 1984.

Naturalmente, não se deve esperar que solos sob cultivo mantenham as características físicas e químicas originais, mas deve-se procurar manejá-los de modo a alterar o mínimo possível essas características, especialmente, aquelas que afetam a infiltração e retenção de água, como porosidade e agregação.

No plantio direto, como não há movimento do solo superficial, os valores de densidade do solo são mais altos, entretanto, são mais homogêneos ao longo do perfil, enquanto que o sistema convencional apresenta valores menores na camada preparada e logo abaixo aparecem valores maiores, caracterizando o "pé-de-arado". Este efeito é mais pronunciado em solos argilosos (Quadro 6).

QUADRO 6 - Relações de massa e volume do solo em dois latossolos vermelho-amarelos, texturas argilosa e média, sob preparo convencional e plantio direto, em diferentes profundidades (1).

Profundidade	Convencional				Plantio direto			
	Ds	PT	MP	mp	Ds	PT	MP	mp
cm	g/cm³	% vol.			g/cm³	% vol.		
	latossolo vermelho-amarelo textura argilosa							
0-5	0,98(2)	56,7	19,6	37,1	1,02(2)	54,6	16,5	38,1
5-10	1,13	55,6	15,0	40,8	1,14	56,8	13,3	43,5
10-20	1,24(2)	60,9	14,6	46,3	1,19(2)	60,2	16,8	43,4
20-30	1,15	61,0	19,5	41,5	1,12	58,0	18,2	39,8
30-50	1,03	57,7	21,5	36,2	0,99	54,0	20,8	33,2
	latossolo vermelho-amarelo textura média							
0-5	1,26	62,6	29,1	33,5	1,34	61,7	26,8	34,9
5-10	1,38	61,5	29,1(2)	32,4(2)	1,42	59,7	24,2(2)	35,5(2)
10-20	1,46	60,3	24,5	35,8	1,48	59,9	24,6	35,3
20-30	1,40	60,3	26,9	33,4	1,48	61,1	25,0	36,1
30-50	1,36	58,4	27,7	30,7	1,37	60,8	20,2	31,6

(1) Ds = densidade do solo; PT = porosidade total; MP = macroporosidade; mp = microporosidade.
(2) Diferença significativa a 5% (teste t), para a mesma profundidade.
FONTE: CASTRO et alii, 1987.

4.2 Estabilidade de agregados e infiltração

Essa estrutura mais forte, observada no plantio direto, reflete-se na melhor agregação em solos sob esse sistema. Observa-se um aumento na estabilidade de agregados em água e maior diâmetro médio de agregado, especialmente em solos argilosos (Figura 2). Em solos mais arenosos, como latossolo vermelho-amarelo textura média, não se observa tal efeito (Figura 3). SIDIRAS et alii. (1982), também observaram um aumento acentuado na agregação em latossolo roxo sob plantio direto, sendo que o preparo reduzido com arado escarificador apresentou valores intermediários entre o plantio direto e o convencional.

Valores de densidade maior e macroporosidade menor, em solos sob plantio direto, levam a pensar que a infiltração nesse sistema de preparo deva ser menor que no preparo convencional, onde a superfície normalmente é menos compacta, o que estaria contrariando os dados de perda de água apresentados no Quadro 4. Mas num processo de precipitação pluviométrica, variáveis como a resistência do solo, a degradação pelo impacto das gotas e a cobertura com restos de culturas, passam a desempenhar papel importante sobre a quantidade de água que penetra no solo na unidade de tempo. A Figura 4 apresenta as curvas de infiltração obtidas com chuva simulada, onde a infiltração básica para o plantio direto foi de 45mm/h (=100%), para o preparo com arado escarificador foi de 35mm/h (=78%) e somente 26mm/h (=58%) para o preparo convencional. Em outras palavras, a taxa de infiltração decresceu em proporção ao grau de mobilização e cobertura do solo.

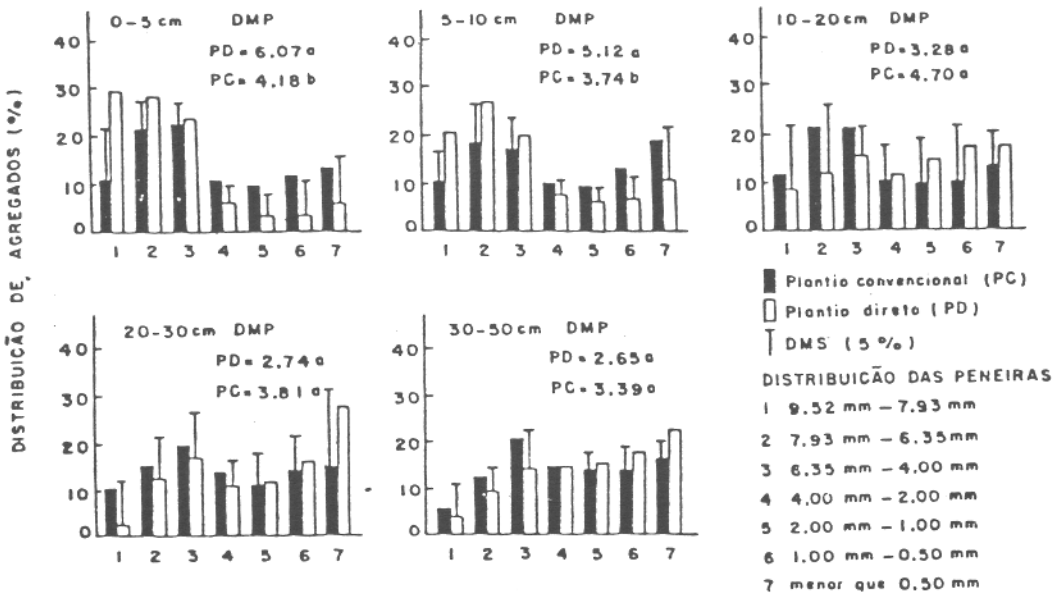


FIGURA 2 - Distribuição de agregados estáveis em água (% de peso) em latossolo vermelho-amarelo textura argilosa, em diferentes profundidades, sob cultivo convencional e plantio direto.
Obs.: Diâmetros médios ponderados (DMP) seguidos pela mesma letra não diferem ao nível de 5%.
FONTE: CASTRO et alii, 1987.

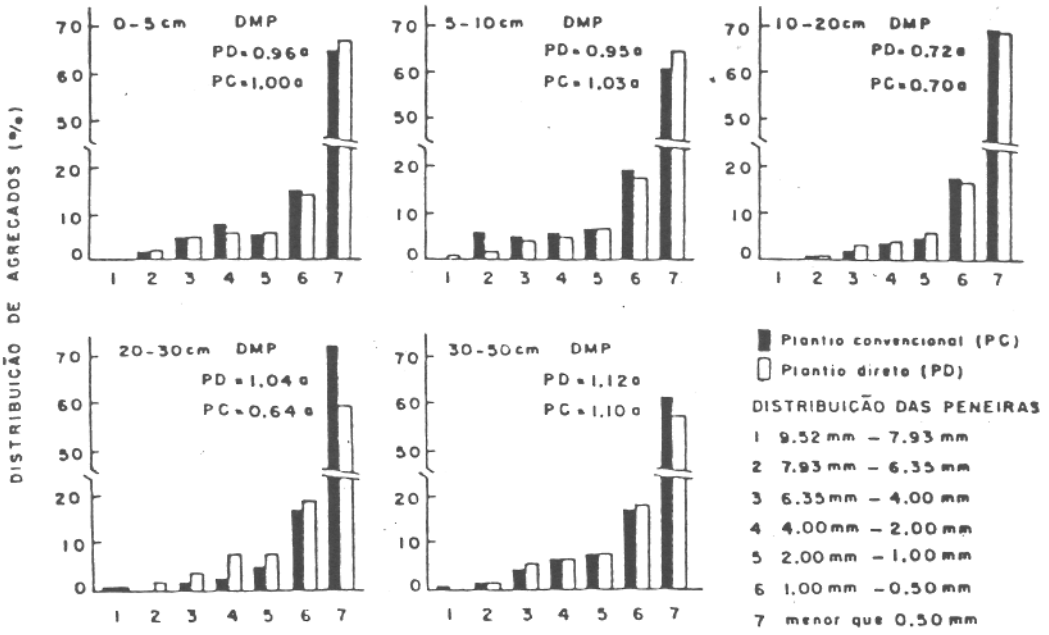


FIGURA 3 - Distribuição de agregados estáveis em água (% de peso) em latossolo vermelho-amarelo textura média, em diferentes profundidades, sob cultivo convencional e plantio direto.
Obs.: Diâmetros médios ponderados (DMP) seguidos pela mesma letra não diferem ao nível de 5%.
FONTE: CASTRO et alii, 1987.

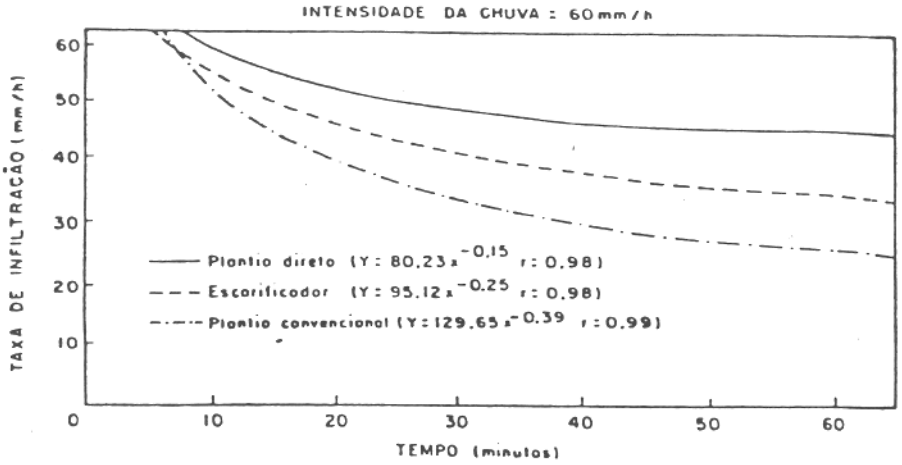


FIGURA 4. Taxa de infiltração em um latossolo roxo distrófico, avaliada com chuva simulada, sob plantio direto, escarificação e preparo convencional.
FONTE: DERPSCH et alii, 1986.

4.3 Disponibilidade de água

Muitos trabalhos têm mostrado que o solo cultivado no sistema de plantio direto ou no de preparo reduzido do solo apresenta uma economia de água bastante diferenciada daqueles sob preparo convencional. No Quadro 7, verifica-se que o conteúdo de água no plantio direto foi consideravelmente maior nas tensões de 0,06, 0,33 e 1,00 bar em comparação com o solo sob preparo convencional. Sob plantio direto o conteúdo de água na capacidade de campo, considerada ao nível de 0,33 bar, nas profundidades de 0-10cm, 11-20cm e 21-30cm superou o convencional em 31%, 20% e 5%, respectivamente. O preparo reduzido com arado escarificador, ocupou uma posição intermediária, sem diferir estatisticamente dos demais. Isso pode ser explicado pela melhor estrutura do solo no plantio direto; o preparo convencional pulveriza o solo reduzindo o tamanho dos agregados e a capacidade de retenção de água.

A maior capacidade de retenção de água, aliada à menor perda de água por erosão e evaporação, faz com que os sistemas de plantio direto e preparo reduzido do solo apresentem mais água disponível às plantas que o sistema convencional.

QUADRO 7 - Valores de umidade do solo obtidos a diferentes tensões após quatro anos de preparo convencional, escarificação e plantio direto, em latossolo roxo distrófico.

Preparo	Tensão (bar)		
	0,06	0,33	1,00
	%		
		3-10cm	
Convencional	36,4	30,8	29,0
Escarificação	39,2(1)	34,6(1)	32,6(1)
Plantio direto	44,7(1)	40,3(1)	38,2(1)
		11-20cm	
Convencional	38,9	33,2	31,4
Escarificação	42,6(1)	38,0	35,9(1)
Plantio direto	43,3(1)	39,9(1)	38,1(1)
		21-30cm	
Convencional	43,3	39,1	37,7
Escarificação	42,8	39,1	37,9
Plantio direto	45,5(1)	41,0(2)	39,5(2)

(1) Diferença significativa ao nível de 1%.

(2) Diferença significativa ao nível de 5%.

FONTE: SIDIRAS et alii, 1982.

Num experimento realizado em Campinas, verificou-se que o plantio direto e o preparo reduzido apresentaram maior umidade no solo, especialmente em período de seca prolongada. A Figura 5 apresenta as curvas de umidade para os três sistemas de preparo nas profundidades de 0-10cm e 10-30cm, durante a cultura de milho no ano de 1986/87, tendo aveia-preta (*Avena strigosa*) e mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) como culturas de inverno.

Após o plantio em novembro, houve um período prolongado de seca, quando o plantio direto apresentou 7% a mais de umidade em relação ao convencional. Tal fato impediu o ataque da lagarta-elasmo no milho em plantio direto, enquanto que no convencional a infestação foi crítica, prejudicando o "stand". Novamente em janeiro, por ocasião do florescimento, um período de estiagem mostrou a diferença acentuada entre os tratamentos. Na profundidade de 10-30cm as

diferenças ainda se mantêm, embora menos pronunciadas. Ao comparar as curvas de umidade do plantio direto da mucuna e da aveia-preta, nota-se que esta última é sempre superior. Embora a mucuna-preta possa produzir a mesma quantidade de massa da aveia, sua decomposição após o corte é muito rápida (baixa relação C/N), não formando uma boa cobertura e não permitindo um bom controle da umidade e da emergência de ervas daninhas.

Secas ocasionais podem ocorrer durante a estação das chuvas, afetando sensivelmente a produção das culturas. Melhores condições de umidade desde o início, sob plantio direto ou preparo reduzido do solo, dão mais flexibilidade de trabalho e reduzem o risco de colheitas frustrantes.

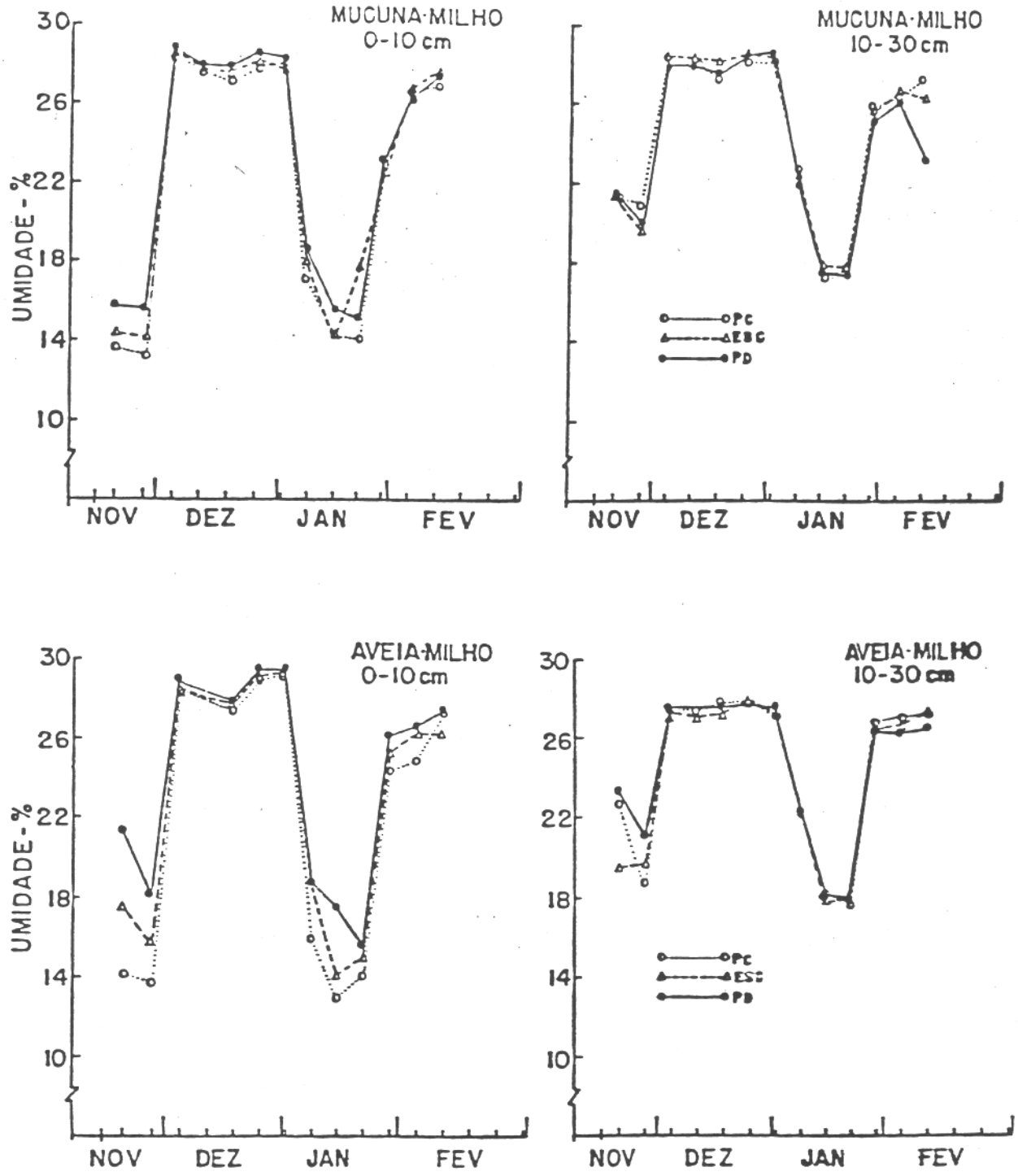


Figura 5. Umidade do solo durante o ciclo do milho em diferentes sistemas de manejo.
FONTE: CASTRO (1989).

4.4 Temperatura do solo

Outro fator influenciado pela cobertura morta é a temperatura do solo, que em nossas condições adquire importância vital, devido às altas temperaturas que ocorrem no verão. Num dia normal de verão a diferença térmica do solo em terras com e sem cobertura pode ultrapassar diversos graus centígrados.

Diversos trabalhos atestam a eficiência do plantio direto em manter a temperatura do solo mais estável, mas isto é dependente da quantidade e durabilidade da cobertura morta. Em determinações realizadas num latossolo roxo de Campinas (SP), verificou-se que o plantio direto de milho após a crotalária apresentava temperaturas a 5cm de profundidade muito próximas ao sistema de preparo convencional e escarificador.

Quando a cobertura morta utilizada foi aveia-preta, observaram-se grandes diferenças entre os sistemas de preparo. Enquanto o plantio direto apresentou uma temperatura máxima de 29°C das 13 às 15 horas, os solos preparados apresentaram 39°C no mesmo horário. Por outro lado, a amplitude no plantio direto foi de 5°C, enquanto que nos solos sob preparo apresentaram uma amplitude térmica de 13°C (Figura 6). Esse aquecimento excessivo do solo no início de desenvolvimento da cultura pode comprometer seriamente a absorção de nutrientes.

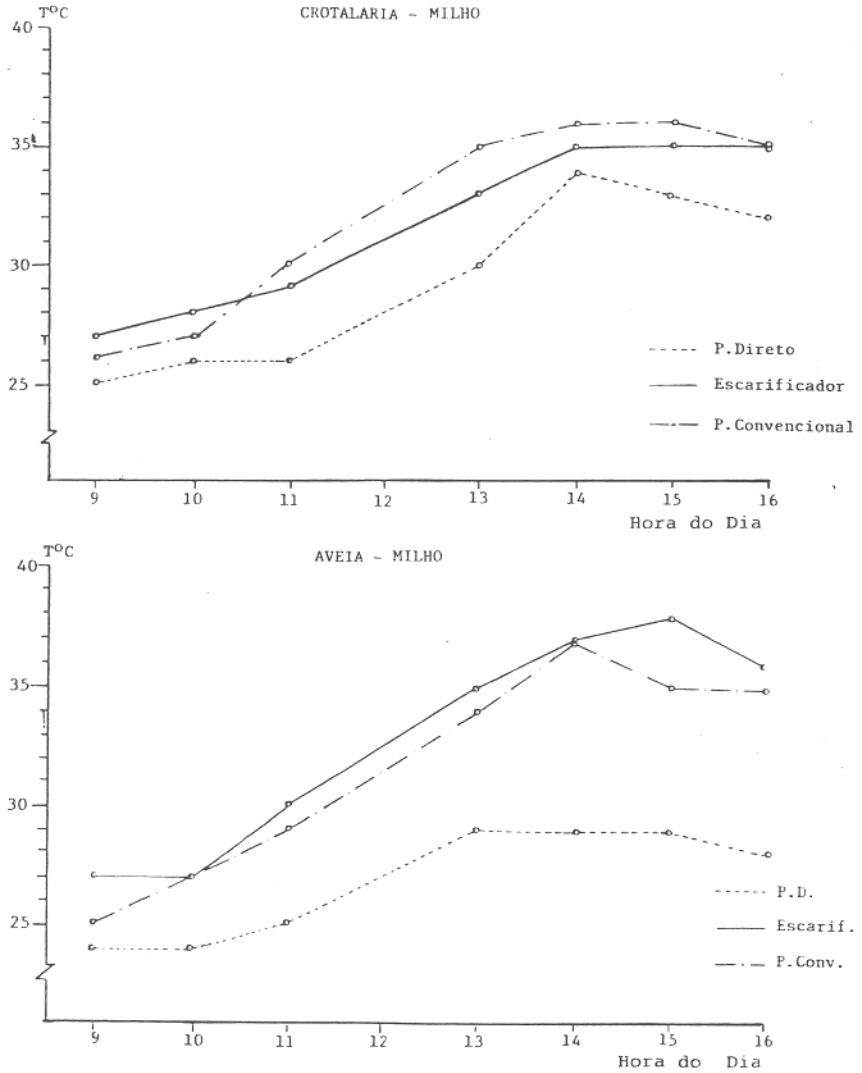


Figura 6. Curva de temperatura do solo a 5cm de profundidade em três sistemas de preparo, após emergência do milho, em latossolo roxo.
FONTE: CASTRO (1988).

5 INFLUÊNCIA DE SISTEMAS DE PREPARO NA FERTILIDADE DO SOLO

Pesquisas realizadas em solos de clima temperado comparando o plantio direto com o preparo convencional, têm mostrado grandes diferenças no efeito desses sistemas sobre propriedades químicas do solo. A ausência de sua movimentação periódica sob plantio direto pode levar a uma concentração de substâncias orgânicas nas camadas mais superficiais, provenientes da decomposição dos resíduos vegetais e da adubação química, especialmente fósforo, potássio e magnésio. Resultados semelhantes, especialmente quanto ao acúmulo de nutrientes, têm sido obtidos em condição de clima tropical úmido, tanto na África como no Brasil.

Para quantificar os efeitos que esses dois tipos contrastantes de preparo têm nas características físicas e químicas do solo, é imprescindível que se estabeleçam estudos regionais, já que os efeitos são função do solo, da quantidade de resíduos deixados na superfície, do clima e das culturas utilizadas.

Desse modo, alguns trabalhos vêm sendo realizados em diferentes regiões, no sentido de caracterizar o efeito de diferentes sistemas de preparo na fertilidade do solo; mudanças na adubação utilizada podem ser feitas em função dos resultados observados.

5.1 Matéria orgânica

O sistema de preparo do solo exerce grande influência no aumento ou perda de matéria orgânica do solo, pois, em função do grau de mobilização do solo, tem-se maior ou menor incorporação dos restos vegetais, transporte por erosão e perdas por combustão do material orgânico e do húmus. No Quadro 8 verifica-se que a maior mobilização do solo pela grade pesada e arado de disco permitiram maior erosão hídrica, com conseqüente empobrecimento da matéria orgânica do solo e de nutrientes, visto que a produção foi menor nesses sistemas em relação ao escarificador. Por outro lado, no ano agrícola 85/86, fez-se o preparo reduzido todo o ano, as perdas por erosão foram menores e o teor de matéria orgânica cresceu, mostrando que práticas de preparo mais reduzido nesses solos, muito erodíveis, podem manter a matéria orgânica num nível aceitável, garantindo melhor fertilidade desses solos.

QUADRO 8 - Produção de milho, perdas de solo e teor de matéria orgânica em diferentes preparos em podzólico vermelho-amarelo, textura arenosa/média.

Tipo de preparo	Produção de milho	Perdas de solo	Matéria orgânica	
			1983	1986([1])
	kg/ha	t/ha	%	%
Grade pesada	2.100	56,2	0,6	1,2
Arado de disco	3.100	49,8	0,6	1,2
Grade leve	2.700	22,4	0,8	1,3
Escarificador	3.600	22,5	1,2	1,3

([1]) **Nesse ano toda a área com preparo reduzido(escarificada)**

FONTE: CASTRO et alii (1987).

Quando se fala de preparo do solo e manejo de restos culturais, o sistema que surge como mais eficiente para manter níveis altos de matéria orgânica no solo é o plantio direto. Mas essa eficiência é dependente de solo e clima.

No Quadro 9 temos os dados de matéria orgânica de um latossolo de textura média de Casa Branca (SP), sob plantio direto e convencional, onde após três anos de cultivo com soja/trigo-milho em seqüência, não houve diferenças entrepreparos no teor de matéria orgânica. Considerando o

teor médio de matéria orgânica entre a profundidade zero e 30cm, verificamos que o convencional tem 1,6% e o plantio direto de 1,3%. Portanto, a perda de matéria orgânica na superfície é muito maior do que se fosse incorporada no solo. Nesse caso, o sistema de plantio direto pode ser inviável já que ele perde a eficiência no controle de ervas daninhas, da umidade e da temperatura. Deve-se trabalhar com gramíneas de alta produção de massa para viabilizar o sistema ou adotar sistemas de preparo reduzido do solo onde a cobertura morta não é fundamental.

QUADRO 9 - Teores de matéria orgânica em função do tipo de preparo em latossolo vermelho-escuro, textura média .

Profundidade	Matéria orgânica	
	Plantio direto	Preparo convencional
cm	%	%
0 - 5	1,7a	1,7a
5 - 10	1,3a	1,6a
10 - 20	1,3a	1,4a
20 - 30	1,1a	1,3a
30 - 50	1,1a	1,1a

Números seguidos pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% (Tukey), na mesma profundidade.

FONTE: CASTRO et alii (1987).

Já em solos argilosos, embora com o mesmo tipo de clima, é possível evidenciar o acúmulo de matéria orgânica no plantio direto em relação ao preparo reduzido com escarificador e preparo convencional (Figura 7). Mas em todos eles fica evidente a queda da matéria orgânica com o passar do tempo em todas as profundidades, mostrando que o volume de resíduos não é suficiente para compensar as perdas que ocorrem.

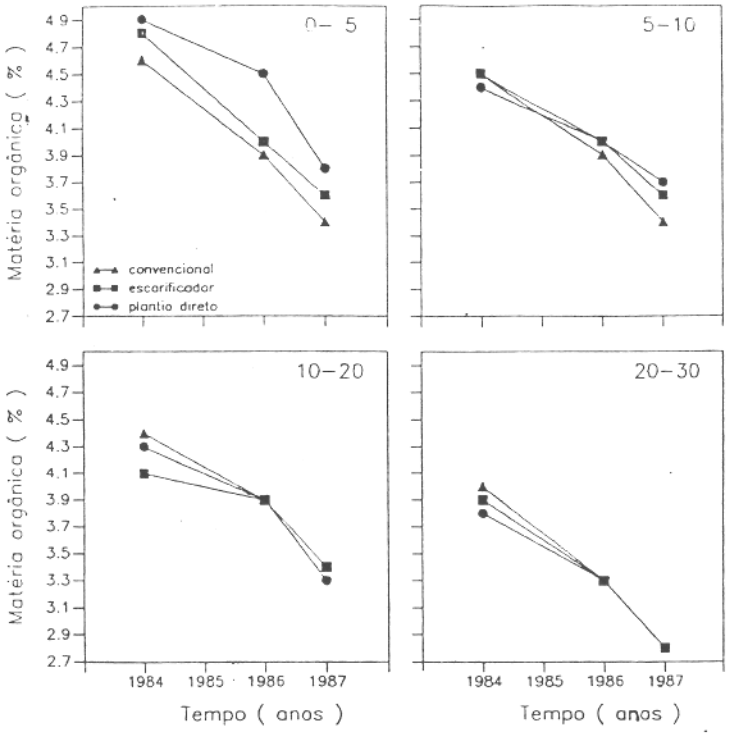


Figura 7. Distribuição de matéria orgânica do solo em diferentes profundidades em função do tempo e sistema de preparo, em latossolo roxo distrófico, em Campinas-SP.

FONTE: Seção de Conservação do Solo, IAC (1987).

De tudo que foi analisado, as práticas de preparo do solo são as mais atuantes sobre a quantidade de matéria orgânica do solo e onde o agricultor tem mais facilidade para alterá-la. Assim, práticas de preparo reduzido do solo mantêm níveis mais altos de matéria orgânica no solo, graças, principalmente a redução no transporte por erosão, permitindo um nível mais elevado da CTC do solo, muito dependente da matéria orgânica, com conseqüente aumento na fertilidade do solo e melhor aproveitamento dos adubos químicos adicionados.

5.2 Distribuição do fósforo

Sistemas de preparo que promovem uma menor movimentação do solo tendem a provocar aumentos na disponibilidade de fósforo, especialmente na camada arável. O maior contato entre o adubo e as partículas do solo, provocado pelo preparo convencional, faz com que o fósforo disponível seja imobilizado pela argila e sexquióxidos de Fe e Al. Assim, verifica-se pelo Quadro 10 que o plantio direto, e também o preparo com escarificador, têm provocado acúmulos de fósforo nas camadas mais superficiais e, na média do perfil há maior quantidade de fósforo disponível, evidenciando a menor perda do elemento para o complexo coloidal do solo.

QUADRO 10 - Efeito de três sistemas de preparo do solo na distribuição de fósforo (resina) em latossolo roxo sob cultivo de aveia-preta - rotação soja/milho. (5º ano).

Profundidade	Plantio direto	Escarificador	Arado de disco
cm		ppm	
0- 5	27a	21a	21a
5-10	32a	25ab	20b
10-20	24a	22a	21a
20-30	14a	13a	12a
Média 0-30	24	20	18

Números seguidos pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% (Tukey), na mesma profundidade.
FONTE: CASTRO, 1988.

5.3 Distribuição do potássio

A influência dos sistemas de preparo do solo na distribuição de potássio é muito dependente das características do solo. Em alguns casos, sistemas como o plantio direto levam a maiores acúmulos de potássio na superfície que o sistema de preparo convencional, à semelhança do que ocorre com o latossolo vermelho-amarelo argiloso (60% de argila), Quadro 11. Em outras condições, como no latossolo textura média (26% de argila) (Quadro 11), tal fato não ocorre. Mesmo em solos argilosos que apresentam boa drenagem interna, às vezes não se observam aumentos no teor de potássio trocável nas camadas superficiais, quando se faz preparo reduzido do solo. Um exemplo está no Quadro 12, onde se verifica que os três sistemas de preparo do solo testados não influenciaram a distribuição de potássio ao longo do perfil.

Como o potássio apresenta certa mobilidade no solo, em condições de boa drenagem e/ou menor capacidade de retenção de cátions do solo, como em solos mais arenosos, ele pode ser transportado para camadas inferiores do perfil do solo.

QUADRO 11 - Distribuição de potássio trocável, após três anos de cultivo convencional (conv.) e plantio direto (P.D.) em latossolo vermelho-amarelo, textura argilosa (LV-argilosa) e textura média (LV-média).

Profundidade	LV-argilosa		LV-média	
	Conv.	P.D.	Conv.	P.D.
cm	meq/100g			
0- 5	0,55a	0,79b	0,25a	0,26a
5-10	0,38a	0,49b	0,11a	0,13a
10-20	0,21a	0,19a	0,08a	0,08a
20-30	0,14a	0,11a	0,07a	0,07a
30-50	0,12a	0,10a	0,05a	0,05a

Números seguidos pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% (teste t), na mesma profundidade, para um mesmo solo.
FONTE: CASTRO et alii, 1987.

QUADRO 12 - Efeito de três sistemas de preparo do solo na distribuição de potássio em latossolo roxo sob cultivo de aveia-preta - rotação soja/milho (5º ano).

Profundidade	Plantio direto	Escarificador	Arado de disco
cm		meq/100cm^3	
0 - 5	0,21a	0,20a	0,21a
5 - 10	0,18a	0,19a	0,17a
10 -20	0,12a	0,13a	0,14a
20 -30	0,11a	0,11a	0,11a

Números seguidos pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% (Tukey), na mesma profundidade.
FONTE: CASTRO, 1988.

5.4 Distribuição de cálcio, magnésio e efeitos na acidificação

Em áreas onde se faz plantio direto ou preparo reduzido do solo, o aumento de cálcio e magnésio nas camadas mais superficiais só aparece após um período prolongado de uso desses sistemas, pela reciclagem de nutrientes que as culturas promovem, trazendo-os das camadas inferiores e depositando-os na superfície, via restos vegetais.

Nessas condições observa-se, em alguns casos, uma acidificação nas camadas superficiais do solo quando se usam esses sistemas de cultivo. A principal causa para isso, é o emprego de adubos nitrogenados em cobertura, quando se cultiva gramíneas, como milho e trigo. Esse efeito é mais acentuado em solos arenosos, pois devido ao menor teor de matéria orgânica do solo, são utilizadas doses mais pesadas de adubo em cobertura, acentuando o efeito de acidificação. Isso pode ser observado no Quadro 13.

QUADRO 13 - Distribuição de cálcio, magnésio e pH, após três anos de cultivo convencional e plantio direto em latossolo vermelho-amarelo textura argilosa (LV-argilosa) e textura média (LV-média).

Profundidade	LV-argilosa		LV-média	
	Conv.	P.D.	Conv.	P.D.
cm		Cálcio-meq/100g		
0- 5	2,7a	2,6a	2,1a	2,4a
5-10	2,8a	2,8a	2,0a	2,1a
10-20	1,8a	2,0a	1,7a	1,9a
20-30	0,9a	0,8a	1,2a	1,2a
30-50	0,9a	0,8a	0,5a	0,2a
		Magnésio-meq/100g		
0- 5	1,4a	1,3a	0,6a	0,7a
5-10	1,2a	1,1a	0,5a	0,5a
10-20	0,9a	0,8a	0,5a	0,6a
20- 30	0,5a	0,2a	0,4a	0,4a
30-50	0,4a	0,2a	0,2a	0,2a
		pH - H_2O		
0- 5	6,0a	5,9a	6,5a	6,0a
5-10	5,9a	5,9a	6,4a	6,2a
10-20	5,4a	5,5a	6,3a	6,3a
20-30	5,0a	5,0a	5,9a	6,0a
30-50	5,0a	5,0a	5,0a	5,0a

Números seguidos pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% (teste t), na mesma profundidade, para um mesmo solo.

FONTE: CASTRO et alii 1987.

No latossolo vermelho-amarelo argiloso (60% de argila), os teores de cálcio e magnésio são praticamente iguais quando se compara o sistema de plantio direto e preparo convencional, não se observando também diferenças no pH, para as mesmas profundidades. Já no solo latossolo vermelho-amarelo de textura média (26% de argila), os teores de cálcio e magnésio não diferem entre os sistemas de preparo, mas o pH apresenta uma queda acentuada no plantio direto nas camadas superficiais. Embora nos dois solos se utilizassem as mesmas culturas no verão (milho em rotação com soja) e no inverno (trigo), no solo de textura média a adubação de cobertura era 50% maior que no solo argiloso. Isso pode ter ocasionado maior acidificação no plantio direto, pois no plantio convencional o preparo periódico do solo dilui esse efeito dos adubos nitrogenados utilizados em cobertura. Mas essa acidez pode ser corrigida fazendo-se uma calagem superficial no plantio direto, não sendo necessária a incorporação do corretivo.

Numa situação como essa, em que se faz a calagem sem incorporação do corretivo (plantio direto), ou com incorporação parcial (escarificação), as análises vão revelar uma grande diferença nos teores de cálcio e magnésio em relação ao convencional. Exemplo disto, aparece no experimento onde se fez uma calagem leve (2,5t/ha de calcário dolomítico) dois anos antes dessa avaliação (Quadro 14). Observa-se uma maior disponibilidade de cálcio e magnésio no plantio direto, em relação ao solo preparado com escarificador e arado de disco (convencional), influenciando também o pH do solo.

QUADRO 14 - Efeito de três sistemas de preparo do solo na distribuição de cálcio, magnésio e pH, em latossolo roxo sob cultivo de aveia-preta - rotação soja/milho (5º ano).

Profundidade	Plantio direto	Escarificador	Arado de disco
cm		Cálcio-meq/cm^3	
0- 5	6,8a	4,2b	3,8b
5-10	5,9a	4,5b	3,9c
10-20	4,5a	4,0b	3,9b
20-30	3,1a	3,1a	3,0a
		Magnésio-meq/100cm^3	
0- 5	2,2a	1,4b	1,4b
5-10	1,8a	1,5b	1,4b
10-20	1,4a	1,4b	1,4b
20-30	1,2a	1,1a	1,1a
		pH-$CaCl_2$	
0- 5	6,4a	5,8b	5,8b
5-10	6,3a	5,9b	5,8b
10-20	5,9a	5,9a	5,7a
20-30	5,6a	5,5a	5,5a

Números seguidos pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% (Tukey), na mesma profundidade.
FONTE: CASTRO (1988).

A calagem em plantio direto ainda é uma questão polêmica. Embora se recomende a calagem com incorporação profunda do corretivo, antes de iniciar o plantio direto, com o passar dos anos há uma queda do pH e, em alguns casos, surgem problemas com AL^{3+}.

Muitos agricultores, que estão com o plantio direto estabelecido e se vêem diante desse problema, aplicam doses leves de calcário (1,5 a 2,0t/ha) sem incorporá-lo, para não quebrar o sistema. A aplicação de doses pesadas de corretivo pode elevar excessivamente o pH superficial com prejuízo para a absorção de nutrientes pela planta.

6 PRODUTIVIDADE DE ALGUMAS CULTURAS EM MANEJO ALTERNATIVO

A produtividade das culturas anuais de um modo geral é muito baixa, principalmente se comparada com o potencial produtivo das variedades hoje no mercado. Mas a adoção de sistemas de manejo mais adequados as nossas condições de solo e clima, como os apresentados anteriormente, pode levar a produções muito superiores às médias nacionais, com redução de insumos e manutenção ou até mesmo, melhoria da capacidade produtiva do solo.

O Quadro 15 apresenta os resultados obtidos por agricultores do Estado de São Paulo com diferentes sistemas de manejo para algumas culturas. Esses rendimentos são muito superiores à média obtida no Estado e refletem a resposta das culturas quando se adotam práticas de manejo mais racionais, como calagem e adubação adequadas, adubação de cobertura, "stand" correto, preparo reduzido do solo e controle de pragas e moléstias. Tudo isso, muitas vezes com um custo similar ou inferior aos sistemas convencionais de manejo. Os dados apresentados no Quadro 15 são importantes por mostrarem que a tecnologia desenvolvida e testada pela pesquisa agrícola é viável ao nível de produtor com resultados iguais ou até melhores do que aqueles obtidos em campos experimentais.

QUADRO 15 - Alguns exemplos de produtividade em manejos diferenciados no Estado de São Paulo.

Cultura	Manejo	Produtividade
		kg/ha
Soja	PD - trigo	2.480
	PD - rot. c/milho	3.220
	Esc. - rot. c/milho	3.050
Trigo	PD	2.400
	PD - rot. c/soja - esc.	2.950
	PD - rot. - irrigado	5.000
Milho	PD - rot. c/soja	8.700
	Esc. - rot. c/soja	9.500
Algodão	Rotação com soja-milho/mucuna	4.500

PD - Plantio direto; Esc. = Escarificador e rot. = rotação.

FONTE: Seções Técnicas do IAC, comunicação pessoal.

A questão que se levanta é por que uns poucos agricultores adotam essas práticas mais racionais de manejo do solo e a grande maioria ainda trabalha com sistemas de menor potencial produtivo e causando danos severos ao meio ambiente? A resposta por certo tem muitas alternativas:

- falta de recursos ou descapitalização do produtor rural;
- tradicionalismo e resistência a novas técnicas (descrença no moderno);
- falta de difusão das novas tecnologias e/ou estratégia incorreta de difusão, etc.

Assumindo a erosão hídrica como o grande problema ambiental e principal fator limitante à melhoria da produtividade agrícola, o que se fez até hoje foi procurar implementar o uso de práticas mecânicas para controlar a erosão, utilizando principalmente o terraceamento. Essa não foi a melhor estratégia, pois o controle da erosão passa necessariamente pelo controle das causas do excesso de escorrimento superficial, com adoção de práticas que não degradam o solo, sendo o terraceamento uma prática complementar.

Apresenta-se a seguir uma estratégia de ação que procura reunir todos os fatores discutidos nos itens anteriores, como forma não só de controlar a erosão, mas principalmente, estabelecer uma agricultura menos agressiva ao meio ambiente.

7 ESTRATÉGIA PARA UM MANEJO ADEQUADO DO SOLO

A estratégia para se atingir o objetivo de reduzir a erosão do solo em áreas agrícolas e estabelecer um manejo mais racional de solo, cuja problemática é a relatada nos itens anteriores, deve estar centrada em três pontos básicos:

- aumento da cobertura vegetal do solo, visando reduzir a energia do impacto das gotas de chuva contra a superfície, com conseqüente redução da desagregação da estrutura;

- aumento da infiltração de água no perfil do solo, visando reduzir o escorrimento superficial e promover maior disponibilidade de água para as culturas, com conseqüente redução dos riscos e aumento da produção vegetal;

- controle do escorrimento superficial, visando reduzir os danos da erosão por transporte, regular o regime hídrico na bacia hidrográfica e evitar a sedimentação nos mananciais.

Portanto, as ações deverão estar centralizadas nesses três pontos, para que se possa, não só controlar a erosão hídrica e inverter o quadro de degradação do solo e água, mas também, proporcionar uma agropecuária mais racional, equilibrada e sustentada a longo prazo.

Para se aumentar a cobertura vegetal e a infiltração de água, com conseqüente diminuição do escorrimento superficial, a ação deverá estar centralizada na busca do aumento da produção vegetal nos sistemas de produção mais comuns, simplesmente melhorando-os e/ou modificando-os.

Na Figura 8 são definidos alguns meios disponíveis para se atingir maior produção vegetal. Logicamente, dependendo de fatores ambientais, socioeconômicos e dos próprios sistemas de produção, alguns desses meios poderão ter importância diferenciada nos diferentes níveis de planejamento a serem adotados.

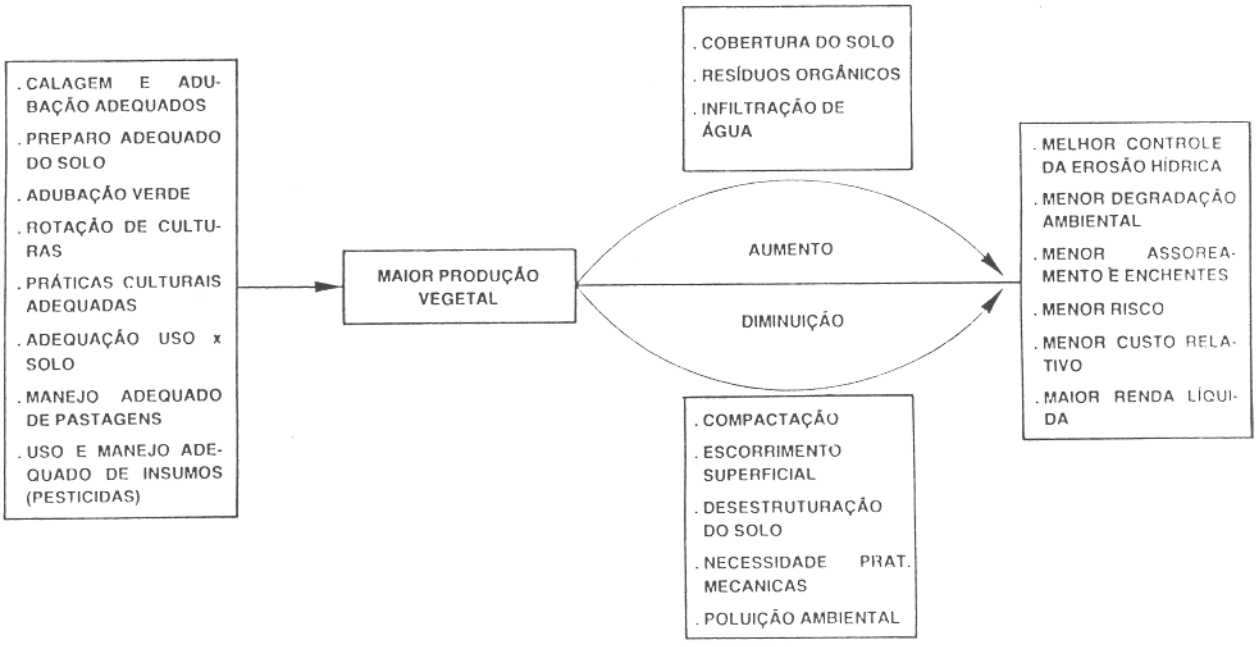


FIGURA 8. Meios disponíveis para atingir maior produção vegetal.

Com maior produção vegetal, busca-se alcançar maior cobertura média do solo ao longo do ano, principalmente nos períodos críticos, e a maior infiltração de água. A adoção dos meios propostos, no entanto, oferecerá oportunidade para se reduzirem os principais fatores de desagregação ambiental, inclusive a necessidade de uso de técnicas de engenharia para controle do escorrimento superficial, tanto em termos de intensidade quanto de dimensões, uma vez que este deverá ser também diminuído.

Como produto final espera-se uma redução drástica do fenômeno erosivo, com reversão do quadro de degradação ambiental. Por outro lado, o aumento da produção vegetal traz a possibilidade de aumento da produtividade agrícola, o que deverá facilitar muito a adoção dos meios propostos. A adoção desses meios promoverá ainda a redução de riscos na agropecuária, com possibilidades de diminuição dos custos médios por unidade produzida e aumento da renda líquida da propriedade.

Adotando-se os meios propostos para conseguir maior produção vegetal, indiretamente estão-se logrando resultados para reduzir significativamente os níveis de degradação do solo, poluição e assoreamento de mananciais e enchentes.

O enfoque de se levar ao agricultor tecnologias que venham beneficiar sua renda, via aumento da produtividade e redução de custos e riscos, deverá assegurar maior índice de participação espontânea às propostas disponíveis. A participação espontânea da comunidade envolvida é de importância fundamental a qualquer projeto, pois, assegura a sua auto-sustentação a médio e longo prazos.

Para se controlar o escorrimento superficial, entendendo-o como um produto da insuficiência dos meios utilizados para aumentar a cobertura e infiltração de água, quando da ocorrência de eventos máximos, a ação deverá estar centralizada na redução da sua velocidade e capacidade de transporte, paralisação do movimento ou sua condução segura. Para isso, alguns meios são os mesmos utilizados para lograr o aumento da produção vegetal, outros são puramente de engenharia.

Finalizando, a conservação do solo e da água não deve ser entendida como prática de uso casual, isto é, o agricultor usa ou não, de acordo com a conveniência do momento. O agricultor usa ou não um determinado inseticida de acordo com a ocorrência da praga. Já, a ciência de manejar solo e água faz parte do próprio processo agrícola. A arte de fazer uma agropecuária bem-feita só pode ser entendida na medida em que preservar solo e água, independente dos altos níveis de produtividade porventura obtidos a curto prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.S. de & RODRIGUES, B.N. **Guia de herbicidas: recomendações para o uso adequado em plantio direto e convencional.** Londrina, IAPAR, 1985. 482p.

ALVARENGA, R.C.; CRUZ, J.C. & PACHECO, E.B. **Preparo do solo. In**: INFORME AGROPECUÁRIO, Belo Horizonte, **13**(147):40-47, 1987.

BLEVINS, R.L.; COOK, D.; PHILLIPS, S.H. & PHILLIPS, R.E. **Influence of no-tillage on soil moisture. In:** Agron. J. 63:593-596, 1971.

CASSOL, E.A. Erosão do solo - **Influência do uso agrícola, do manejo e preparo do solo.** Porto Alegre, Instituto de Recursos Naturais Renováveis, 1984. 40p. (Boletim, 15)

CASTRO, O.M.; LOMBARDI NETO, F.; VIEIRA, S.R. & DECHEN, S.C.F. **Sistemas convencionais e reduzidos de preparo do solo e as perdas por erosão. In:** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10(1):167-171, 1986.

CASTRO, O.M. CAMARGO, O.A. de; VIEIRA, S.R.; DECHEN, S.C.F. & CANTARELLA, H. **Caracterização química e física de dois Latossolos em plantio direto e convencional.** Campinas, Instituto Agronômico, 1987. (Boletim Científico, 11)

CASTRO, O.M.; VIEIRA, S.R. & DE MARIA, I.C. **Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In:** SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA. Anais. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 226p.

CASTRO, O.M. **Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas para milho e soja.** Relatório Técnico Anual. Campinas, Instituto Agronômico, 1988. (mimeo.)

CASTRO, O.M. **Sistemas de preparo do solo para a cultura de milho.** Campinas, Fundação Cargill, 1989. 41p. (Série técnica, 3)

DERPSCH, R. **Alguns resultados sobre adubação verde no Paraná. In:** Adubação verde no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, p.268-279. 1984.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, M. & ROTH, C.H. **Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná,** Brazil. Soil Till. Res., 8:253-263, 1986.

FUNDAÇÃO CARGILL. **Aspectos de manejo do solo**. Campinas, 1985. 97p.

LAL, R. **Rate of mulching techniques soil and water management.** Ibadan, Nigéria, IITA, 1975. 38p. (Bulletim, 1)

MAZUCHOWSKI, J.Z. & DERPSCH, R. Guia de preparo do solo para culturas anuais mecanizadas. Curitiba, ACARPA, 1984. 68p.

MANNERING, J.V. & BURWELL, R.E. **Tillage methods to reduce runoff and erosion in Corn Belt.** Agriculture Information Bulletin 330, USDA, 14p. 1968.

MUZILLI, O. **Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. In:** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 7(1):95-102. 1983.

PHILLIPS, R.E. & PHILLIPS, S.M. **No-tillage agriculture, principles and practices.** New York, van Nostrand Reinhold, 1984. 306p.

SEÇÃO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO. Instituto Agronômico. Relatório Técnico Anual. Campinas, SP, Instituto Agronômico, 1987. 54p. (mimeo.)

SIDIRAS, N.; HENKLAIN, J.C. & DERPSCH, R. **Comparison of three different tillage systems with respect aggregate stability, the soil and water conservation and the yields of soybean and wheat on an Oxisol. In:** THE 9th CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOIL TILLAGE RESEARCH ORGANIZATION, ISTRO, Osjek, Yugoslavia 1982. p.537-574.

FORMAÇÃO E MANEJO DE PASTAGENS

José Carlos de Moura ([1])

1 FORMAÇÃO DE PASTAGEM

Os processos de formação de pastagens obedecem a determinadas etapas, algumas indispensáveis, na dependência de condições locais. Em síntese, tais etapas são descritas a seguir.

1.1 Limpeza do terreno

Os procedimentos adotados variam de acordo com a cobertura do terreno. Em se tratando de cerrado, procede-se à destoca e ao enleiramento em nível, em linhas interrompidas e desencontradas, para melhor controle da erosão e facilidade de movimentação de máquinas e animais.

Normalmente, as madeiras de cerrado, que não tenham aproveitamento nobre e cuja utilização para lenha seja antieconômica, devem ser queimadas. Nesse último caso, é preciso lançar as sementes ou plantar as mudas de forrageiras imediatamente após a queima e as primeiras chuvas, porque, devido à impossibilidade ou dificuldade de preparo do solo na faixa ocupada pela leira, ocorre a germinação ou brotação de plantas indesejáveis, com prejuízo para o estande da futura pastagem.

Nos terrenos cobertos com grama-batatais (Paspalum notatum Flugge), procede-se à aração rasa na entrada da seca, operação repetida tantas vezes quantas necessárias para a erradicação dessa gramínea.

Leva-se em consideração nos terrenos em que há presença de arbustos, que a aplicação do arbusticida, mesmo matando a planta, não evita o arrancamento posterior, visto que a utilização posterior de máquinas exige o terreno destocado e limpo. O controle através de herbicidas somente é recomendável após o plantio.

1.2 Práticas conservacionistas

Quando as condições de declividade, estrutura e textura do solo exigirem a adoção de práticas mecânicas de conservação, recomenda-se a construção de terraços. Esses devem ser construídos durante o período seco, garantindo a estabilização, antes da ocorrência de chuvas.

A cobertura vegetal dos terraços deve ser a mesma da pastagem e não de outra gramínea ou leguminosa, para evitar que o gado caminhe predominantemente pelos terraços ou entre eles.

1.3 Aplicação de calcário

É importante a distribuição uniforme do calcário e sua incorporação ao solo. Por ocasião da formação da pastagem, existe essa possibilidade, que não se repetirá posteriormente, a menos que o pasto entre em degradação e necessite de reforma.

A calagem é feita quando do preparo do solo, antecedendo de 2 a 3 meses do plantio.

([1]) Engº- Agrº, SAA/CATI/DEXTRU-CTPA.

1.4 Controle de formigas e cupins

As iscas granuladas são indicadas no controle das formigas e cupins. Recomenda-se que esse controle seja feito no período da seca.

1.5 Preparo do solo

O terreno deve ser suficientemente preparado para receber uma cultura.

Deve-se evitar o inconveniente de aração próxima ao plantio, por não haver tempo para decomposição da massa verde incorporada ao solo, o que poderá prejudicar o plantio e o desenvolvimento inicial da forrageira. É indispensável proceder-se à gradagem pré-plantio para eliminar sementeiras de ervas daninhas.

As operações de preparo do solo, em terrenos erodíveis, devem ser realizadas depois que a gleba estiver protegida contra a erosão.

As arações e gradagens são efetivadas de julho em diante, na dependência da extensão dos trabalhos e da maquinaria disponível.

1.6 Plantio e fertilização

Nessas operações, parte-se de três premissas:

- a necessidade de reposição ou elevação da fertilidade do solo, principalmente no que diz respeito ao fósforo;
- a conveniência de utilização de sementes de valor cultural conhecido e mudas (colmos e estolhos) com boas gemas de brotação, isentas de pragas e doenças;
- a conveniência de utilização de máquinas para plantio.

As máquinas utilizadas no plantio de sementes devem proporcionar distribuição uniforme dessas sementes e dos fertilizantes, em linha ou a lanço, promovendo a compactação do solo antes e depois da queda das sementes.

A preferência tem sido dada para plantio em linha, por proporcionar maior concentração do adubo no solo, junto às sementes, e maior uniformidade ao estande.

É importante considerar que, quando não se dispõe de máquina para proceder à distribuição uniforme e isolada de fertilizantes e sementes, recomenda-se fazer a mistura homogênea de fertilizantes fosfatados e sementes e utilizá-la imediatamente.

O espaçamento usado nos plantios mecanizados, com utilização de sementes, é de 20cm entrelinhas, evidenciando resultados satisfatórios com as gramíneas *Panicum maximun* Jacq., *Brachiaria decumbens* Stapf e *Chloris gayana* Kunth.

Especificamente no que diz respeito ao método CATI de formação de pastagens, desenvolvido pelos agentes de assistência técnica de São Paulo, as quantidades de sementes de gramíneas e leguminosas por hectare são obtidas através de fórmulas empíricas. Tomando-se como exemplos o colonião (*Panicum maximun* Jacq.) e o siratro (*Phaseolus atropurpureus*) ou soja perene (*Glycine wightii*), teríamos:

$$\text{Kg de sementes de colonião por hectare} = \frac{160}{\text{valor cultural}}$$

$$\text{Kg de sementes de siratro ou soja perene por hectare} = \frac{210}{\text{valor cultural}}$$

As espécies que se multiplicam por colmos (Napier, *Pennisetum purpureum* Schum.) ou estolhos (pangola, *Digitaria decumbens* Stent.) são plantadas em sulcos espaçados de até 0,80-1,00 metro.

O planejamento do plantio é importante, pois uma área que vai-se constituir num pasto ou piquete deve ser semeada ou plantada dentro de um período curto de tempo, para evitar problemas de manejo de formação. Assim, as áreas são plantadas em função das divisões futuras.

A época mais recomendada para o plantio coincide com o período de chuvas mais uniforme. Isso pode ocorrer a partir de novembro até meados de março. É conveniente evitar o plantio no início das chuvas, devido a possíveis estiagens e assoreamento causados por chuvas pesadas. Também é conveniente evitar o plantio tardio, além de meados de março, devido à deficiência de chuvas e declínio da temperatura.

As causas mais comuns de insucesso têm sido: utilização de sementes de baixo valor cultural, compactação deficiente, assoreamento, seca prolongada após início de germinação.

Na fase inicial da pastagem, em terras usadas em lavouras, há grande competição de ervas daninhas, dando impressão de insucesso. Constatando-se estande razoável da forrageira, não há necessidade de nenhuma providência, pois essa irá prevalecer.

O primeiro pastejo ocorrerá de 60 a 120 dias da semeadura ou plantio, na dependência da espécie forrageira, espaçamento, fertilidade do solo, época de plantio, condições meteorológicas, etc. Em se tratando de pastagens consorciadas, a primeira utilização deve ser antecipada, com o objetivo de favorecer a penetração de luz para a leguminosa.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MOURA, J.C. de; SARTINI, H.J.; KUHN NETO, J.; CORSI, M. & D'AMICO, R.C.D. **Produção de forragens.** Campinas, CATI. (Impresso Especial) 1989. 51p.

2. MANEJO DE PASTAGENS

Hélio Jesses Sartini (1)
Jorge Kuhn Neto (2)
José Carlos de Moura (2)
Moacyr Corsi (3)

2.1 Primeira utilização

A utilização de uma pastagem recém-formada deve ser feita com certo cuidado, permitindo que a mesma atinja um crescimento aéreo suficiente para garantir um bom desenvolvimento radicular. O pastejo leve proporciona boa quantidade de tecido fotossintetizante remanescente, permitindo uma rebrotação rápida e vigorosa.

No capim-colonião, formado pelo método CATI, os animais devem entrar no pasto quando esse atingir 50-60cm de altura, com o objetivo principal de permitir luz para a leguminosa. Dessa maneira, o manejo deve ser feito em função da permanência da leguminosa. O rebaixamento é feito até 20-30cm de altura, permanecendo os animais na pastagem até o período máximo recomendável (ver item 2.4), quando deverão ter consumido toda a forragem disponível (folhas), sobrando, eventualmente, as hastes do capim e plantas invasoras.

O uso da roçadeira, após o primeiro pastejo, é indicado quando:

- houver plantas invasoras perenes que brotam juntamente com a forrageira;
- o estande inicial é reduzido e necessita de estímulo ao perfilhamento. Observa-se que o uso da roçadeira causa lesões às plantas; portanto a necessidade de um período de repouso maior para o perfilhamento das mesmas.

Em pastagem de Napier consorciado com leguminosa, a primeira utilização obedece a critérios análogos aos de colonião consorciado. Na ausência de consorciação, caso haja necessidade de melhorar o estande inicial, o primeiro pastejo poderá ir até 70-80cm, utilizando-se, logo a seguir, o rolo-faca ou grade pesada, em períodos de precipitação elevada(normalmente, até fevereiro).

Pangola, braquiária e estrela-da-áfrica, consorciados ou não, devem sofrer o primeiro pastejo quando o solo estiver coberto. Os animais devem ser retirados quando o pasto baixar para 10-15cm de altura.

Nos pastos de capins gordura e jaraguá, consorciados ou não, o gado entra com 40cm e sai quando o capim baixar até 15-20 centímetros. O primeiro pastejo ocorre, aproximadamente, aos 120 dias da semeadura.

Acentua-se que, em presença de leguminosas consorciadas com gramíneas cespitosas, o pastoreio deve ser baixo para possibilitar o estabelecimento e permanência das leguminosas. Pastoreios muito baixos e freqüentes em gramíneas estoloníferas favorecem essas, em prejuízo das leguminosas consorciadas.

As alturas máximas preconizadas devem ser tomadas apenas como orientação, já que os dados experimentais tomados por base não foram obtidos nas diferentes condições de manejo, solo e clima.

(1) Engº-Agrº, SAA/CPA-IZ
(2) Engº-Agrº, SAA/CATI/DEXTRU/CTPA
(3) Engº-Agrº, ESALQ/USP

2.2 Utilização normal

Após o primeiro pastejo, e durante o crescimento ativo das espécies, existem princípios gerais que orientam as práticas de manejo, mesmo quando não se dispõe de dados específicos para determinada forrageira. Com relação às gramíneas cespitosas, é interessante considerar a quantidade de tecido fotossintetizante remanescente após o corte ou pastejo. Sabe-se que tais espécies acumulam reservas orgânicas, principalmente na base dos colmos; portanto, uma certa porção de base de colmos deve ser preservada como órgão de armazenamento. Essa altura de corte ou pastejo tem implicações, também, na absorção de nutrientes, na absorção de água e na quantidade de tecido fotossintetizante (área foliar) que permanece após o corte.

O intervalo entrecortes deve ser suficiente para uma boa recuperação da pastagem. Não deve ser suficientemente longo a ponto de diminuir, em muito, o valor nutritivo da forragem e a ponto de prejudicar a rebrotação pela morte de tecido fotossintetizante na base das plantas, importante do ponto de vista da intercepção de luz.

Com espécies de hábito prostrado, como a pangola, os cuidados quanto à altura de corte não precisam ser os mesmos que foram mencionados para espécies cespitosas. Entretanto, alguns resultados experimentais têm demonstrado as vantagens de um intervalo maior entrecortes ou pastejos para uma maior acumulação de matéria seca.

O gado deve ser colocado no pasto de colonião consorciado, formado pelo método CATI, quando esse pasto atingir 60-80cm de altura, e permanecer até 30-40cm, assegurando, com esse procedimento, a sobrevivência da leguminosa. É importante considerar que, respeitando os 30-40cm de altura mínima, sempre restará área foliar fotossintetizante, favorecendo o início de rebrota.

O pasto de napier consorciado com leguminosa deve ser manejado dentro dos mesmos critérios, isto é, deve ser mantido entre 60-80cm (entrada dos animais) e 30-40cm (saída dos animais).

Desde que não haja leguminosas em consorciação, o manejo deve ser controlado pelo tempo de ocupação e pelo período de descanso recomendáveis para cada forrageira.

Os pastos, de qualquer espécie, devem ser roçados, quando necessário, durante os meses de agosto, setembro e outubro, com o objetivo de controlar as invasoras. Quando se roça em outras épocas, essas invasoras são podadas e não destruídas, além de se reduzir a estação de florescimento da forrageira. A roçada das pastagens de napier, antes da rebrota das águas, possibilita a remoção dos colmos velhos, com poucas gemas de brotação, ao mesmo tempo em que força uma rebrota na área basal da planta.

2.3 Dimensionamento dos piquetes

O dimensionamento dos piquetes será em função da produção de forragem no pasto e do rebanho a alimentar.

Piquetes com até 10-12ha apresentam as seguintes vantagens:

a) as aguadas se localizam a distâncias menores dos pontos extremos;

b) as condições do estande são prontamente visualizadas;

c) em decorrência de "b", controla-se melhor a velocidade de rotação.

No que se refere à forma dos piquetes, estabeleceu-se que:

a) sempre que houver possibilidade, recomenda-se a forma quadrada;

b) não sendo possível o quadrado, é possível o retângulo, sem grande desproporção entre o comprimento e a largura;

c) deve-se evitar a disposição em leque, pela disparidade de utilização nos vários pontos da área.

2.4 Tempo de ocupação

Consideram-se, como períodos máximos recomendáveis, os seguintes:

- colonião: 7-10 dias

- napier: 3-7 dias

- demais: 3-7 dias

A utilização pelo período máximo vai depender de maior ou menor precisão na avaliação da forragem disponível, evitando-se que o rebanho persista em pastoreio até o consumo da rebrota. Caso ocorra o consumo de rebrota, o manejo deve ser revisado, objetivando aumento do número de animais e/ou aumento do número de divisões.

Em qualquer tipo de pastagem, caso sobrem áreas não pastadas, a correção deve ser feita através de algumas medidas, tomadas isoladamente ou em conjunto:

a) divisão da pastagem ou aumento do número de divisões;

b) uso de condicionamento do pastejo (ver item 2.8);

c) aumento do número de animais;

d) duração do tempo de ocupação.

2.5 Períodos de descanso

Para a obtenção de elevada produção de matéria vegetal, é essencial que se estabeleçam intervalos definitivos para os cortes sucessivos, com duração variável, de acordo com a época do ano e espécie forrageira. Essa prática tem justificativa teórica nas características do índice de área foliar, na intercepção de energia solar pela forragem e na capacidade das plantas de armazenar reservas provenientes da atividade metabólica das folhas.

Quando o teor de elementos minerais no solo é alto, o corte das folhas não afeta o futuro crescimento da área foliar. Por outro lado, se o solo é pobre em nutrientes, o corte das folhas se traduz em um retardamento do crescimento das partes aéreas, pois as folhas mais velhas não têm a capacidade de suprir adequadamente a planta.

A adubação, em diferentes níveis, influencia os períodos de descanso convenientes. O perfilhamento é ativado pelas adubações, principalmente as nitrogenadas e fosfatadas. Evidencia-se que as fertilizações mais eficientes coincidem com os períodos de intensa precipitação e temperaturas elevadas.

A recuperação do sistema radicular somente ocorrerá após um certo crescimento da área foliar, que fornece os carboidratos necessários para o desenvolvimento dos órgãos subterrâneos. A concentração de carboidratos, presentes no momento do corte, e a quantidade de área fotossintetizante que permanece após o corte afetam sensivelmente a velocidade e intensidade de rebrota.

A intensidade do pastejo anterior afeta a duração do período de descanso subseqüente em função do grau de desfoliação do pasto. Um subpastejo, resultando em uma área foliar muito pequena e em grande eliminação dos meristemas apicais, deverá determinar uma recuperação mais fraca e demorada do pasto. Nessas condições, o período de descanso será mais longo.

Sumarizando, o período de descanso tem como objetivos:

- permitir que a forrageira se refaça do corte pelo animal;
- controlar as plantas invasoras;
- controlar a erosão;

• permitir que a forrageira atinja o teor de matéria seca apropriado à nutrição do rebanho, possibilitando aos animais o consumo de forragem em quantidade necessária e suficiente ao atendimento de suas exigências em matéria seca, uma vez que a forragem muito tenra não proporciona as quantidades necessárias e a forragem passada não tem consumo elevado, devido à baixa digestibilidade.

Na estação de crescimento, a título de orientação, e não como regra fixa, valem as seguintes indicações para o período de descanso:

- colonião: 35-40 dias
- elefante: 35-45 dias
- gordura: 35-45 dias
- demais: 30-35 dias

Observação: Na seca, não há garantia de produção de forragem, seja qual for o período de descanso. Deve-se prever alimentação na seca; ensilagem, fenação, etc. (ver item 2.11)

2.6 Produtividade de forrageiras adequadamente manejadas

As espécies forrageiras apresentam produções variáveis em função de:

• nível de adubação;
• altura e freqüência de corte ou pastejo;
• solo e clima;
• período do ano;
• variedade.

As informações que se seguem devem ser utilizadas considerando-se os fatores mencionados.

Gramíneas	toneladas de massa seca ha/ano
Colonião	40
Elefante	40
Gordura	13
Pangola	30
Fino	27
Estrela	32
Braquiária	32
Suani	26
Rodes	30
Jaraguá	28
Leguminosas	
Soja perene	6
Siratro	8
Centrosema	10
Cultura de inverno	
Aveia	6
Centeio	7

2.7 Adubação e calagem (ver capítulo de calagem e adubação química item 6.11)

2.8 Condicionadores de pastejo

Pastos de até 10-12ha não têm problemas de pastejo uniforme, se a lotação for adequada. Alguns recursos são empregados, na hipótese de ocorrer desuniformidade no pastoreio:

a) distribuição conveniente nos cochos de minerais, bebedouros e sombras;

b) localização das cercas de modo a facilitar o deslocamento dos animais.

O cocho de minerais poderá ficar distante da aguada, forçando a movimentação do gado; leva-se em conta, no entanto, a distribuição do sal (facilidade).

Um cocho para sal deverá ser de material resistente à corrosão, para evitar o desgaste e garantir a qualidade do conteúdo. Assim, ferro e chapas metálicas comuns não seriam indicados. O tipo clássico de cocho (estreito, raso, longo e de madeira) parece ser o de emprego mais amplo, desde que coberto. Cochos portáteis ou semiportáteis representam economia de instalação, quando o pasto é subdividido e usado parcialmente.

O consumo médio normal é de 20/cab/dia de sal comum, mas há variação de 10 a 60 gramas. Deve-se fornecer sal suficiente para uma semana, no máximo, a fim de se evitar perda. Por isso, os cochos são pequenos. Um cocho para atender a 20 cabeças deve conter 20 x 60 x 7 (dias) = 10kg de sal. Entretanto, somente se ocupa a metade da capacidade, a fim de se evitar que o sal caia fora ao ser consumido.

Em geral, recomenda-se fornecer, também, farinha de ossos numa metade do cocho. O volume seria, então, dobrado, para conter 20kg de sal e farinha de ossos. O comprimento do cocho reflete o número médio de animais servindo-se ao mesmo tempo. Quando o sal não está sempre disponível, mas é oferecido semanalmente, tem-se de pensar em cocho longo, para atender ao mesmo tempo grande número de animais.

A aguada, natural ou açude, precisa ter piso pavimentado (cascalhos, etc.) e altura de água de 50cm, no mínimo, para evitar bebida de água suja ou sucção de areia. O consumo médio de água por unidade animal, no caso de construção de bebedouros, é de 40 litros por dia. O fornecimento de água à vontade ou várias vezes ao dia garante consumo normal de alimentos, refletindo em vantagem de conversão alimentar, crescimento e produção, se comparado a fornecimento insuficiente ou apenas uma ou duas vezes ao dia.

No dimensionamento dos bebedouros artificiais, levam-se em conta os fatores:

a) tamanho do animal (influindo sobre a altura, largura e profundidade);

b) número de animais (em média) que procuram o bebedouro ao mesmo tempo (aglomeração média);

c) quantidade de água necessária quando for máxima a procura.

As recomendações (não brasileiras) referem-se a: 30cm de espaço linear para 10 cabeças; 1 bebedouro automático (tipo cuba) para 25 cabeças. Naturalmente, os pontos de distribuição vão influir muito sobre a utilização das fontes de água.

Deve-se proporcionar aos animais ambiente confortável, para que a produção de calor, devido ao metabolismo, possa ser diminuída ao meio sem qualquer "stress" por parte do animal. Se essa situação não for alcançada, haverá um conseqüente aumento na temperatura corporal e as respostas produtivas desejadas diminuirão. O calor deve ser dissipado tão logo seja produzido.

As sombras das árvores são o meio mais econômico de que se dispõe para propiciar ambiente favorável aos animais, protegendo-os da radiação solar. Uma boa árvore de sombra, para pastagem, deve reunir algumas qualidades e características indispensáveis:

- copa frondosa, boa fornecedora de sombra;
- copa alta (mínimo de 3m) e larga superfície em projeção (mínimo de $20m^2$);
- fuste reto e sem excrecências que possam ferir o animal;
- folhas persistentes;
- não apresentar raízes aflorando, que prejudiquem a acomodação do gado;
- não produzir frutos grandes (máximo de 4cm de diâmetro);
- folha, broto ou fruto, quando ingeridos, não devem causar problemas aos animais;
- ser de fácil obtenção (mudas) e de origem regional;
- desenvolvimento em ritmo razoável (incremento desejável: 0,5m por ano);
- resistência à seca, ao frio e pouca exigência em solo.

A distribuição mais conveniente das árvores nos piquetes pode ser norteada por alguns critérios:

- perda de, no máximo, 3% da área de pastagem;
- distanciar o bebedouro e o cocho de minerais;
- manter distância razoável da cerca (20m);
- proteger contra os raios (pára-raios);
- acomodação para todos os animais em pastejo (com folga).

Com base nesses critérios, podem-se preconizar 5 árvores por hectare, em média.

As cercas mais recomendáveis são as com balancins de arame liso, com mourões de 10 em 10 metros e esticados o suficiente para manter a tensão (150 metros ou mais de distância entre eles). Em terrenos acidentados, os esticadores são menos espaçados. As cercas de maior comprimento devem acompanhar a linha de nível do terreno, facilitando o deslocamento dos animais.

2.9 Renovação de pastagem

Os princípios básicos de manejo das pastagens devem ser atendidos com o objetivo de se obter e manter o máximo de produção animal, sem prejudicar a vegetação da pastagem, a estrutura do solo, a água e a fauna. Para tanto, há necessidade de:

a) equilibrar o número de animais com a forragem disponível na pastagem;

b) usar espécies animais adequadas à disponibilidade de forragem e aos objetivos do manejo;

c) alterar períodos de pastejo e descanso para manejar e manter a vègetação da pastagem;

d) obter uma distribuição uniforme de animais na pastagem;

e) efetuar análises de solo, anualmente ou a cada dois anos, e realizar as adubações recomendadas.

Admite-se que as espécies exóticas ou utilizadas na formação dos pastos são adaptadas às condições ecológicas do ambiente. Assim, a deterioração ou perda de produtividade dos pastos é devido à não-observância dos princípios básicos de manejo.

O superpastejo prejudica a manutenção das espécies introduzidas que, perdendo o vigor, irão se debilitando e, gradativamente, desaparecendo, ao competir por luz, nutrientes, água e espaço com a flora nativa local. Com o superpastejo continuado, a deterioração da pastagem poderá ser extrema, a ponto de prejudicar também o solo, ocasionando erosão.

As pastagens deterioradas devem ser renovadas em obediência às seguintes etapas:

a) **limpeza ou roçada da pastagem** - essa operação visa à eliminação das plantas indesejáveis ou invasoras;

b) **encoivaramento e queima** - o material seco, resultado das roçadas, é removido em coivaras e, em seguida, queimado;

c) **ressemeação ou replantio** - aconselhável quando a pastagem apresenta áreas ou manchas isoladas sem a espécie ou espécies forrageiras desejáveis. A ressemeação é realizada quando as plantas se reproduzem satisfatoriamente por sementes. Caso contrário, deve-se fazer o replantio por mudas enraizadas, estolhos, colmos ou rizomas, conforme o tipo de propagação da espécie;

d) **diferimento do pastoreio** - essa etapa objetiva proporcionar às plantas um maior vigor a fim de que a pastagem fique melhor estabelecida. O diferimento terá a duração suficiente para promover a formação de sementes. Como exemplo, os capins sempre-verde, colonião, jaraguá, gordura. Se as espécies possuírem sementes férteis ou pouco viáveis, protela-se o uso da pastagem até que a mesma esteja em condições de pastejo. Os capins pangola e braquiária são exemplos desse caso;

e) **pastejo intensivo** - o pastejo intensivo da pastagem tem por objetivo derrubar as sementes no solo e plantá-las com a ajuda dos cascos dos animais e rebaixar o capim para a realização da adubação em cobertura, prescrita pela análise do solo;

f) **exploração da pastagem** - a pastagem, agora, poderá ser utilizada normalmente. Entretanto, para evitar que se repita a deterioração da mesma, é aconselhável observar-se os princípios básicos de manejo.

A falta de uso por períodos longos ou a subutilização das pastagens é indesejável, porque o capim muito velho fica bastante fibroso, pobre em elementos nutritivos, pouco aceito pelo gado e de menor digestibilidade. Além disso, haverá um acúmulo considerável de material seco do crescimento anterior (estação passada). Diz-se, então, que a pastagem "macegou". A pastagem, nesse estado, apresenta uma rebrotação lenta e seu crescimento e desenvolvimento retardados.

Por outro lado, as plântulas provenientes de sementes que caíram ao solo ficam impossibilitadas de se desenvolverem, por excesso de sombreamento.

A remoção do material seco "macegado" pode ser feita com roçadeiras mecânicas, em áreas onde não exista afloramento de rochas ou onde a topografia permita. A roçada manual é impraticável em grandes áreas devido ao custo da mão-de-obra. A alternativa será o uso da queima controlada.

Ao se utilizar a queima controlada, como prática na renovação de pastagens, deve-se tomar os seguintes cuidados:

a) fazer aceiros de 3 a 5 metros de largura para proteger as cercas e as pastagens vizinhas;

b) queimar com umidade do solo, aproximadamente 2 dias após uma chuva de razoável intensidade;

c) queimar, de preferência, à tardinha, à hora mais fresca do dia, para evitar aumento da temperatura do solo, que poderia eliminar os microorganismos e destruir completamente a matéria orgânica;

d) queimar a favor do vento a fim de se obter uma queima rápida e menos profunda;

e) dar um descanso à pastagem, após a queima, a fim de que as plantas cresçam e se desenvolvam satisfatoriamente.

2.10 Capacidade de suporte potencial das espécies forrageiras

A capacidade de suporte é variável nas diferentes épocas do ano, em função da produção de forragem e do consumo por unidade animal, estabelecida ao redor de 2,5% do peso vivo em matéria seca. Dessa maneira, um animal de 450kg de peso vivo (1 UA) consome, por dia, 11,25kg de

matéria seca. Uma pastagem que produz 15 toneladas de matéria seca, por hectare/ano, oferece ao rebanho, em pastoreio, aproximadamente, 9 toneladas de matéria seca, e 6 toneladas, se perdem devido ao pisoteio, seleção, etc. A capacidade de suporte anual média será de 2,2 bovinos de 450kg por hectare (2,2 UA/ha/ano).

Informações colhidas de experimentos dão conta de que pastagens bem-manejadas e adubadas apresentam as seguintes capacidades de suporte no período das águas:

CAPIM	UA/ha
Elefante	4
Pangola, Braquiária e Jaraguá	2-3
Gordura	1-2
Colonião	4

No período seco, a produção de forragens é muito pequena e o peso dos animais somente pode ser mantido à custa de reservas forrageiras.

Com a inclusão de leguminosas nas pastagens, abre-se a perspectiva do animal dispor, por um período bastante grande durante o ano, de alimento de melhor qualidade. Sabe-se, que as leguminosas perdem consideravelmente menos o valor nutritivo que os capins. Em vista dos bovinos consumirem, preferencialmente, os capins, as leguminosas "sobrariam", em maior extensão, durante a primavera e verão; durante o outono e inverno, as leguminosas seriam consumidas em maior extensão.

2.11 Opção para corrigir as defasagens de produção de forragem durante o ano

No manejo de um pasto várias tecnologias poderão ser usadas para manter o gado bem-alimentado durante todo o ano. Para exemplificar, citam-se: consumo nas águas de todas as forragens disponíveis, aproveitamento dos restos de cultura, confinamento, ensilagem, fenação e outros recursos alimentares não convencionais tais como borra de café, resíduos de sirgaria, polpa de tomate, etc.

2.11.1 Consumo nas águas de todas as forragens disponíveis - Neste caso, há necessidade de preservação de forragem para consumo no restante do ano, dimensionando-se a área necessária de plantio em função do período de alimentação e do plano de alimentação propostos, com base em feno, silagem, cultivo de inverno ou outro recurso disponível. Isso implica na utilização intensiva das pastagens na estação de crescimento, reduzindo-se ao mínimo as perdas de forragem.

2.11.2 Lotação média, nas águas, e reserva de pastos para fenação natural, através dos procedimentos: a) vedação da pastagem no final das águas, quando existe grande sobra acumulada a partir de dezembro/janeiro, de aproximadamente 30% da área para fenação natural e consumo a partir de julho. Os pastos de napier utilizados até fevereiro poderão ser adubados com N, nessa época, para uso como capineira; **b)** reserva de pastagem consorciada de gramínea e leguminosa, para uso na seca, em área correspondente a 20% do total de pastagem visando reduzir o problema de alimentação em lotações baixas até 1,5-2,0 UA/ha. Considere-se, no entanto, que as perdas de forragem são elevadas quando se adota esse procedimento. A época de vedação deve ser estabelecida levando em conta que, se efetuada muito cedo (dezembro), a forrageira "passa" e, se efetuada muito tarde (abril), não há produção suficiente; **c)** pastejo intensivo em parte da pastagem, liberando-se o restante para reserva a ser utilizada na seca.

2.11.3 Aproveitamento dos restos de cultura - a grande deficiência de matéria seca nos meses de julho, agosto, setembro e, às vezes, princípio de outubro, poderá ser coberta pelos restos de cultura.

A colheita da sobra, no mesmo momento em que se colhe o produto, tem como finalidade tornar seu custo o menor possível. Nesse caso, o custo da colheita é igual a zero, computando-se apenas os custos de transporte apropriados nas colheitadeiras, caso contrário as sobras terão de ser colhidas em operação separada, ocasionando uma elevação no seu custo.

Os restos de cultura, pelo baixo valor nutritivo que apresentam, devem ter um custo baixo.

Animais mantidos no pasto, durante a seca, podem receber os restos de cultura como suplemento. Animais confinados ou semiconfinados poderão recebê-los como parte da ração balanceada. Outra maneira de aproveitá-los seria através do pastoreio direto das palhadas.

As culturas mais comuns, cujos restos são aproveitados de uma ou outra forma, são o milho, o arroz, o feijão, a soja, o algodão e o trigo.

2.11.4 Confinamento - Alguns requisitos devem ser obedecidos para maior êxito do processo de confinamento:

a) o confinamento de bovinos de corte deve ser efetuado no período da seca, quando as pastagens estão deficientes de forragens, pela simples razão de que nenhum tipo de alimento fornecido no cocho será mais econômico que a forragem colhida no pasto, diretamente, pelo animal, quando está na plenitude de sua composição botânica e química. Há de se considerar, também, que em períodos de chuva, nos confinamentos a céu aberto, ocorre muita formação de lama, o que prejudica sensivelmente os animais. Além disso, nas águas, o confinamento só é viável em condições excepcionais de mercado e/ou disponibilidade de alimento de custo reduzido;

b) deve-se recomendar a cobertura dos cochos como opção de sombra para os animais;

c) ao longo dos cochos deve existir piso cimentado ou com o calçamento de pedras, para evitar formação de lama provocada pelas fezes e urina dos animais. Os bovinos em confinamento permanecem grande parte do tempo nas imediações dos cochos, o que justifica a medida;

d) os cochos devem estar a, aproximadamente, 0,30m do solo, com 0,40m de profundidade, 0,50 a 0,60m de largura e, o que é importantíssimo, permitir linearmente 0,70m de cocho por cabeça. Caso contrário, haverá disputa de espaço quando do fornecimento de alimento novo, resultando em animais desiguais ao final do processo de confinamento, o que representa prejuízo. Os cochos devem ser construídos de material não corrosivo, evitando-se os cantos na face interna;

e) para o tipo de confinamento em currais a céu aberto, deve-se prever de 10 a 16m^2 de curral por animal. Em galpões fechados a área por cabeça pode ser reduzida a 4m^2;

f) em galpões fechados a colocação de "cama" de palhas, cavacos no piso, facilitará a absorção de umidade dos excrementos;

g) confinamento ao relento devem ser localizados em terrenos de fácil drenagem e, quando possível, com ligeiro declive no sentido contrário aos cochos, a fim de facilitar o escoamento das águas de chuvas;

h) as cercas podem ser construídas de pranchas, varões, arame liso, ou concreto, dependendo das condições locais. Cercas de arame farpado devem ser guarnecidas de, pelo menos, dois varões roliços nas alturas de 0,85 e 1,10m, para evitar acidentes.

i) cada curral pode comportar de 40 a 400 bois, desde que sejam da mesma categoria, isto é, todos inteiros, ou todos castrados, de mesma idade, de mesmo peso. Nunca agrupar num mesmo curral animais de categorias diferentes, pois esse é um meio de evitar acidentes e animais "refugos" ao fim do processo de engorda;

j) animais inteiros de até 27 meses desenvolvem-se mais rapidamente e com maior economia de ração;

l) animais mestiços de raças leiteiras (especialmente com sangue holandês) respondem melhor ao tratamento. De qualquer forma, os animais devem ter potencial genético para elevado ganho de peso;

m) limpezas periódicas dos currais, dos cochos e dos bebedouros fazem-se necessárias;

n) sistema de bóias nos bebedouros dá resultados, desde que as bóias sejam protegidas;

o) cochos especiais com mistura mineral devem existir, com disponibilidade constante de sal;

p) vacinação e vermifugação dos animais devem ser efetuadas periodicamente, bem como o combate aos parasitas externos quando houver infestação;

q) com relação aos alimentos mais indicados utilizam-se:

- **silagem e fenos** como volumosos (silagem de milho, sorgo e napier; fenos de gramíneas e leguminosas);

- **palhadas e sabugos** também servem, porém, com resultados inferiores;

- **capineiras** próximas ao confinamento também servem como volumoso, porém a qualidade varia com o desenvolvimento da planta;

- **cana-de-açúcar**, quando usada, não deve ultrapassar 25% do total de ração, para não reduzir o ritmo de desenvolvimento dos animais;

- **polpa cítrica** peletizada, com a produção considerável em todo o Estado de São Paulo, pode compor até 30% de ração, em substituição ao milho desintegrado (grão, palha e sabugo), com resultados surpreendentes;

- **mistura melaço-uréia**, quando fornecida adequadamente, dá resultados favoráveis, porém o custo da porção nitrogenada da mistura, comparado com as fontes naturais de proteínas como farelo de algodão, farelo de soja, etc. ainda se constitui num obstáculo ao seu uso;

- **"cama de frangos"** tem sido o obstáculo dos poucos confinamentos comerciais no Estado de São Paulo. A "cama de frangos" tem substituído com sucesso as fontes naturais de proteína nas rações e seu consumo chega até a 6kg diários por cabeça; é relativamente pouco onerosa, mas de disponibilidade regional. As camas mais adequadas são feitas de cascas de amendoim ou com sabugo de milho moídos e feno de gramíneas;

- **bagaços de laranja** úmidos, embora usados, estão desaparecendo de circulação, porquanto as indústrias de extração de suco estão anexando secadores e peletizadores para aproveitar esse subproduto na forma peletizada;

- **mandioca**, **batata** e outros produtos dessa natureza, quando secos e moídos, podem ser usados em substituição ao milho;

- **milho**, quer na forma de quirela ou fubá, quer na forma desintegrada ou o pé inteiro (moído) é excelente forma de energia. Silagem é a forma preferida.

- **sorgo** na forma de grão, como silagem, ou a palhada também constitui ótimo alimento;

- **farelos de algodão ou de soja** são ótimas fontes de proteínas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MOURA, J.C. de. *Conservação de forragens*. In: Moura, J.C.D. **Produção de forragens.** Campinas, SP. CATI/DEXTRU. 1989. 51p. (Impresso Especial CATI)

SARTINI, H.J.; KUHN NETO, J.; MOURA, J.C. de & CORSI, M. **Normas para manejo de pastagens.** In: Produção de forragens. Campinas, SP. CATI/DEXTRU. 1989. 51p. (Impresso Especial CATI)

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL-CATI

MANUAL TÉCNICO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA

VOLUME IV



TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA CONTROLAR O ESCORRIMENTO SUPERFICIAL DO SOLO

Dorival Bertolini
Francisco Lombardi Neto
Igo Fernando Lepsch
João Bertoldo de Oliveira
Mario Ivo Drugowich
Newton de Oliveira Andrade
Paulo Anestar Galeti
Ricardo Beilinazzi Júnior
Sonia Carmela Falci Dechen

MANUAL N.º 41

EDIÇÃO E PUBLICAÇÃO

Centro de Comunicação Rural - CECOR - CATI/SAA

Av. Brasil, 2.340 - Caixa Postal 960
CEP 13073-001 - Campinas (SP)
PABX (0192) 41-3900 - Telex - 19-1132
Tel./Fax (0192) 42-5791

Tiragem: 3.000

EDITORAÇÃO

Diretora: Maria Evanilda Martins
Editora responsável: Damaris B. Minzon
Revisora de português: Marlene M. de Almeida Rabello
Revisora bibliográfica: Maria Vilma Gasparoto

PRODUÇÃO GRÁFICA

Diretora: Angelina Maria W. Takahashi
Composição: Urbano Moreto
Arte-final: José Henrique Marco Antônio
Fotolitografia: Jadison Palma, Gerson Canesqui, Roberto Maria Braz
Impressores: Mário Augusto dos Santos, Nelson Nogueira, Osvaldo Alves de Freitas
Oficina gráfica: Mário Augusto dos Santos, Antônio José Gomes, Élvio Augusto de Souza, Emílio Palma, João Batista Palma, Manoel Mendes Santiago, Nelson Antônio Fantini,
Distribuição: Maria de Lourdes Silveira

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL-CATI



MANUAL TÉCNICO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA

VOLUME IV

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA CONTROLAR O ESCORRIMENTO SUPERFICIAL DO SOLO

Dorival Bertolini
Francisco Lombardi Neto
Igo Fernando Lepsch
João Bertoldo de Oliveira
Mario Ivo Drugowich
Newton de Oliveira Andrade
Paulo Anestar Galeti
Ricardo Bellinazzi Júnior
Sonia Carmela Falci Dechen

Manual Técnico	Campinas (SP)	n.° 41	dezembro 1994

Publicação dirigida aos técnicos da rede assistencial da CATI e/ou entidades afins.

É permitida a reprodução parcial desde que citada a fonte. A reprodução total depende de autorização expressa da CATI.

FICHA CATALOGRÁFICA

Lombardi Neto, F. & Drugowich, M. I. Coordenadores.

Manual técnico de manejo e conservação de solo e água, coordenado por Francisco Lombardi Neto e Mário Ivo Drugowich. Campinas, 2ª impressão, CATI - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994.

v. IV - CONTEÚDO: Tecnologias disponíveis para controlar o escorrimento superficial do solo.

65p. ilus. 28cm (Manual Técnico, 41).

CDD 631.45

APRESENTAÇÃO

No Estado de São Paulo, predominam de 1.200 a 1.300mm de chuvas anuais, porém grande parte dessa precipitação ocorre no período de setembro a março; com isso, não se deve esperar que toda essa água se infiltre no solo, mesmo adotando as técnicas descritas no Manual de Microbacias Hidrográficas, Volume 3, referente ao capítulo de cobertura vegetal e infiltração. Nem toda a água da chuva se infiltra no solo, ocorrendo, portanto, a formação de enxurrada que se escoa superficialmente. Daí, a necessidade de se associarem aos procedimentos edafo-vegetativos, barreiras ou estruturas que fracionem o comprimento de rampa para reduzir a velocidade e reter o escorrimento superficial.

As estruturas chamadas de práticas mecânicas são utilizadas para controlar a erosão na fase de transporte, porém, só se obtêm resultados satisfatórios quando essas práticas estão associadas a outras técnicas que atuam no controle da erosão, na fase de desagregação.

O planejamento conservacionista deve introduzir práticas, visando aumentar a cobertura vegetal do solo, aumentar a infiltração da água no solo e, finalmente, se forem necessárias, as práticas mecânicas para o controle do escoamento superficial. Portanto, essas últimas devem ter a função de segurança durante a ocorrência de chuvas mais intensas, nas ocasiões em que as anteriores não tenham sido suficientes.

A função das práticas mecânicas é a retenção da água para posterior infiltração ou contenção e condução segura do escorrimento superficial até um leito estável.

Francisco Lombardi Neto e
Mário Ivo Drugowich
Coordenadores do Manual

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

DISTRIBUIÇÃO RACIONAL DE ESTRADAS E CARREADORES

FIGURA 1 – Croqui de uma propriedade agrícola com estradas e carreadores bem-planejados 2

PLANTIO EM NÍVEL

FIGURA 1 – Sistema de plantio em nível 5

FAIXA DE VEGETAÇÃO PERMANENTE

FIGURA 1 – Representação esquemática de como locar a faixa de vegetação permanente em relação à nivelada básica 8
FIGURA 2 – Efeito do quebra-vento na redução da velocidade do vento 10

TERRACEAMENTO AGRÍCOLA

FIGURA 1 – Representação esquemática de um terraço em perfil, mostrando a faixa de movimentação de terra (A), o camalhão ou dique (B) e o canal (C) 11
FIGURA 2 – Representação esquemática de um terraceamento, mostrando a retenção das águas da enxurrada e o parcelamento do declive 12
FIGURA 3 – Sistema de terraceamento com terraços em nível ou de infiltração (representação esquemática) 13
FIGURA 4 – Sistema de terraceamento em desnível ou com gradiente, mostrando o canal escoadouro que recebe as águas dos terraços (representação esquemática) 14
FIGURA 5 – Esquema do perfil de terraço tipo Nichols, construído com arado tombando somente de cima para baixo 15
FIGURA 6 – Esquema do perfil de terraço tipo Magnum, construído com arado tombando para baixo e para cima alternadamente 15
FIGURA 7 – Perfis esquemáticos de terraços de base estreita (A), base média (B) e base larga (C), que poderão ser adotados em função das condições locais de solo, declividade, culturas e maquinaria disponível 17
FIGURA 8 – Representação esquemática do terraço "embutido", mostrando o talude vertical e a pequena faixa (A) perdida no plantio 18
FIGURA 9 – Perfil esquemático de um terraço tipo murundum ou leirão, mostrando uma grande movimentação de terra 19
FIGURA 10 – Perfil esquemático de um terraço patamar, mostrando a plataforma (a) com pequeno declive no sentido do talude e o talude (b) com inclinação variável em função da textura do solo 19
FIGURA 11 – O terraço patamar transforma o terreno em plataformas planas, onde é cultivada a cultura econômica sem problemas de erosão 20
FIGURA 12 – Representação esquemática do terraço patamar para irrigação, mostrando a plataforma em nível (a), o talude (b) e o dique para represamento da água (c) 20
FIGURA 13 – Terraço patamar descontínuo ou banqueta individual usada em terrenos acidentados para culturas perenes 21
FIGURA 14 – Perfil de um terreno cultivado com cultura permanente plantada em banquetas individuais ou terraço patamar interrompido 21
FIGURA 15 – Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetros, para período de retorno de 10 anos 30

FIGURA 16 – Seção típica para os terraços de base larga 32
FIGURA 17 – Isoietas de intensidade de chuvas máximas em 15 minutos, em milímetros por hora, para período de retorno de 10 anos 33

CANAIS ESCOADOUROS VEGETADOS

FIGURA 1 – Seções de canais, notações e fórmulas 38
FIGURA 2 – Vegetação indicada para revestimento do canal escoadouro no Estado de São Paulo 39
FIGURA 3 – Dimensões do canal escoadouro calculado 44
FIGURA 4 – Monograma para solução da fórmula de Manning 47
FIGURA 5 – Canais escoadouros com centro de pedra 48
FIGURA 6 – Determinação do tamanho de pedras para o centro do canal escoadouro 49
FIGURA 7 – Bordo livre do canal escoadouro 50
FIGURA 8 – Diques laterais permanentes ou temporários do canal escoadouro 51
FIGURA 9 – Variações das seções do canal escoadouro 51
FIGURA 10 – Vista lateral de canais escoadouros paralelos (Figura 9 c) 51

CANAIS DIVERGENTES

FIGURA 1 – Seção típica de canal divergente. A – seção em V; B - seção trapezoidal 54

ESTRUTURAS MECÂNICAS PARA CONTROLE DE EROSÃO E ESTABILIZAÇÃO

FIGURA 1 – Estruturas para barragens de redução de declividade no leito vegetado de canais escoadouros 58
FIGURA 2 – A – armação de estacas de madeira; B – colocação das armações de madeira para proteção de barrancos em curvas de córregos ou rios 59

EMBACIAMENTO

FIGURA 1 – Perfil de um pomar com embaciamento 61

LISTA DE QUADROS

Página

PLANTIO EM NÍVEL

QUADRO 1 – Efeito da direção de trabalhos culturais na produção de milho 4
QUADRO 2 – Efeito de práticas conservacionistas em culturas anuais sobre as perdas por erosão 4
QUADRO 3 – Área perdida por ruas mortas 4
QUADRO 4 – Limites de comprimentos de rampa e declividade para o plantio em nível 6

FAIXA DE VEGETAÇÃO PERMANENTE

QUADRO 1 – Espaçamento de cordões de vegetação permanente 8

TERRACEAMENTO AGRÍCOLA

QUADRO 1 – Agrupamento de solos segundo suas qualidades, características e resistência à erosão e seus respectivos índices 24
QUADRO 2 – Grupo de culturas e seus respectivos índices 24
QUADRO 3 – Grupo de preparo do solo e manejo de restos culturais com seus respectivos índices 25
QUADRO 4 – Limitações para uso de terraços em função da declividade nos diferentes grupos de solo 25

QUADRO 5 - Coeficiente de enxurrada para diferentes solos, usos e manejos 31
QUADRO 6 - Dimensão do canal de terraço em nível (declive do terreno 7%) 31
QUADRO 7 - Altura do camalhão dos terraços de base larga e altura da vazão de enxurrada no canal 32
QUADRO 8 - Vazões dos canais dos terraços para velocidade da enxurrada de 0,60m/s 34
QUADRO 9 - Vazões dos canais dos terraços para velocidade da enxurrada de 0,75m/s 34
QUADRO 10 - Dimensão do canal do terraço com gradiente 34
QUADRO 11 - Dimensões dos canais de terraços com gradiente, conforme o exemplo do Quadro 10 35

CANAIS ESCOADOUROS VEGETADOS

QUADRO 1 – Nomes vulgares e científicos da vegetação indicada para revestimento de canal escoadouro no Estado de São Paulo bem como seu hábito vegetativo e tipo de propagação 40
QUADRO 2 – Valores do coeficiente de rugosidade **n** 41
QUADRO 3 – Velocidades máximas permissíveis para canais abertos 41
QUADRO 4 – Valores de $R^{2/3}$ 45
QUADRO 5 – Valores de $S^{1/2}$ 46

CANAIS DIVERGENTES

QUADRO 1 – Velocidade permissível de enxurrada no canal do canal divergente 54

MANEJO FÍSICO DE PASTAGENS

QUADRO 1 – Intervalo entre os pastejos (período de descanso) 63

TABELA

Página

TERRACEAMENTO AGRÍCOLA

TABELA 1 – Espaçamento entreterraços, para valores de (u + m)/2 igual a 1,00 26

SUMÁRIO

	Página
APRESENTAÇÃO	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE QUADROS	iii
TABELA	iii

DISTRIBUIÇÃO RACIONAL DE ESTRADAS E CARREADORES

PLANTIO EM NÍVEL

1 INTRODUÇÃO	3
2 O PLANTIO EM NÍVEL, A PRODUÇÃO E AS PERDAS POR EROSÃO	3
3 LOCAÇÃO DAS NIVELADAS BÁSICAS	5
4 ENLEIRAMENTO EM NÍVEL	6
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6

FAIXA DE VEGETAÇÃO PERMANENTE

1 INTRODUÇÃO	7
2 A FAIXA DE VEGETAÇÃO PERMANENTE E AS PERDAS POR EROSÃO	7
3 ESPAÇAMENTO DAS FAIXAS DE VEGETAÇÃO PERMANENTE	8
4 FAIXA DE VEGETAÇÃO PERMANENTE E A EROSÃO EÓLICA	9
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	10

TERRACEAMENTO AGRÍCOLA

1 INTRODUÇÃO	11
2 TIPOS DE TERRAÇOS	12
2.1 Terraços quanto à função	13
2.2 Terraços quanto à construção	14
2.3 Terraços quanto à dimensão	16
2.4 Terraços quanto à forma	18
2.5 Fatores que podem determinar a construção de um terraço	22
3 ESPAÇAMENTO ENTRETERRAÇOS	22
3.1 Cálculo do espaçamento de terraços	23
3.2 Organização das tabelas para determinação do espaçamento entreterraços	26
3.3 Uso da tabela	27
3.4 Considerações sobre o espaçamento	29
4 DIMENSIONAMENTO DO TERRAÇO	29
4.1 Dimensionamento do canal do terraço	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

CANAIS ESCOADOUROS VEGETADOS

1 INTRODUÇÃO	37
2 TIPOS DE CANAIS ESCOADOUROS	37
3 FORMA DO CANAL	38

4 ESCOLHA DA VEGETAÇÃO 39
5 VELOCIDADE DA ENXURRADA 40
6 CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DO CANAL 42
7 DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS ESCOADOUROS 42
8 DRENAGEM DOS CANAIS ESCOADOUROS 47
9 CONSTRUÇÃO DOS CANAIS ESCOADOUROS 50
9.1 Preparo do local 50
9.2 Escavação 50
9.3 Drenagem 50
9.4 Estabelecimento da vegetação 50
9.5 Bordo livre e diques laterais 50
9.6 Variação das seções do canal escoadouro 51
9.7 Fundo do canal escoadouro 52
9.8 Estruturas para redução da velocidade da água nos canais escoadouros 52
9.9 Prados escoadouros 52
10 MANUTENÇÃO DOS CANAIS ESCOADOUROS 52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 52

CANAIS DIVERGENTES

1 INTRODUÇÃO 53
2 LOCAÇÃO DO CANAL 53
3 FINALIDADES DO CANAL DIVERGENTE 53
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA 55

ESTRUTURAS MECÂNICAS PARA CONTROLE DE EROSÃO E ESTABILIZAÇÃO

1 INTRODUÇÃO 57
2 CONSTRUÇÃO 57
3 GABIÃO - ESTRUTURA FLEXÍVEL 59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60

EMBACIAMENTO

1 INTRODUÇÃO 61
2 INSTALAÇÃO 61

MANEJO FÍSICO DE PASTAGENS

1 INTRODUÇÃO 63
2 UTILIZAÇÃO E MANEJO 63
3 CONDICIONADORES DE PASTEJO 64
3.1 Aguadas 64
3.2 Sombras 64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA CONTROLAR O ESCORRIMENTO SUPERFICIAL DO SOLO

DISTRIBUIÇÃO RACIONAL DE ESTRADAS E CARREADORES

Francisco Lombardi Neto(1)
Dorival Bertolini(2)

Os problemas mais graves causados pela erosão geralmente são provenientes de estradas e carreadores mal localizados fazendo com que a água da enxurrada se acumule em determinados pontos em grande volume.

O traçado usual dos carreadores e caminhos em linhas retas, desconsiderando a topografia do terreno, tem sido a causa do prejuízo devido às perdas por erosão. Com a disposição reta dos carreadores, as culturas quase sempre ficam com as ruas a favor das águas, aumentando, assim, as perdas por erosão e dificultando a adoção de futuras práticas de controle.

A distribuição racional dos carreadores é colocá-los, ao máximo, próximo do nível. Os carreadores pendentes, que fazem a ligação entre os nivelados, serão no menor número possível, e locados nos espigões e eixos de grotas onde também será mais fácil a localização dos canais escoadouros. Os talhões ficarão de forma alongada e recurvada no sentido das linhas de nível do terreno.

Os carreadores devem ser distribuídos, levando-se em consideração a necessidade da mecanização da cultura e do transporte do produto colhido, dos insumos, etc. E, na medida do possível, devem-se fazê-los em maior número nas linhas de nível, para que funcionem como verdadeiros terraços, ajudando, dessa forma, a defender as culturas da erosão. Quando os carreadores em nível não forem suficientes, há necessidade de se fazerem os carreadores pendentes, que devem ser em menor número possível e em locais cuja declividade seja menor. Eles devem ser locados descontinuamente, nunca no sentido do maior declive.

É importante não deixar que a enxurrada se avolume no leito carroçável das estradas, o que se consegue retirando as águas de espaços, através de "sangradouros". As águas retiradas pelos sangradouros, para não causarem erosão na faixa marginal, dependendo das condições locais, devem ser conduzidas aos terraços ou às bacias de captação e retenção. (Vide Volume V referente ao capítulo Bacias de Captação de Estradas Rurais).

Na Figura 1 é apresentado um croqui de uma propriedade agrícola com estradas e carreadores bem-planejados, do ponto de vista da conservação do solo.

Ao projetar os carreadores em nível, deve-se ter o cuidado de que o intervalo entre eles seja um múltiplo de afastamento entreterraços, a fim de facilitar a distribuição dessas práticas no seu intervalo. Os carreadores em nível funcionam como verdadeiros **terraços**, ajudando a defender as culturas contra a erosão.

(1)Eng.º Agr.º; Pesq. Cient. SAA/CPA/IAC – Seção de Conservação do Solo
(2)Eng.º Agr.º, SAA/CATI/DEXTRU-CTRN

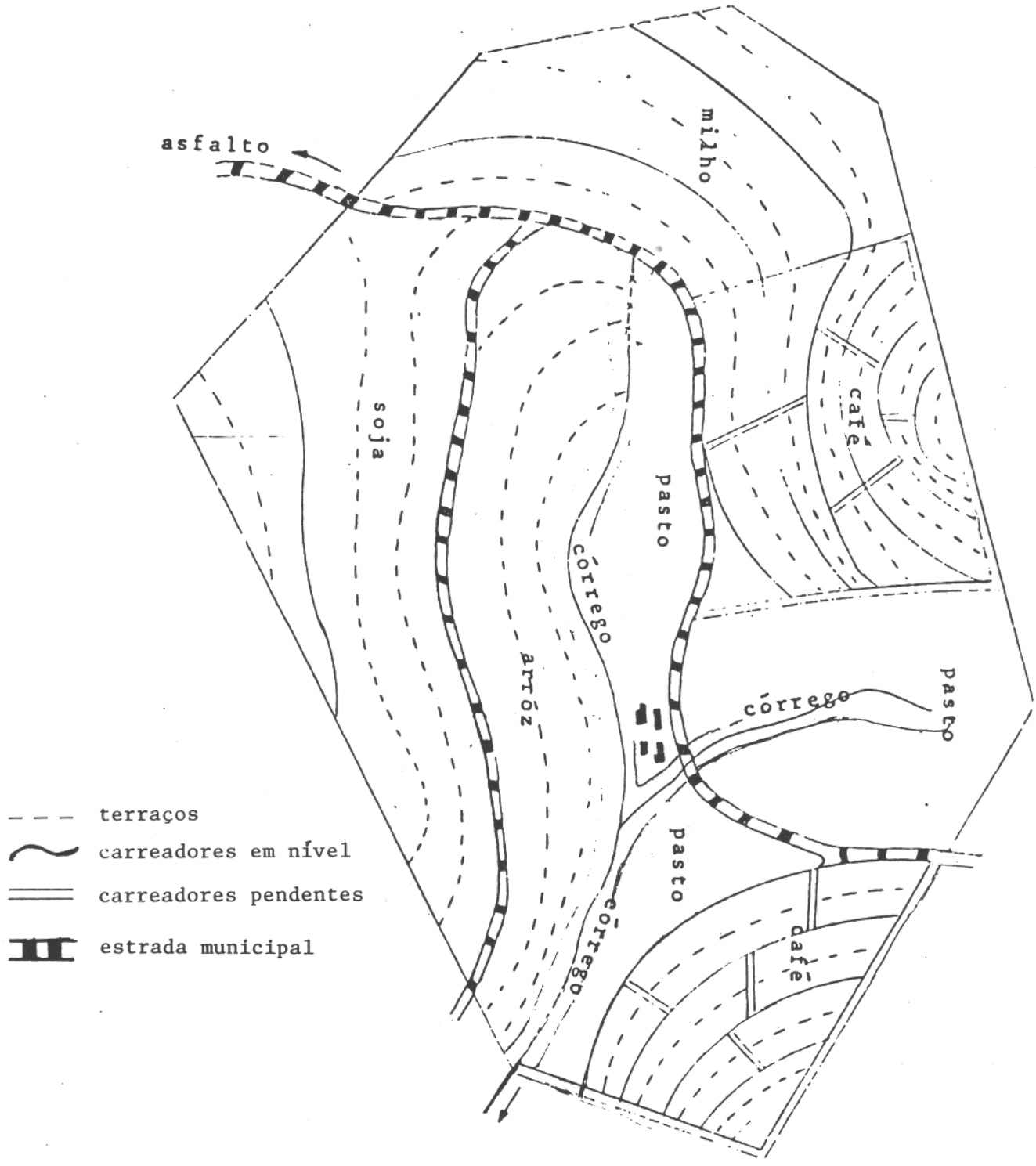


FIGURA 1 - Croqui de uma propriedade agrícola com estradas e carreàdores bem-planejados.

Esse sistema racional de distribuição de caminhos forma um arcabouço estável da propriedade agrícola e é básico para a adoção de práticas que se fundamentam no alinhamento em nível, proporcionando, também, a redução das perdas por erosão.

PLANTIO EM NÍVEL

Francisco Lombardi Neto(1)

1 INTRODUÇÃO

O plantio em nível consiste em dispor as fileiras de plantas e executar todas as operações de cultivo no sentido transversal ao pendente, em curvas de nível ou linhas em contorno.

O cultivo em nível de cada fileira de planta, assim como dos pequenos sulcos e camalhões de terra que as máquinas de preparo e cultivo do solo deixam na superfície do terreno, constituem-se um obstáculo que se opõe ao percurso livre da enxurrada, diminuindo a sua velocidade e capacidade de arrastamento.

Quando o plantio em nível é usado isoladamente, sem nenhuma outra prática, em terrenos de topografia acidentada, ou em regiões de chuvas intensas, ou em solos de grande erodibilidade, há um aumento do risco de formação de sulcos de erosão, porque as pequenas leiras, rompendo-se, podem soltar a água que estava acumulada, e o volume de enxurrada, aumentando em cada leira sucessiva, causa um prejuízo acumulativo.

Dentre as práticas simples, o plantio em nível, além de constituir uma medida de controle da erosão, proporciona maior facilidade e eficiência no estabelecimento de outras práticas complementares baseadas na orientação em nível. A formação das lavouras em nível deve ser a preocupação fundamental dos agricultores.

Esse plantio, quando bem-conduzido, é uma das práticas mecânicas mais eficientes para as terras de cultivo. Seu efeito se faz notar no aumento da produção, na redução da enxurrada e na diminuição das perdas de terra. Fatores, como o tipo de solo e a declividade do terreno, modificam sua efetividade.

2 O PLANTIO EM NÍVEL, A PRODUÇÃO E AS PERDAS POR EROSÃO

Uma das vantagens do plantio em nível é a economia de força e tempo. Resultados de testes mostram que, para as áreas em que as determinações foram feitas, o cultivo com o trator foi 12,8% mais rápido quando em nível e 9,4% mais econômico com respeito ao consumo de combustível. Não se pode, naturalmente, generalizar esses dados, pois dependem da declividade do terreno, do tipo de solo e do tempo consumido pelo trator nas voltas, devido às ruas mais curtas.

Os dados obtidos pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas, apresentados no Quadro 1, revelam que, enquanto o plantio em nível elevou a produção em 21,2% sobre o plantio morro abaixo, o efeito do preparo do solo em nível foi 1,6% quando comparado com o preparo do solo morro abaixo; o efeito combinado do preparo do solo e plantio em nível sobre o preparo do solo e plantio morro abaixo proporcionou um aumento de 23,1%.

---

(1)Eng.º Agr.º, Pesq. Cient. SAA/CPA/IAC – Seção de Conservação do Solo.

QUADRO 1 – Efeito da direção de trabalhos culturais na produção de milho

Direção de trabalhos culturais	Produção de milho
	kg/ha
Preparo morro abaixo e plantio morro abaixo	2.596
Preparo morro abaixo e plantio em contorno	3.123
Preparo em contorno e plantio morro abaixo	2.617
Preparo em contorno e plantio em contorno	3.196

Dados obtidos pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas, apresentados no Quadro 2, mostram que o plantio em nível reduz em 50% as perdas de solo e em 30% as de água.

Embora seja uma operação simples e constitua uma medida de controle da erosão, alguns agricultores alegam que sua aplicação em culturas perenes, como o cafezal, faz perder considerável área com ruas mortas. BERTONI (1957), estudando o plantio em nível, graficamente, nas mais variadas condições de topografia, concluiu, conforme o Quadro 3, que tal alegação não deve ser considerada, pois, de acordo com as determinações efetuadas, mesmo nos casos extremos de variação de topografia, a área perdida não ultrapassa 4%.

QUADRO 2 – Efeito de práticas conservacionistas em culturas anuais sobre as perdas por erosão.

Práticas	Perdas de	
	solo	água
	t/ha	% chuva
Morro abaixo	26,1	6,9
Contorno	13,2	4,7
Contorno + alternância de capinas	9,8	4,8
Cordões de cana-de-açúcar	2,5	1,8

QUADRO 3 – Área perdida por ruas mortas.

Classes de Topografia	Declive	Área perdida
	%	%
Suave	2 a 5	3,2
Amorreada	5 a 15	3,7
Montanhosa	15 a 30	2,4
Irregular	5 a 30	3,9

3 LOCAÇÃO DAS NIVELADAS BÁSICAS

No plantio em nível, para servirem de guia no traçado das linhas de plantas, são inicialmente locadas algumas linhas niveladas básicas, de preferência no mesmo espaçamento dos terraços.

As paralelas tiradas dessas linhas niveladas poderão ser marcadas por um dos seguintes sistemas: a) paralelas para baixo das niveladas; b) paralelas para cima das niveladas; c) paralelas tanto para baixo como para cima das niveladas, e, d) paralelas ora para baixo, ora para cima das niveladas (Figura 1).

Na marcação de **paralelas para baixo das niveladas,** as linhas são tiradas paralelas em relação à nivelada superior, indo terminar na linha nivelada inferior, onde também terminarão as ruas mortas; é o sistema recomendado para terrenos pouco permeáveis.

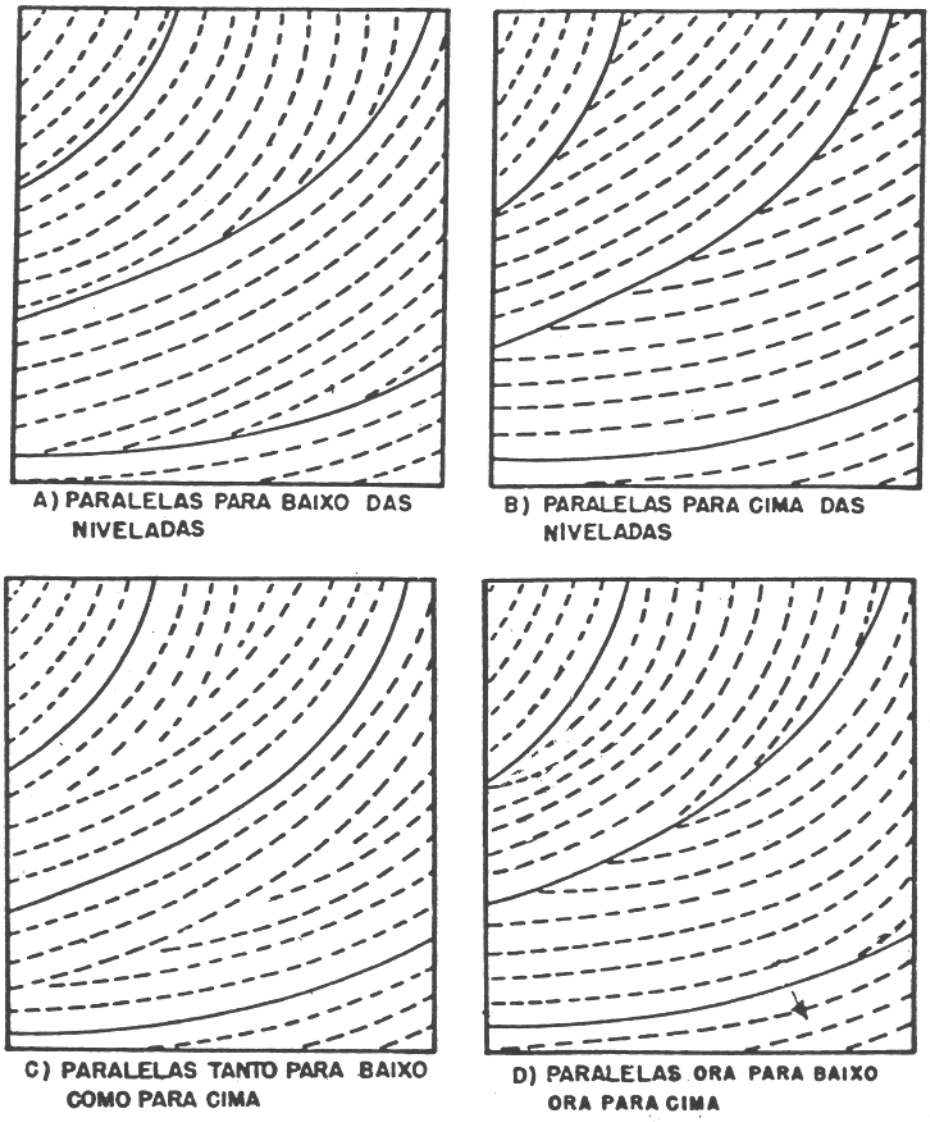


FIGURA 1 - Sistema de plantio em nível.

Na marcação de **paralelas para cima das niveladas,** as fileiras de plantas são tiradas em relação à nivelada inferior, indo terminar na linha nivelada superior, onde também terminarão as ruas mortas; é o sistema indicado para terrenos permeáveis, visando à retenção dos excessos de chuva.

No processo de marcação de **paralelas tanto para baixo como para cima,** as fileiras de plantas são paralelas a partir da nivelada superior e a partir da nivelada inferior até se encontrarem no meio, onde ficarão também as ruas mortas; é o sistema aconselhado para os terrenos de permeabilidade média e de topografia acidentada.

No último **processo,** as fileiras de plantas são tiradas **ora para baixo, ora para cima,** entre as duas niveladas, de forma a fazê-las com caimento num único sentido, rumo a canais escoadouros; é o sistema recomendado para os terrenos de fraca permeabilidade, onde houver necessidade de prever o escoamento dos excessos de enxurrada.

O sistema B tem a grande vantagem de que as ruas mais próximas do nível, junto às linhas básicas inferiores, é que deverão receber maior volume de enxurrada, tornando o plantio em nível mais eficiente.

O sistema D é muito usado para as culturas permanentes (café, citros, etc.), no qual as ruas mortas terminam em niveladas básicas alternadas, onde deve ser feito um carreador em nível que facilitará as manobras de máquinas.

Não há dados de pesquisa para determinar os limites de declividade e de comprimentos de rampa a usar no plantio em nível, embora este seja eficaz nos comprimentos de rampa relativamente curtos, variáveis com a topografia do terreno. Podemos adotar como guia, para os limites de declividade e de comprimento de rampa, os dados constantes do Quadro 4, ou utilizar o espaçamento do terraço ao qual essa prática está geralmente associada (veja o capítulo sobre Terraceamento Agrícola, neste volume).

QUADRO 4 – Limites de comprimentos de rampa e declividade para o plantio em nível.

Declividade	Comprimento de rampa máximo
%	m
2	120
4–6	90
8	60
10	30
12	24
14–24	18

A marcação das linhas niveladas básicas pode ser feita, com precisão, pelos diversos níveis de engenharia, empregando, com bons resultados, seus diversos tipos de instrumentos: o nível de borracha, o nível de precisão e os vários tipos de trapézios de madeira.

4 ENLEIRAMENTO EM NÍVEL

Como alternativa da queima de restos culturais pode-se usar, nas áreas menos tecnificadas, o enleiramento de restos culturais em nível. Essa técnica é indicada onde se faz apenas uma cultura por ano e o preparo do solo é feito manualmente ou com equipamento de tração animal.

No caso de desbravamento de terreno como cerrado, capoeira ou mesmo "pasto sujo", é recomendável fazer o enleiramento dos restos da vegetação em vez de queimá-los. Nesses casos, os efeitos no controle da erosão são mais eficientes, tendo em vista o maior volume do material e sua demora na decomposição.

Na faixa do enleiramento há desenvolvimento de uma vegetação espontânea que, além de cobertura vegetal do solo, representa obstáculos para reduzir a velocidade do escoamento superficial, apresentando resultados satisfatórios no controle da erosão. O enleiramento em nível também condiciona o agricultor a fazer o preparo do solo, o plantio e os cultivos em nível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J. **Determinação do número de cafeeiros plantados em contorno.** Campinas, SP, Instituto Agronômico, 1957. 12p. (Boletim, 87).

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** Ícone, São Paulo, 1990. 355p.

FAIXA DE VEGETAÇÃO PERMANENTE

Francisco Lombardi Neto(1)

1 INTRODUÇÃO

Faixas ou cordões de vegetação permanente são fileiras de plantas perenes e de crescimento denso, dispostas com determinado espaçamento horizontal e sempre em nível. Em culturas anuais cultivadas continuamente na mesma faixa, ou em rotação, são intercaladas faixas estreitas de vegetação cerrada, formando os cordões de vegetação permanente.

Também nas culturas perenes podem ser usadas as faixas de vegetação permanente, formando barreiras vivas entre as árvores para controlar a erosão.

Quebrando a velocidade de escorrimento da enxurrada, o cordão de vegetação permanente provocará a deposição de sedimentos transportados e facilitará a infiltração da água que escorre no terreno, concorrendo para diminuir a erosão do solo. Esses cordões possibilitam a formação gradual de terraços com o correr dos anos; com o preparo do solo e com os cultivos que se fazem entre as faixas, e também como resultado da própria erosão, a terra vai sendo deslocada do seu lado de cima, formando, gradativamente, terraços e com um pequeno trabalho de acabamento estes serão terminados. Assim, os cordões de vegetação permanente poderão não apenas substituir os terraços como, também, representar a fase inicial de sua construção.

2 A FAIXA DE VEGETAÇÃO PERMANENTE E AS PERDAS POR EROSÃO

O cordão de vegetação permanente é uma prática bastante eficiente do controle de erosão, chegando quase a se equivaler aos terraços. Os dados obtidos pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas, apresentados no Quadro 1 (Plantio em nível) revelam que essa prática controla cerca de 80% das perdas de solo e 60% das perdas de água.

Para as condições de nossa agricultura, tais cordões apresentam, de modo geral, sobre os terraços, a grande vantagem de sua simplicidade e facilidade de execução. Mesmo locados sem grande precisão, apresentarão eficiência satisfatória, o que facilitará o seu emprego pelos agricultores que disponham de pequenos recursos técnicos.

Os limites de declividade em que podem ser aplicados com sucesso ultrapassam os atingidos pelos terraços de base larga, podendo ser empregados com relativa segurança até a declividade de 60%.

Quando os cordões de vegetação permanente são usados como meio de formação natural dos terraços, convém que já sejam marcados com o espaçamento e gradiente recomendados para os terraços, sendo necessário, então, um pouco mais de cuidado e precisão no seu nivelamento.

Seu principal inconveniente, relativamente aos terraços, é a diminuição da área destinada às culturas anuais. Nos terraços de base larga, toda a área do terreno, inclusive aquela ocupada pelo camalhão e pelo canal do terraço, poderá ser coberta com a cultura, sem qualquer diminuição da área útil. Por exemplo, em uma faixa de 30m de cultura de algodão protegida com cordões de vegetação permanente de 3m de largura, 10% da área da cultura principal seria ocupada com a vegetação protetora; porém, quando se utiliza a cana-de-açúcar como planta protetora de formação dos cordões, pode-se retirar dela um rendimento ou uso econômico, sendo empregada como forrageira para alimentação dos animais da propriedade agrícola ou mesmo para moagem e industrialização.

---

(1)Eng.º Agr.º Pesq.Cient. SAA/CPA/IAC-Seção de Conservação do solo.

3 ESPAÇAMENTO DAS FAIXAS DE VEGETAÇÃO PERMANENTE

A distância entre os cordões de vegetação permanente varia com a declividade do terreno e com as condições do solo; de preferência, deve ser usada a mesma tabela dos terraços. A fim de facilitar o trabalho de locação, poderá ser seguida a orientação indicada no Quadro 1.

QUADRO 1 – Espaçamento de cordões de vegetação permanente.

Declividade	Solo arenoso		Solo argiloso		Solo roxo	
	Espaçamento		Espaçamento		Espaçamento	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
	m	m	m	m	m	m
até 4%	0,90	30	1,00	33	1,30	43
5–8%	1,20	20	1,35	23	1,75	29
8–22%	1,50	15	1,70	17	2,20	22

Para implantação das faixas ou cordões de vegetação permanente, locam-se as niveladas básicas (linhas em nível) e sobre estas planta-se uma faixa da vegetação escolhida. Veja representação esquemática da Figura 1.

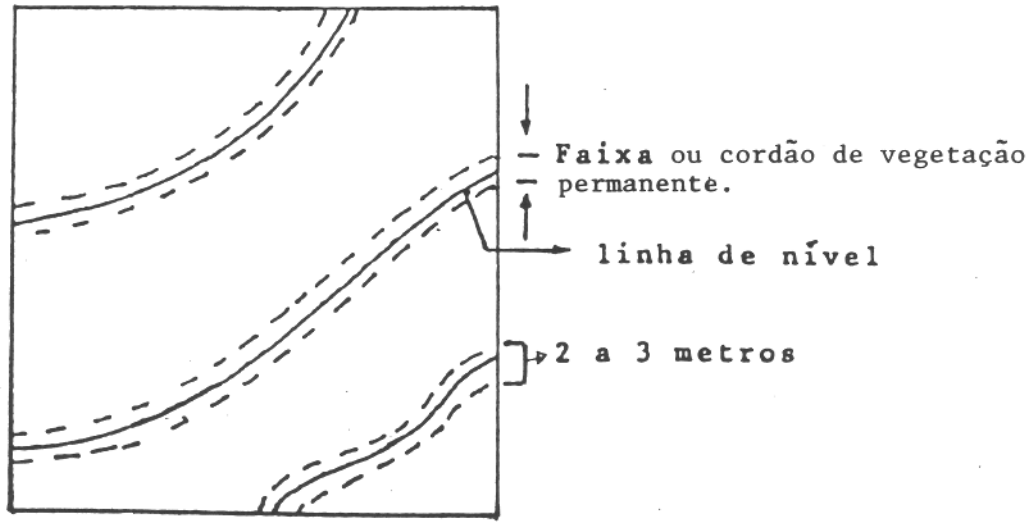


FIGURA 1 - Representação esquemática de como locar a faixa de vegetação permanente em relação à nivelada básica.

Os cordões de vegetação permanente deverão ter de 2 a 3m de largura. A vegetação a empregar na sua formação, além de apresentar, de preferência, valor econômico subsidiário para a fazenda, deverá possuir as seguintes características: crescimento rápido e cerrado; formação de uma barreira densa junto ao solo; durabilidade; não possuir caráter invasor para as terras de culturas adjacentes; e não fornecer abrigo para moléstias e pragas das culturas em que tiver que ser intercalada.

As espécies mais usadas para a formação dos cordões de vegetação permanente são: a cana-de-açúcar, que oferece valor econômico pela utilização em forragem de alimentação do gado ou na industrialização; o vetiver, que pode ser utilizado para extração, por destilação das raízes, da essência de sândalo, proporcionando uma barreira mais densa e cerrada que a cana-de-açúcar; a erva-cidreira, que também fornece um óleo essencial, com boa barreira e a vantagem do porte menor; os capins gordura,

napier e guatemala, que podem ser usados como feno, produzindo uma barreira bastante densa e bem-ligada ao solo.

Para a proteção das culturas perenes, os cordões de vegetação permanente deverão ser formados com plantas vivazes, de pequeno porte e de crescimento bastante denso e cerrado junto à superfície do solo, de modo a formar barreiras contra o escoamento da enxurrada. Além do controle da erosão, as plantas utilizadas deverão oferecer possibilidade de uso econômico, não apresentar perigo de praguejamento e não competir com as culturas entre as quais serão plantadas. As espécies mais recomendadas são: o isote, o capim-chorão, a erva-cidreira, a leucena. O essencial é que a planta escolhida forme um bom obstáculo ao arraste do solo.

A aplicação de cordões e vegetação permanente, em culturas perenes, tem sido muito discutida pela competição que possam fazer à cultura principal; deve-se ter em mente, contudo, a quantidade de material orgânico que proporciona ao solo e também que sua área de ocupação é muito pequena em relação à área total da cultura.

Os cordões de vegetação permanente serão mais eficientes se formados em nível; porém, quando as ruas de culturas estiverem em linhas retas, esses cordões serão interrompidos quando encontrarem árvores em seu alinhamento. O espaçamento entre os cordões de vegetação permanente deverá ser aproximadamente o mesmo dos terraços tipo de base estreita, também chamados cordões em nível.

Em terrenos de inclinação muito forte, os cordões de vegetação permanente deverão ter o mesmo espaçamento dos terraços tipo patamar, que, nesse caso, seriam necessários; esses cordões poderão ser usados, também, para formação natural dos terraços patamar, graças à retenção gradual da terra, que vai sendo deslocada das faixas que lhes ficam acima, tornando uma prática cuja construção é bastante cara a um custo praticamente nulo.

4 FAIXA DE VEGETAÇÃO PERMANENTE E A EROSÃO EÓLICA

A faixa ou cordão de vegetação permanente pode ser usado no controle da erosão eólica, formando com ele os quebra-ventos, que são locados perpendicularmente à direção dominante dos ventos.

Quebra-ventos consistem em uma barreira densa de árvores, colocadas a intervalos regulares do terreno, nas regiões sujeitas a ventos fortes, nos lugares suscetíveis de erosão eólica, de modo a formarem anteparos contra os ventos dominantes.

A função dos quebra-ventos é, fundamentalmente, reprimir a ação do vento na superfície do solo, protegendo as plantas cultivadas e o solo contra a erosão eólica: deverá ser o mais alto e o mais cerrado possível na direção perpendicular dos ventos dominantes, de preferência ao longo das divisas dos terrenos.

Os quebra-ventos mais eficientes são aqueles com diferentes espécies de plantas, fornecendo uma barreira mais densa em determinada altura; as plantas de menor porte são colocadas na frente, aumentando gradualmente de porte até as mais altas. O vento será, assim, desviado para cima por uma superfície inclinada de copa de árvores. Quanto mais altos os quebra-ventos, mais longe farão sentir a sua influência.

Para a formação de fileiras de árvores destinadas a funcionar como quebra-ventos, podem ser utilizadas as seguintes: o eucalipto, o bambu, a tefrósia, o cipreste. A altura, a forma, o comprimento e a localização das barreiras com relação ao vento são os fatores mais importantes na sua eficiência.

Quando o vento sopra um ângulo reto de uma barreira de árvores, sua velocidade é reduzida a 70-80%; a uma distância igual a 20 vezes a altura da barreira, a velocidade é reduzida a 20%, porém, a uma distância de 30-40 vezes a sua altura, não há efeito da barreira sobre a velocidade do vento. Pela redução dessa velocidade, as barreiras provocam uma diminuição da evaporação potencial no terreno entre elas, fornecendo assim um ambiente mais favorável à planta. O quebra-vento, protegendo uma faixa de 20 vezes a altura das árvores, significa que, utilizando árvores de 15m de altura, ele deverá proteger uma faixa de cerca de 300 metros.

Os cordões de vegetação permanente, formando quebra-ventos de pequeno porte, são também eficazes no controle da erosão eólica, desde que plantados na direção perpendicular dos ventos predominantes.

Os quebra-ventos podem ser usados no controle da erosão eólica em locais onde a chuva é suficiente para o plantio de árvores. Quebra-ventos esparramados numa área impedem a ação do vento na superfície do solo dos terrenos cultivados, evitando o levantamento de poeiras e a formação de dunas

de areia. A escolha das árvores que vão formar as fileiras de árvores dependem do tipo de solo e da disponibilidade de umidade do solo. Além das árvores, devem-se plantar arbustos, para que a proteção seja efetuada desde a superfície do solo.

Com os quebra-ventos, algum efeito é produzido na velocidade do vento no terreno anterior às árvores, porém a influência maior na redução dessa velocidade é no terreno após os quebra-ventos, podendo-se observar até a distância de 450 metros. O efeito dos quebra-ventos na velocidade do vento, determinado pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos, pode ser verificado pela Figura 2.

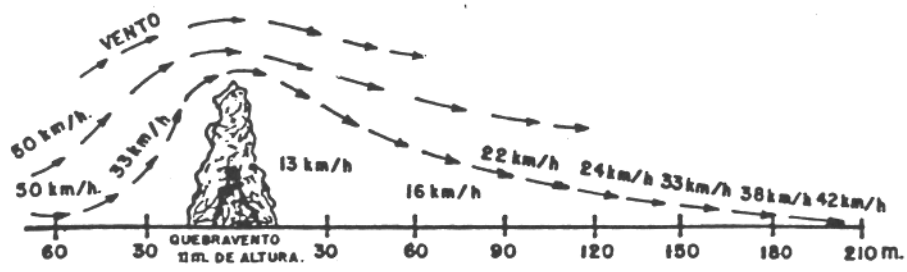


FIGURA 2 - Efeito do quebra-vento na redução da velocidade do vento.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** Ícone, São Paulo, 1990. 355p.

TERRACEAMENTO AGRÍCOLA

Francisco Lombardi Neto [1]
Ricardo Bellinazzi Júnior [2]
Igo Fernando Lepsch [4]
João Bertoldo de Oliveira [4]
Dorival Bertolini [2]
Paulo Anestar Galeti [3]
Mário Ivo Drugowich [2]

1 INTRODUÇÃO

As práticas mecânicas de controle à erosão são procedimentos onde as porções de terra são dispostas adequadamente em relação ao declive do terreno. Essas práticas têm a finalidade de parcelar o comprimento de rampa, possibilitando a redução da velocidade e subdividindo o volume do deflúvio superficial para possibilitar sua infiltração no solo, ou disciplinar o seu escoamento até um leito estável de drenagem natural.

O terraço é uma das práticas mecânicas mais antigas e eficientes de controle de erosão das terras cultivadas, sendo constituído de um canal e um camalhão ou dique levantado com terra removida do canal (Figura 1).

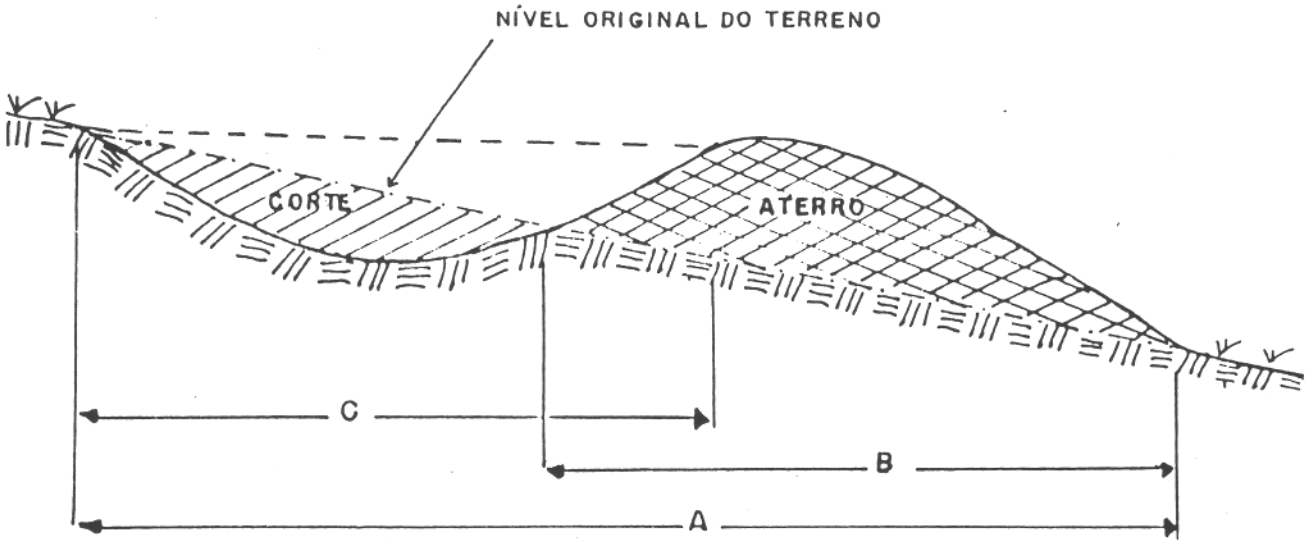


FIGURA 1 - Representação esquemática de um terraço em perfil, mostrando a faixa de movimentação de terra (A), o camalhão ou dique (B) e o canal (C).

[1] Eng.° Agr.°, Pesq. Cient. SAA/CPA-IAC - Seção de Conservação do Solo
[2] Eng.° Agr.°, SAA/CATI-DEXTRU-CTRN
[3] Eng.° Agr.°, SAA/CATI-DIRA de Campinas
[4] Pesq. Cient. SAA/CPA-IAC - Seção de Pedologia

Os terraços têm como princípio o seccionamento ou subdivisão dos comprimentos de rampa de forma a interceptar a enxurrada antes que ela se avolume e atinja alta velocidade ganhando poder erosivo.

O terraceamento nada mais é que um conjunto de terraços projetados, segundo as condições locais, para controlar a erosão de uma determinada gleba (Figura 2).

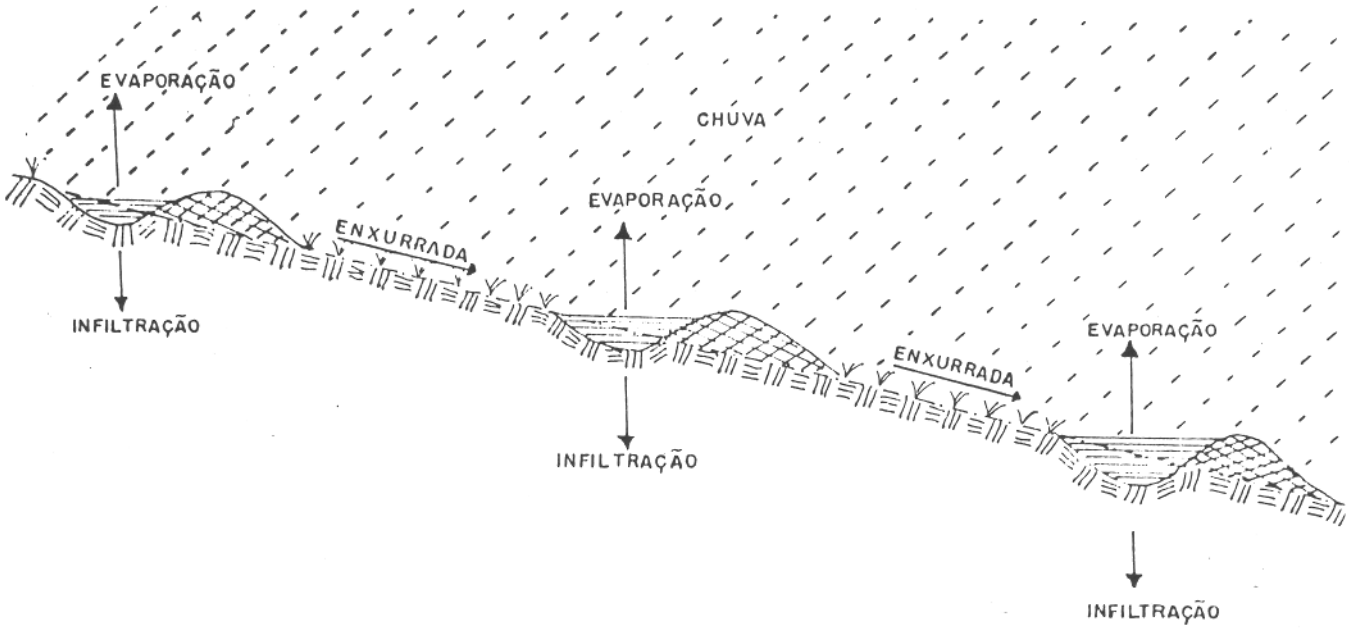


FIGURA 2 - Representação esquemática de um terraceamento, mostrando a retenção das águas da enxurrada e o parcelamento do declive.

O custo de construção e manutenção de um sistema de terraceamento é relativamente alto, portanto, antes da adoção dessa tecnologia, deve ser feito um estudo criterioso das condições locais de clima, solo, sistema de cultivo, culturas a serem implantadas, relevo do terreno e equipamento disponível, para que se tenha segurança e eficiência no controle da erosão.

O rompimento de um terraço pode levar à destruição dos demais terraços que estejam a jusante, com grandes prejuízos à área cultivada, tendo em vista a concentração do deflúvio superficial em estreita faixa no sentido do maior declive.

Apesar da grande eficiência do terraceamento no controle da erosão, para o seu sucesso não deve ser utilizado como prática isolada, e sim associado a outras práticas complementares, como preparo do solo, plantio e cultivo em nível, rotação de culturas, manejo de restos culturais, adubação química, calagem e outras.

2 TIPOS DE TERRAÇOS

Desde o início da sua utilização, os terraços vêm sofrendo variações na sua forma, devido, sobretudo, às condições locais (clima, solo, declividade e sistema de cultivo) e da disponibilidade de máquinas e implementos para a construção e manutenção. Daí a existência, na atualidade, de diversos tipos de terraços que poderiam ser classificados de acordo com sua **função, modo de construção, dimensões e forma de seu perfil,** cada um atendendo melhor às condições específicas de cada gleba cultivada ou propriedade agrícola.

Embora existam vários tipos de terraços, a sua finalidade é sempre parcelar o comprimento de rampa, evitando que o deflúvio superficial se avolume e ganhe velocidade suficiente para causar erosão.

2.1 Terraços quanto à função

A finalidade básica de todo terraceamento é o controle da erosão. Esse objetivo é atingido por terraços que proporcionem a interceptação e o disciplinamento do escorrimento superficial, ou por aqueles que, retendo a água do escorrimento superficial, promovam a sua infiltração no solo. Pode-se portanto, quanto à função, distinguir dois tipos básicos de terraços: **terraços em desnível** ou de **drenagem,** com gradiente, com função de interceptar e escoar disciplinadamente o excesso de água que se escoa superficialmente; e **terraços em nível** ou de **infiltração,** com a função de reter o deflúvio superficial para posterior infiltração da água no perfil do solo.

O terraço em nível é, portanto, recomendado para solos que possuam boa permeabilidade, possibilitando uma rápida infiltração das águas até as camadas mais profundas (Figura 3).

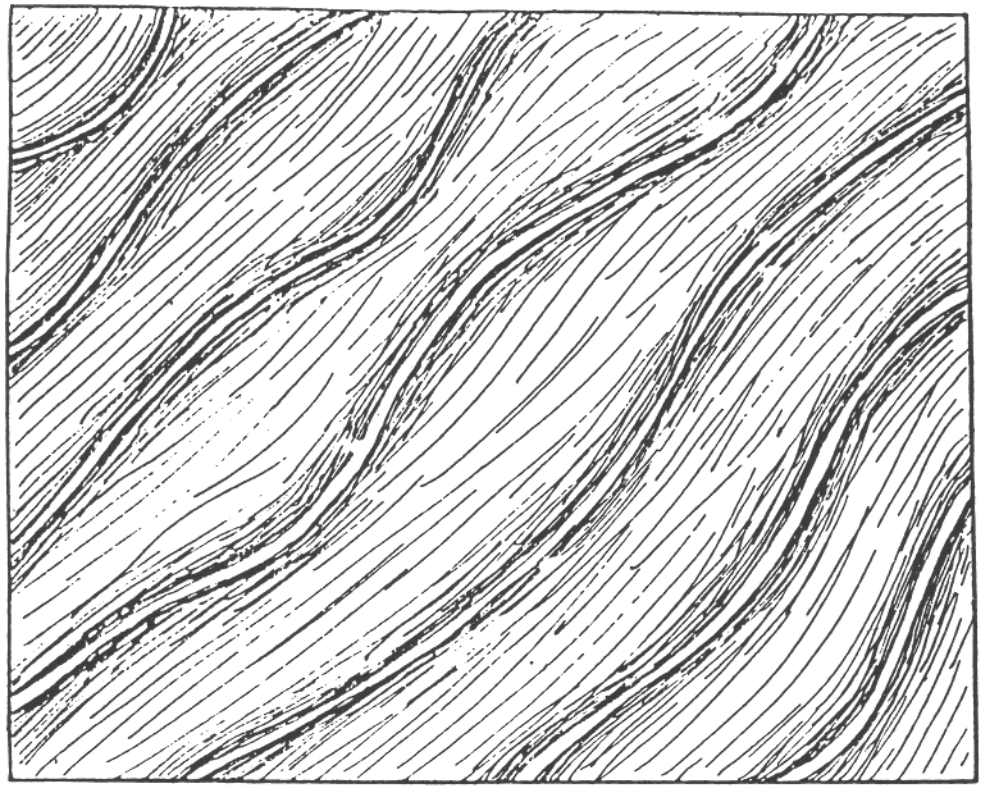


FIGURA 3 - Sistema de terraceamento com terraços em nível ou de infiltração (representação esquemática).

O terraço em desnível é indicado para solos com permeabilidade moderada ou lenta no seu perfil, que impossibilite uma infiltração em intensidade adequada das águas provenientes das chuvas. Portanto, esse tipo de terraço está sempre associado a canais escoadouros, sejam eles naturais ou artificiais, com a finalidade de conduzir disciplinadamente as águas da chuva que excedem a capacidade de infiltração do solo (Figura 4).

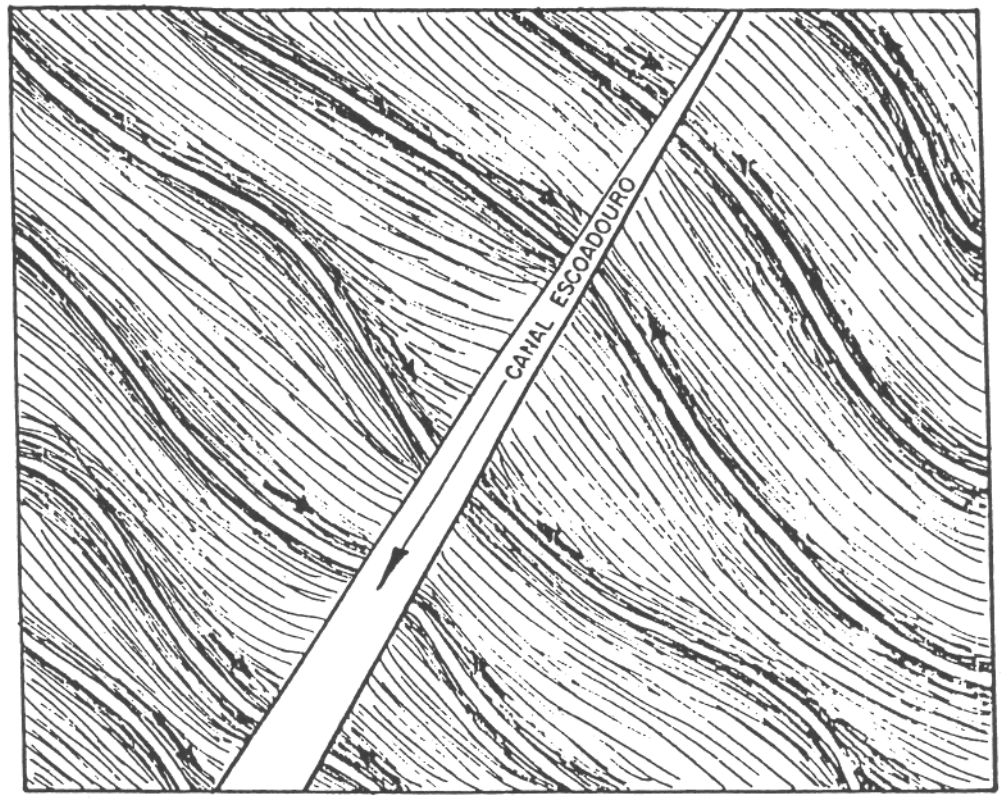


FIGURA 4 - Sistema de terraceamento em desnível ou com gradiente, mostrando o canal escoadouro que recebe as águas dos terraços (representação esquemática).

A escolha do tipo de terraço a ser construído, quanto à sua função, está ligada principalmente às propriedades físicas do solo que determinam a permeabilidade da água no seu perfil. Daí a importância do conhecimento da textura, estrutura, profundidade efetiva e permeabilidade da camada superficial e subsuperficial do solo no planejamento de um terraceamento.

2.2 Terraços quanto à construção

Na construção dos terraços para a formação do canal e do camalhão, a movimentação de terra pode ser feita de duas maneiras diferentes, dando origem a dois tipos básicos de terraços: o **Nichols** e o **Mangum.**

O terraço tipo Nichols é construído cortando-se a terra e movimentando-a sempre de cima para baixo. Portanto, a terra que forma o camalhão é retirada da faixa imediatamente superior, resultando nela o canal. Esse tipo de terraço apresenta o canal em forma triangular, podendo ser construído em terraços com declividades mais acentuadas. Tendo em vista que o camalhão é formado com a terra da faixa superior, através de "tombamentos" sucessivos sempre para baixo, o implemento que melhor rendimento apresenta para essa forma de construção é o arado reversível (Figura 5).

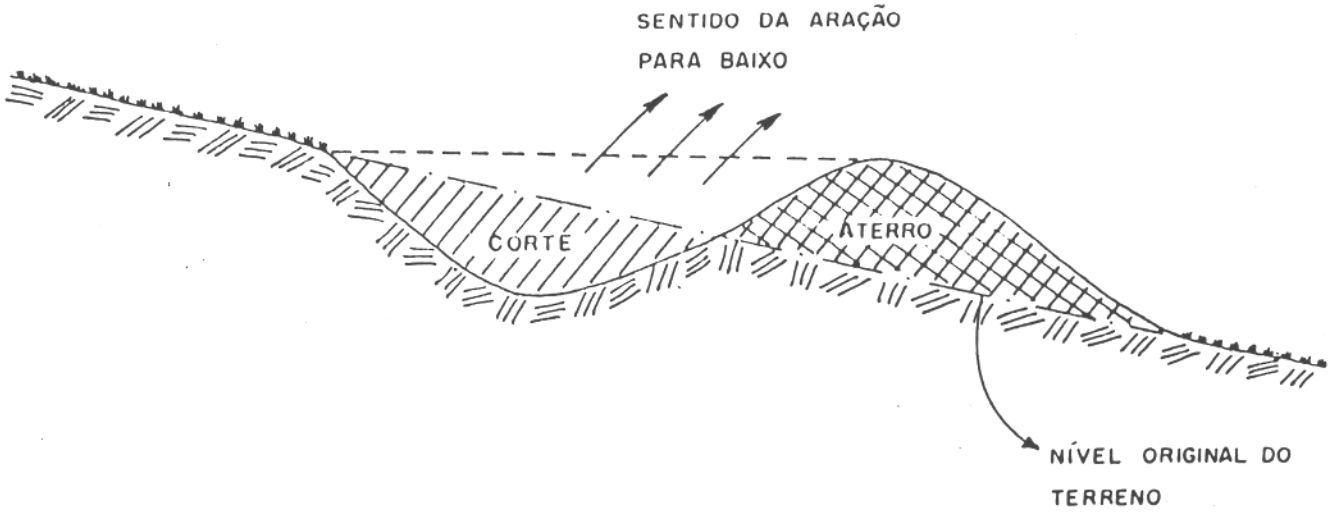


FIGURA 5 - Esquema do perfil de terraço tipo Nichols, construído com arado tombando somente de cima para baixo.

O **terraço tipo Mangum** é construído movimentando a terra de uma faixa mais larga que a anterior, "tombando" de cima para baixo e de baixo para cima, ora num sentido, ora no outro, alternadamente, em "passadas" de idas e voltas do implemento. São terraços com canais mais largos e rasos que o anterior e a secção do canal tem a forma trapezoidal. Esse tipo de terraço pode ser construído com implementos fixos ou reversíveis e sua construção é facilitada em terrenos com declividades mais suaves (Figura 6).

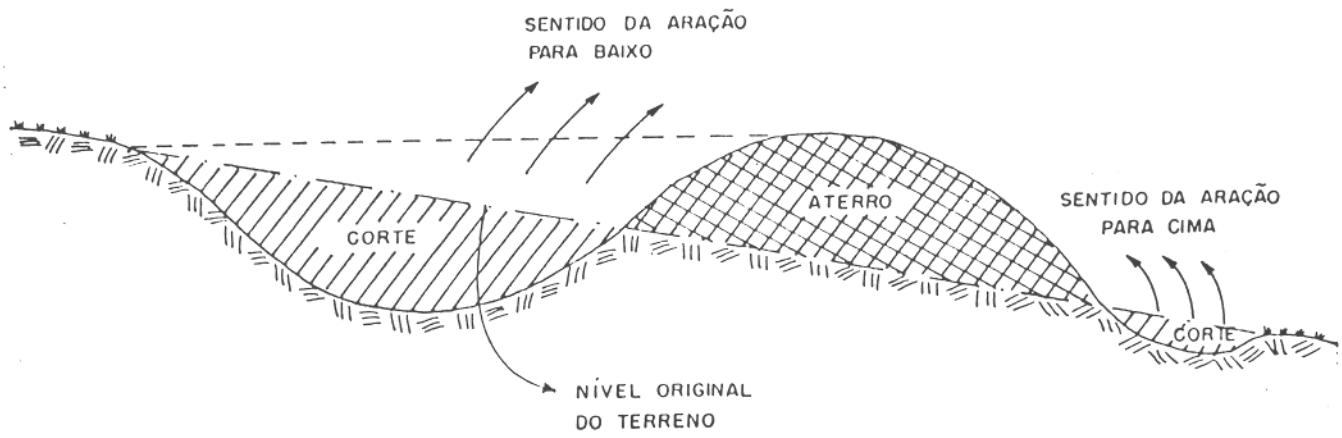


FIGURA 6 - Esquema do perfil de terraço tipo Magnum, construído com arado tombando para baixo e para cima alternadamente.

Entre os implementos disponíveis nas propriedades agrícolas, que podem ser usados na construção de terraços, citam-se o arado de tração animal ou mecânica, fixo ou reversível, de discos ou aivecas, draga em "V", arado redemoinho, lâmina acoplada ao trator de pneu, patrol ou motoniveladora, trator de esteira com lâmina e pá carregadeira.

Em função do tipo de implemento disponível para a construção dos terraços, podem ocorrer pequenas variações quanto à construção ou forma dos tipos básicos apresentados.

2.3 Terraços quanto à dimensão

Considerando a **dimensão do terraço,** ou seja, a largura da faixa de movimentação de terra, os terraços podem ser classificados em: **de base estreita, de base média** e **de base larga.**

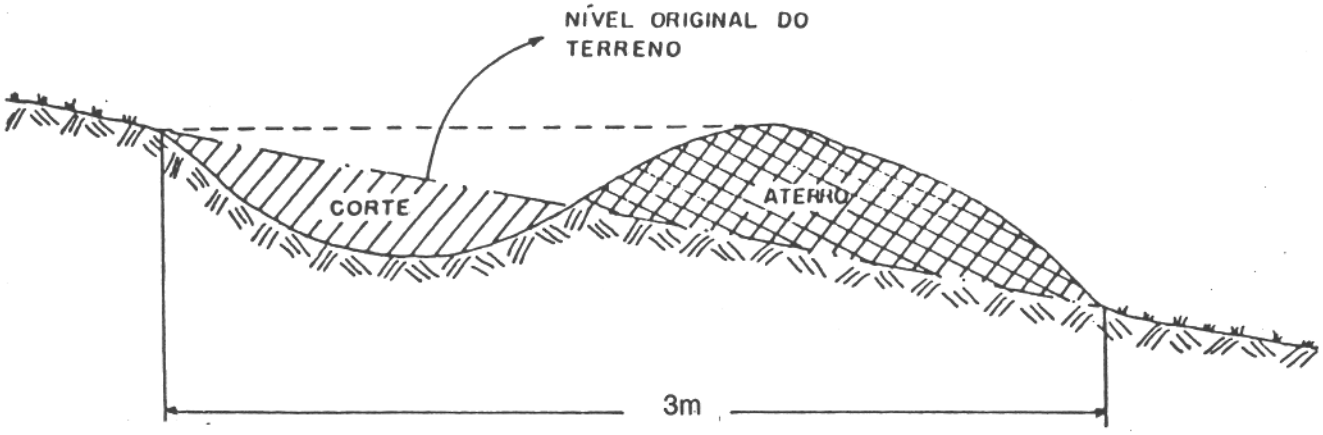
O terraço de base estreita é construído em uma faixa de movimentação de terra de até 3 (três) metros de largura. Esse tipo de terraço é recomendado nas condições em que não for possível instalar o terraço de base média ou larga. Não deve ser utilizado em áreas extensas com declividades inferiores a 15–16% onde outras alternativas possam ser adotadas. Seu uso fica restrito, portanto, às lavouras pequenas, em terrenos inclinados, em caso de deficiência de implementos de maior porte ou precariedade de recursos financeiros do agricultor.

O terraço de base estreita é também conhecido como cordão em contorno, podendo ser construído com ferramentas manuais, com tração animal ou mecânica. O plantio e cultivos sobre a faixa desse tipo de terraço só podem ser feitos com ferramentas manuais, não havendo possibilidade de mecanizá-los; daí esse tipo de terraço ser recomendado para pequenas propriedades com baixos índices de mecanização agrícola.

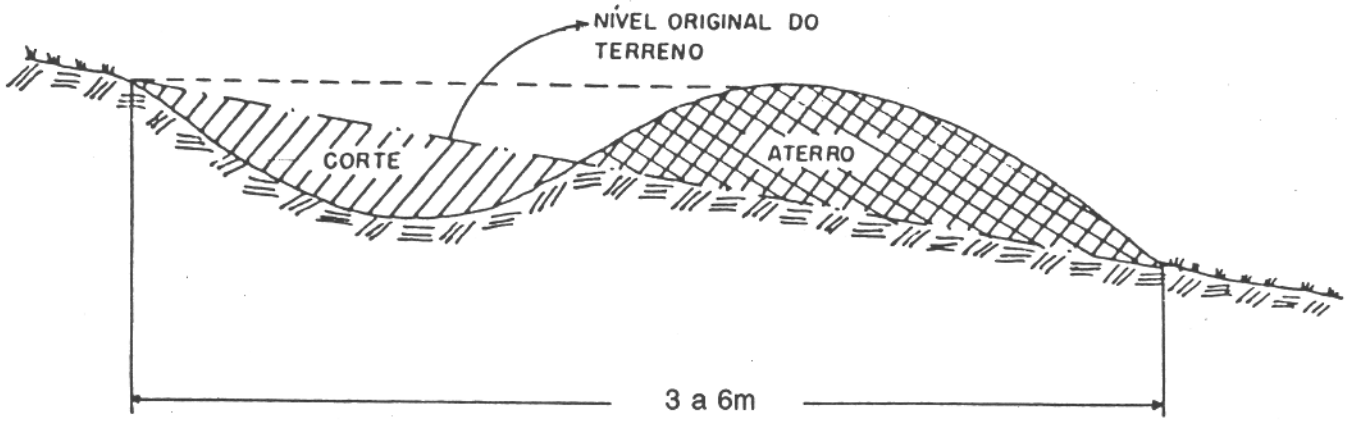
Os terraços de base média são construídos em faixa de movimentação de terra com largura variando entre 3 (três) e 6 (seis) metros. São terraços que podem ser cultivados na maior parte de sua extensão, resultando uma perda de apenas 2,5 a 3,5% do total da área terraceada. Esse tipo de terraço pode ser construído com arados de 3 (três) a 5 (cinco) discos ou aivecas fixos ou reversíveis. São indicados para pequenas e médias lavouras, onde exista disponibilidade de maquinaria de pequeno ou médio porte e a declividade do terreno esteja no máximo entre 10 e 12%.

Os terraços de base larga são construídos numa faixa de movimentação de terra com largura entre 6 (seis) e 12 (doze) metros. Esse tipo de terraço, qualquer que seja o implemento usado na sua construção, constitui-se em solução ideal e definitiva para o controle da erosão.

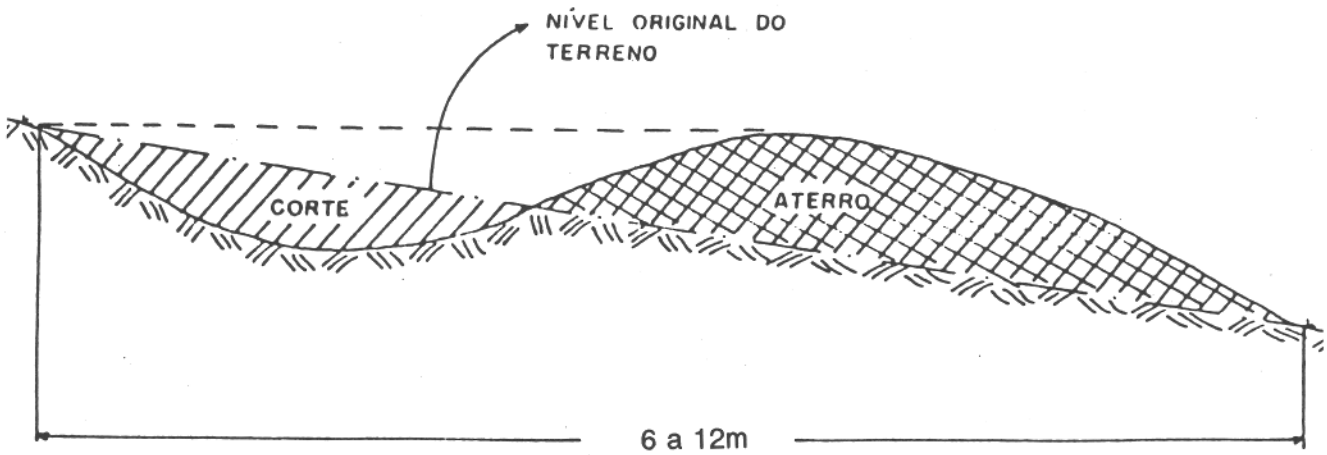
Esses terraços são recomendados para lavouras extensas em terrenos ondulados com declividade de 6 a 8%. Seu alto custo inicial é compensado ao longo dos anos, tendo em vista que pode ser cultivado em toda sua extensão, além de que sua manutenção é feita com o preparo normal do solo. Como nesse caso o cultivo é da área total, não ocorre uma faixa sem plantio onde poder-se-ão multiplicar ervas daninhas, transformando-se em possíveis focos de infestação de doenças e pragas (Figura 7).



A - TERRAÇO DE BASE ESTREITA



B - TERRAÇO DE BÁSE MÉDIA



C - TERRAÇO DE BASE LARGA

FIGURA 7 - Perfis esquemáticos de terraços de base estreita (A), base média (B) e base larga (C), que poderão ser adotados em função das condições locais de solo, declividade, culturas e maquinaria disponível.

Qualquer que seja o tipo de terraço há necessidade de, após a construção, fazer periodicamente a sua manutenção, para que a capacidade de retenção de água do canal seja mantida ao longo do tempo. Seja o terraço de base estreita, média ou larga, o seu dimensionamento, (seção do canal) deve ser calculado em função do espaçamento, regime pluviométrico, cultura a ser implantada, características físicas e o manejo do solo, para que o seu canal tenha dimensões suficientes para reter as águas do deflúvio superficial.

Por outro lado, a definição do tipo de terraço a ser construído é função do sistema de produção e exigência da cultura em tratos culturais. A observação de campo tem mostrado que os terraços de base estreita e média adaptam-se melhor nas áreas de culturas permanentes, e os terraços de base larga facilitam os tratos culturais mecanizados das culturas anuais.

2.4 Terraços quanto à forma

Outra maneira de classificar os terraços é quanto à **forma de seu perfil,** podendo denominá-los de **terraços comum** e **terraço patamar.**

O terraço comum é uma construção de terra em **nível** ou em **desnível,** composta de um canal e um camalhão ou dique. Esse tipo de terraço é usado em condições normais de agricultura, em terrenos com declividades inferiores a 18%. Grande parte das culturas econômicas brasileiras são implantadas em terrenos com declividade a 18%, portanto os terraços comuns são os mais usados.

Os terraços comuns, dependendo da maneira de construção, podem sofrer variações na sua forma, originando o terraço **"embutido"**, o **"murundum"**, ou **"leirão"**,etc.

O terraço "embutido" caracteriza-se por ser construído de modo que o canal tenha a forma triangular, ficando o talude que separa o canal do camalhão praticamente na vertical. Esse tipo de terraço tem uma boa aceitação entre os agricultores, tendo em vista a sua estabilidade e a pequena área inutilizada no plantio, construído normalmente com motoniveladora ou trator com lâmina (Figura 8).

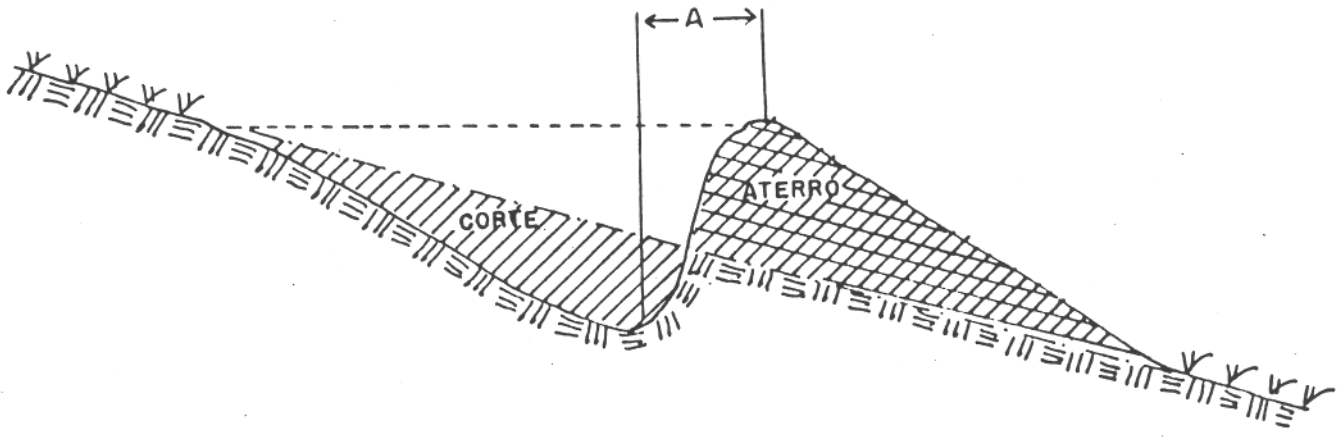


FIGURA 8 - Representação esquemática do terraço "embutido", mostrando o talude vertical e a pequena faixa (A) perdida no plantio.

O terraço "murundum" ou "leirão" geralmente é construído com trator de lâmina ou pá-carregadeira que, ao movimentar grande volume de terra, caracteriza-se por ter um camalhão alto (+ de dois metros) e um canal em forma triangular. Esse tipo de terraço, devido à grande movimentação de terra feita por máquinas pesadas, tem custo elevado em relação aos outros tipos. Devido à altura do camalhão, representa sério entrave ao trânsito de máquinas, além de redução da produção na faixa imediatamente superior, seja pela remoção do solo, seja em alguns casos, por problemas de encharcamento por períodos mais ou menos longos (Figura 9).

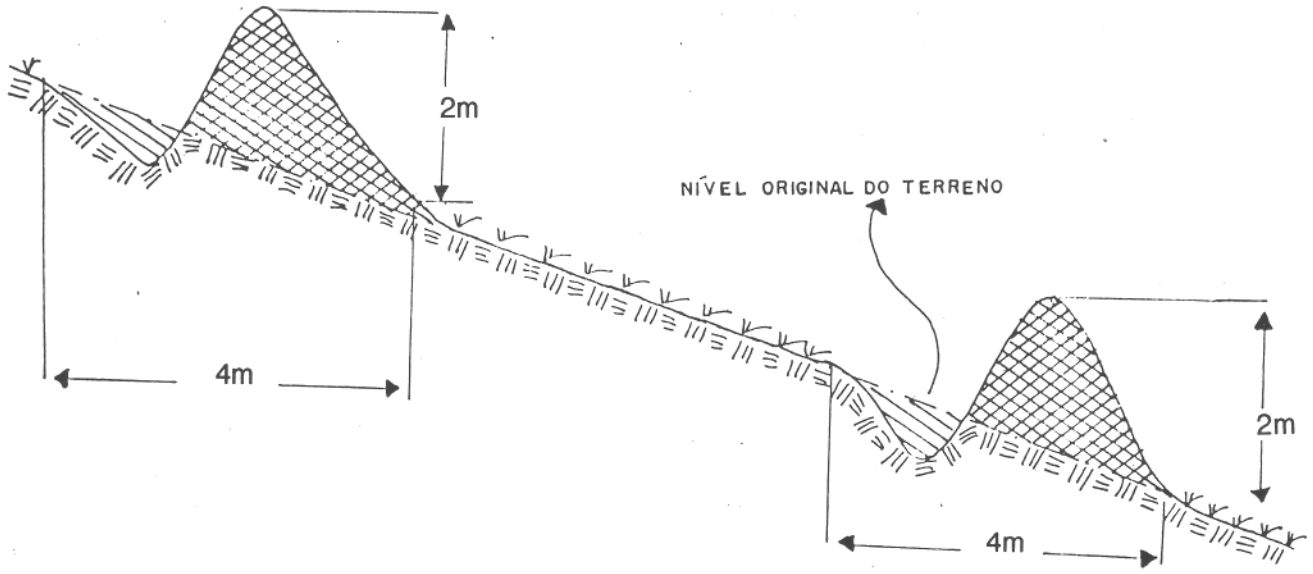


FIGURA 9 - Perfil esquemático de um terraço tipo murundum ou leirão, mostrando uma grande movimentação de terra.

Os terraços em patamar são os verdadeiros terraços, sendo que deles se originam os outros tipos de terraços. São utilizados em terrenos com declividades superiores a 18%, sendo construídos transversalmente à linha de maior declive.

O patamar não só controla a erosão, mas também facilita as operações agrícolas devido à sistematização do terreno (Figura 10).

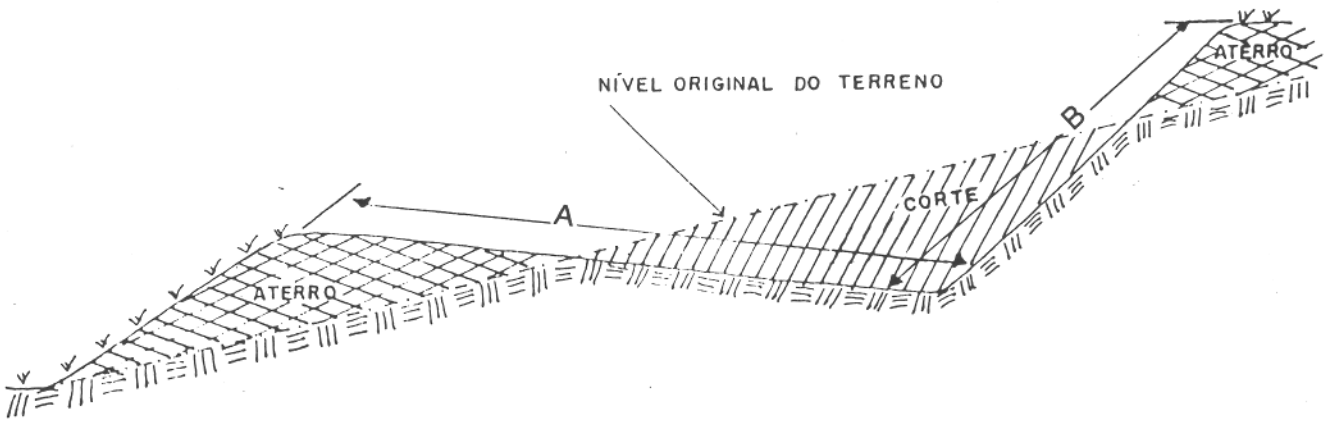


FIGURA 10 - Perfil esquemático de um terraço patamar, mostrando a plataforma (a) com pequeno declive no sentido do talude e o talude (b) com inclinação variável em função da textura do solo.

O terraço patamar é constituído de uma plataforma onde são plantadas as culturas e de um talude que deve ser estabilizado com revestimento de grama ou outro tipo de vegetação.

A plataforma do terraço patamar deve ser limitada por um pequeno cordão de terra na superfície e ter pequena inclinação para o interior, a fim de evitar o escorrimento da água de um terraço para outro imediatamente inferior. Se houver escorrimento de um terraço para outro, pode ocorrer erosão no talude, pondo em risco todo o terraceamento.

Normalmente o terraço patamar é construído com trator de esteira com lâmina, mas em alguns casos pode ser feito com implementos de tração animal e até mesmo manualmente. Esse tipo de terraço, considerando seu alto custo de construção, só é viável economicamente em áreas valorizadas para culturas de alto rendimento (Figura 11).

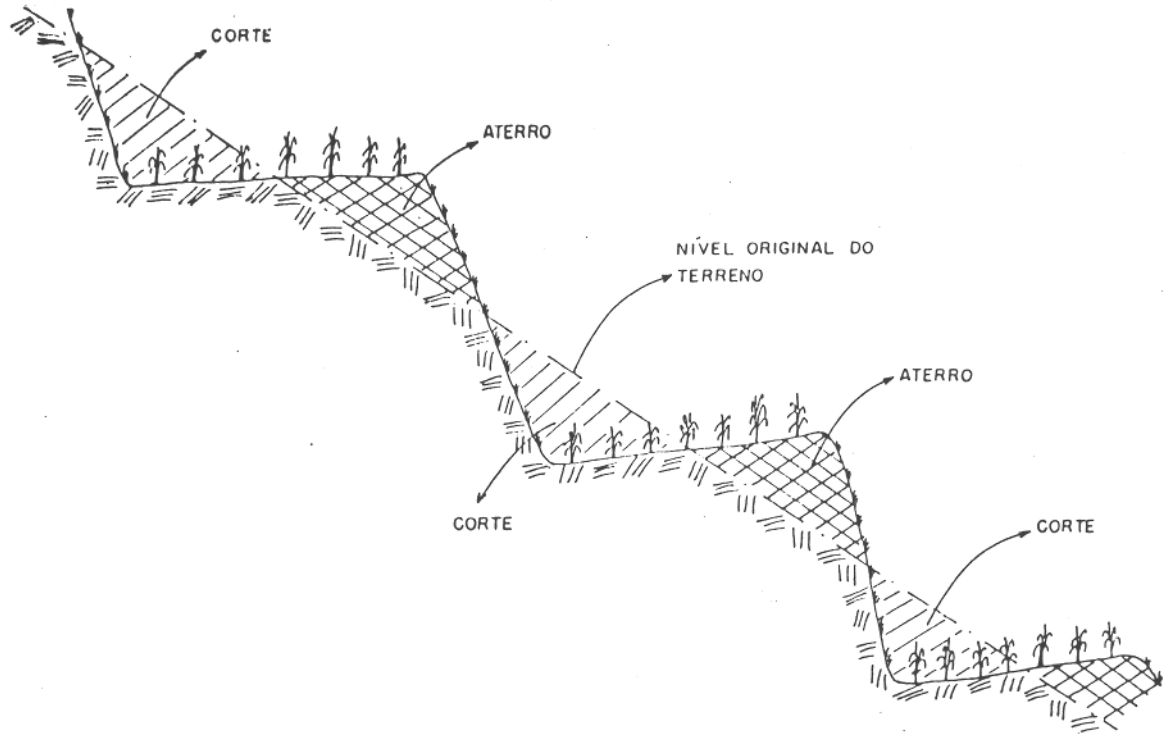


FIGURA 11 - O terraço patamar transforma o terreno em plataformas planas, onde é cultivada a cultura econômica sem problemas de erosão.

Uma variação do terraço em patamar é o **terraço de irrigação** que difere do anterior por ter a plataforma em nível, limitada por um pequeno cordão de terra, onde é feita a cultura com irrigação por inundação. Esse tipo de terraço é muito comum no Sudeste asiático em culturas irrigadas, principalmente arroz (Figura 12).

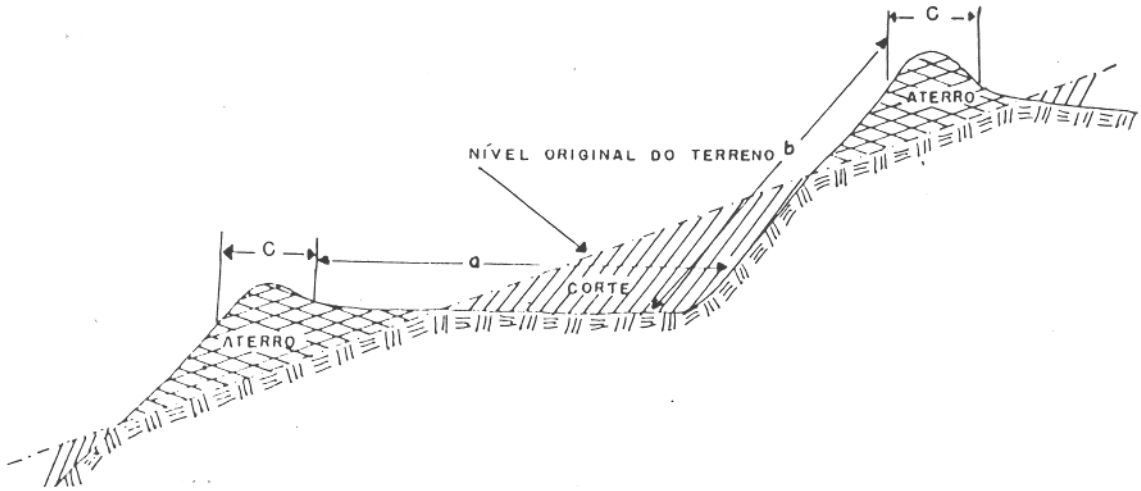


FIGURA 12 - Representação esquemática do terraço patamar para irrigação, mostrando a plataforma em nível (a), o talude (b) e o dique para represamento da água (c).

Quando se têm, no terreno, obstáculos, como pedras ou afloramentos rochosos, ou deficiência de máquinas e equipamentos que não permitam a construção de patamares, pode-se adotar uma variação do patamar que é a **banqueta individual** ou **patamar descontínuo** (Figuras 13 e 14).

A **banqueta individual** é construída manualmente, sendo indicada para culturas permanentes, pois cada planta é cultivada em um pequeno terraço isolado.

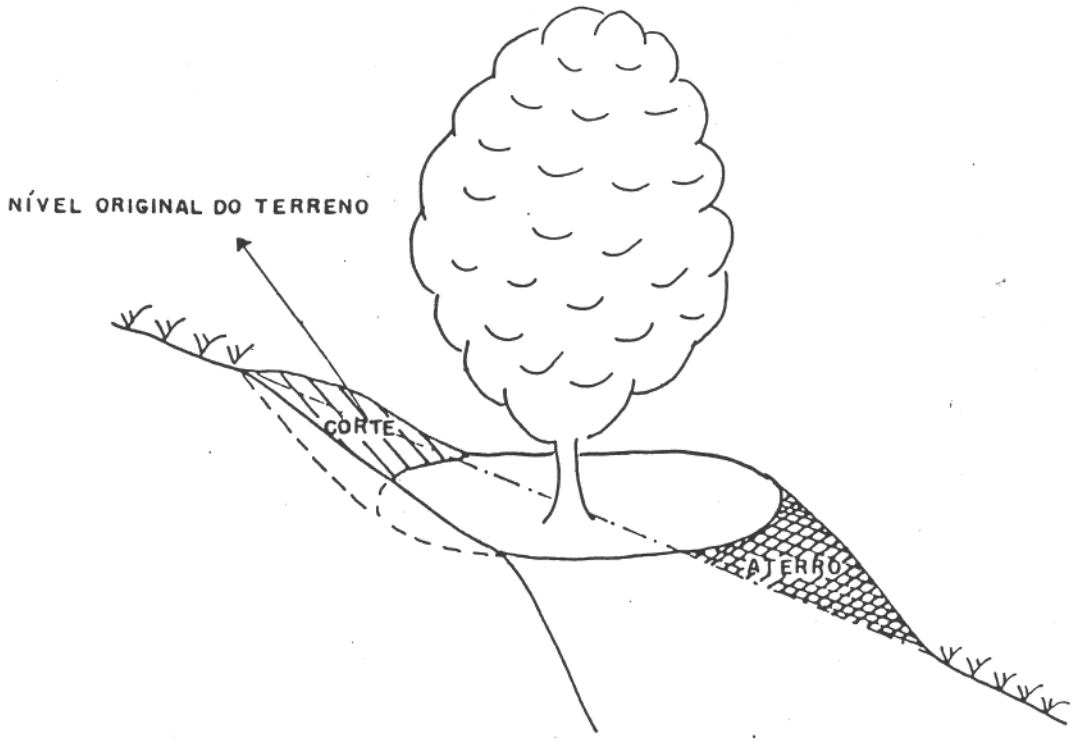


FIGURA 13 - Terraço patamar descontínuo ou banqueta individual usada em terrenos acidentados para culturas perenes.

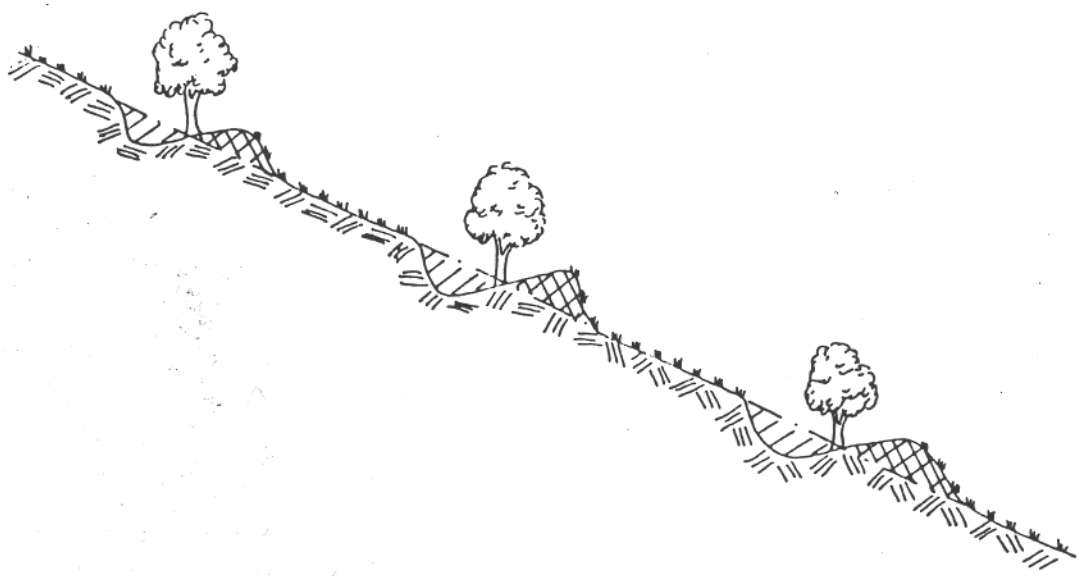


FIGURA 14 - Perfil de um terreno cultivado com cultura permanente plantada em banquetas individuais ou terraço patamar interrompido.

2.5 Fatores que podem determinar a construção de um terraço

Em função das condições locais, características de solo, topografia do terreno, condições climáticas, cultura a ser implantada, sistema de cultivo e disponibilidade de máquinas, define-se qual o tipo de terraço que melhor atende a cada gleba para um eficiente controle da erosão, sem causar transtornos ao agricultor durante as operações agrícolas.

As características físicas de solo que determinam a permeabilidade da água vão definir se o terraço a ser implantado será de infiltração (em nível) ou com gradiente (em desnível).

A declividade do terreno é fator determinante na largura da faixa de movimentação de terra (base estreita, base média ou base larga) e na definição se o terreno a ser construído é do tipo comum ou patamar (acima de 18% só é possivel a construção de terraço patamar).

A quantidade, intensidade e distribuição das chuvas são fatores fundamentais no volume do deflúvio superficial, que por sua vez deve ser levado em consideração no dimensionamento da capacidade de retenção e condução de água, assim como no espaçamento entreterraços.

As culturas e o sistema de cultivo se relacionam diretamente com a intensidade de mecanização que orientarão na escolha do terraço de base estreita, média ou larga.

As máquinas e implementos disponíveis, assim como a situação financeira do agricultor, condicionam o tipo de terraço em função da maior ou menor capacidade de movimentação de terra.

Do ponto de vista somente do controle de erosão, o importante é que o terraço tenha capacidade e segurança na retenção para posterior infiltração, ou na condução disciplinada das águas do deflúvio superficial, independente da sua forma.

O terraço, independentemente do **tipo** e **forma,** é uma construção permanente, mas que periodicamente deve receber a operação de manutenção, sem o que com o tempo sua capacidade de retenção vai sendo reduzida até se tornar inócuo.

3 ESPAÇAMENTO ENTRETERRAÇOS

Para que um sistema de terraceamento funcione com plena eficiência, é necessário um correto dimensionamento, tanto no que diz respeito ao espaçamento entreterraços, como a sua seção transversal. O espaçamento entreterraços é calculado em função da capacidade de infiltração de água no corpo do solo, da resistência que o solo oferece à erosão, do uso e manejo do solo, enquanto a seção transversal deve ser dimensionada em função do volume de água possível de ser escoada pela superfície do terreno situada imediatamente acima do terraço. Das águas da chuva que caem na superfície do solo, parte se infiltra e o excedente escoa pela superfície, sendo recolhida pelo terraço. Se em nível, este deverá reter todo o volume de água escorrida para posterior infiltração, porém, se em desnível, deverá dar vazão ao deflúvio superficial de forma disciplinada, sem causar problemas de erosão.

Por isso, reveste-se de grande importância as práticas conservacionistas também adotadas nas faixas de terra entreterraços, protegendo-as contra o impacto das gotas de chuva, dificultando o escoamento superficial, facilitando sua infiltração no corpo do solo e finalmente abastecendo o lençol freático.

Embora o terraço seja a prática conservacionista mais difundida e utilizada pelos agricultores para controlar a erosão hídrica, o problema da erosão continua ocorrendo nas faixas de terra situadas entre os terraços, sendo, em alguns casos, muito agravado devido ao rompimento de terraços por ocasião de chuvas mais intensas. Por isso, uma gleba com terraços maldimensionados pode apresentar-se com maiores problemas de erosão que outra não protegida com essa prática. Isso se deve a diversos aspectos, alguns relacionados diretamente com o procedimento do agricultor, e com a própria natureza de agricultura implantada, outros com o sistema de manejo da terra adotado, a seguir:

a) o terraço tem sido utilizado como uma prática conservacionista isolada, diminuindo-se por isso sua eficiência no controle à erosão;
b) para dimensionar o espaçamento entreterraços, têm sido padronizadas tabelas empíricas, ou adaptadas de outros países, elaboradas com um número pequeno e insuficiente de informações e que não levam em conta as classes de solos identificadas em levantamentos pedológicos mais recentes;
c) para maiores facilidades de locação e de implantação, a maioria dos terraços tem sido locadas em nível indiscriminadamente, com a finalidade de reter a água e eliminá-la toda unicamente por infiltração, sem considerar o tipo de solo. Dessa forma, nos solos menos permeáveis (principalmente aqueles com B textural) ocorrem fracassos, pois neles o fundo do canal do terraço pode vir a localizar-se

no horizonte B que se caracteriza por ter uma baixa taxa de infiltração. Em conseqüência a água pode acumular no canal até transbordar, quando rompe o camalhão do terraço que é construído predominantemente com material mais arenoso do horizonte A;

d) nos solos com B latossólico (principalmente latossolo roxo) o uso intensivo e inadequado de máquinas e implementos pesados tem ocasionado a formação de uma camada compactada e pouco permeável a uma profundidade de 10 a 20cm. Essa camada diminui a infiltração da água da chuva, aumenta o volume da enxurrada, e contribui para o rompimento dos terraços devido ao transbordamento de água sobre os camalhões;

e) as tabelas em uso não fazem distinção entretipos de uso da terra, além de culturas anuais ou permanentes, embora as pesquisas tenham mostrado que diferentes culturas anuais e permanentes oferecem diferentes proteções ao solo no processo de erosão;

f) as tabelas em uso não levam em consideração o sistema de preparo do solo e manejo dos restos culturais, sendo que dados recentes de pesquisas comprovam que diferentes sistemas de preparo do solo e manejos de restos de cultura apresentam perdas de solo e água, diferenciadas;

g) freqüentemente o terraço é construído com seção transversal menor que o necessário (ao redor de 0,60 – 0,70m^2), fazendo com que mesmo em solos permeáveis não tenha capacidade suficiente para reter toda água por ocasião das enxurradas maiores.

A nova tabela de espaçamento de terraços foi desenvolvida em função de um efetivo controle da erosão, representando um avanço por estar apoiada em dados de pesquisas sobre perdas por erosão de solo e água, considerando tanto a cobertura vegetal, os sistemas de preparo do solo, o manejo de restos culturais, bem como a erodibilidade de classe de solos identificadas em levantamentos pedológicos recentes.

Embora a quantidade de dados utilizados para o estabelecimento da nova tabela de espaçamento para terraços possa ser ainda considerada insuficiente, em face de uma situação ideal, ela apresenta, porém, um maior suporte técnico que as antigas. Contudo, ainda existe uma necessidade de pesquisar mais o assunto, principalmente no que se refere ao uso e manejo do solo para um melhor refinamento dos índices utilizados.

3.1 Cálculo do espaçamento de terraços

A equação utilizada para determinar o espaçamento vertical entreterraços é:

$$EV = 0{,}4518 \cdot K \cdot D^{0{,}58} \cdot \frac{(u + m)}{2}$$

onde:

EV = espaçamento vertical entreterraços, em metros;
D = declive do terreno, em porcentagem;
K = índice variável para cada tipo de solo;
u = fator de uso do solo; e
m = fator de manejo do solo (preparo do solo e manejo de restos culturais).

Para a organização da tabela de espaçamento de terraços utilizando a equação acima foram adotados critérios referentes a **solo; uso da terra; preparo do solo e manejo dos restos culturais** e **declividade,** que serão detalhados a seguir.

• Solo

Estabeleceram-se quatro grupos de solos, de acordo com qualidades e características, conforme especificado no Quadro 1, com seus respectivos índices a serem utilizados na fórmula para a determinação do espaçamento entreterraços.

QUADRO 1 – Agrupamento de solos segundo suas qualidades, características e resistência à erosão e seus respectivos índices.

Grupo	Grupo de resistência à erosão	Principais Características				Grandes Grupos de Solos	K Índice
		Profundidade	Permeabilidade	Textura	Razão Textural (1)		
A	alto	muito profundo (> 2,0m) ou profundo (1,0 a 2,0m)	rápida/rápida moderada/rápida	média/média muito argilosa/muito argilosa argilosa/argilosa	< 1,2	LR, LE, LV, LVr, LVt, LH, LEa, e LVa	1,25
B	moderado	profundo (1,0 a 2,0m)	rápida/rápida rápida/moderada	arenosa/arenosa arenosa/média arenosa/argilosa média/argilosa argilosa/muito argilosa	1,2 a 1,5	Lj, LVP, PV PVL, PLn, TE, PVls, R, RPV, RLV, LEa(3) e LVa(3)	1,10
C	baixo	profundo (1,0 a 2,0m) moderadamente profundo (0,5 a 1,0m)	lenta/rápida lenta/moderada rápida/moderada	arenosa/média(2) média/argilosa(2) arenosa/argilosa arenosa/muito argilosa	> 1,5	Pml, PVp, PVls, Pc e M	0,90
D	muito baixo	moderadamente profundo (0,5 a 1,0m) ou raso (0,25 a 0,50m)	rápida, moderada ou lenta sobre lenta	muito variável	muito variável	Li-b, Li-ag, gr, Li-fi, Li-ac e PVp (rasos)	0,75

(1) Média da porcentagem de argila do horizonte B (excluindo B3) sobre média da porcentagem de argila de todo horizonte.
(2) Somente com mudança textural abrupta entre os horizontes A e B.
(3) Somente aqueles com horizonte A arenoso.

Para facilitar a determinação dos índices relativos a solos nas regiões onde já foram feitos levantamentos semidetalhados, verificar o volume II do Manual de Microbacias Hidrográficas referente ao capítulo classificação para fins conservacionistas do referido manual.

• Uso da terra

Estudos de pesquisas têm mostrado que as diferentes culturas anuais apresentam efeitos diversos nas perdas de solo e água por erosão. Isso demonstra que cada cultura, devido à densidade de cobertura vegetal e do sistema radicular, influi diretamente no processo erosivo.

Baseando nos dados de pesquisa relativo à intensidade de perdas de solo e água, as principais culturas foram reunidas em sete grupos, recebendo cada grupo um índice a ser utilizado como fator de uso da terra na equação (Quadro 2).

QUADRO 2 – Grupo de culturas e seus respectivos índices.

Grupo	Culturas	Índice
1	feijão, mandioca e mamona	0,50
2	amendoim, algodão, arroz, alho, cebola, girassol e fumo	0,75
3	soja, batatinha, melancia, abóbora, melão, e leguminosas para adubação verde	1,00
4	milho, sorgo, cana-de-açúcar, trigo, aveia, centeio, cevada, outras culturas de inverno e frutíferas de ciclo curto, como o abacaxi	1,25
5	banana, café, citros e frutíferas permanentes	1,50
6	pastagens e/ou capineiras	1,75
7	reflorestamento, cacau e seringueira	2,00

Outras culturas, não citadas no Quadro 2, deverão ser enquadradas nos grupos em função da semelhança da intensidade de cobertura vegetal do sistema radicular.

• Preparo do solo e manejo dos restos culturais

A tabela antiga utilizada para determinação do espaçamento entreterraços não considerava o sistema de preparo do solo e o manejo dos restos culturais, sendo, conforme já ressaltado, uma das principais causas do insucesso na utilização do terraceamento.

Considerando os diferentes tipos de manejo de restos culturais e os equipamentos mais comuns usados na agricultura, foram reunidos cinco grupos, recebendo cada grupo um índice que será utilizado como fator de uso do solo e manejo dos restos culturais na equação de espaçamento de terraços (Quadro 3).

Se forem adotados outros tipos de preparo do solo e manejo dos restos culturais não mencionados, procurar enquadrá-los no grupo mais semelhante.

QUADRO 3 – Grupo de preparo do solo e manejo de restos culturais com seus respectivos índices.

	Manejo do Solo			
Grupo	**de Preparo Primário**	**Preparo Secundário**	**Restos Culturais**	**Índices**
1	Grade aradora (ou pesada) ou enxada rotativa	Grade niveladora	Incorporados ou queimados	0,50
2	Arado de disco ou aiveca	Grade niveladora	Incorporados ou queimados	0,75
3	Grade leve	Grade niveladora	Parcialmente incorporados com ou sem rotação de culturas	1,00
4	Arado escarificador	Grade niveladora	Parcialmente incorporados com ou sem rotação de culturas	1,50
5	Não tem	Plantio sem revolvimento do solo, roçadeira rolo-faca, herbicidas (plantio direto)	Superfície do terreno	2,00

• Declividade

Para que os terraços sejam viáveis de implantação e permitam um trabalho mais eficiente das máquinas agrícolas, o espaçamento horizontal mínimo entre eles deve ser em torno de 12 metros. Espaçamentos menores tornam-se antieconômicos, pois dificultam a construção e manutenção dos terraços, assim como os cultivos mecânicos.

Além da limitação mecânica na construção e manutenção dos terraços e cultivos, as declividades máximas em que se recomenda a adoção do terraceamento variam em função do tipo de solo como especificado no Quadro 4.

QUADRO 4 – Limitações para uso de terraço em função da declividade nos diferentes Grupos de Solo(*)

Grupo de Solo	Declividade máxima
	%
A	16
B	14
C	12
D	12

(*)Vide Quadro 1.

Para os solos dos grupos A e B, recomendam-se terraços em nível ou de infiltração, e, para os solos do grupo C e D, terraços sempre em desnível ou com gradiente. Nesse último caso, os terraços só devem ser construídos depois que os respectivos canais escoadouros estejam devidamente implantados e consolidados.

3.2 Organização das tabelas para determinação do espaçamento entreterraços

A organização de uma tabela para determinar os espaçamentos vertical e horizontal entreterraços foi feita com base na equação (1):

$$EV = 0{,}4518 \cdot K \cdot D^{0{,}58} \cdot \frac{(u + m)}{2} \qquad (1)$$

onde:

EV = é o espaçamento vertical entreterraços expresso em metros.

O espaçamento horizontal é dado pela equação (2):

$$EH = \frac{100\ EV}{D} \qquad (2)$$

onde:

EH = é o espaçamento horizontal entreterraços em metros;

EV = é o espaçamento vertical entreterraços em metros, e;

D = é a declividade expressa em porcentagem.

Procedendo-se os cálculos para as variáveis de solo e declividade do terreno das equações (1) e (2), construiu-se a Tabela 1, para valores de (u + m)/2 igual a 1,00 (tabela unitária).

Tabela 1 – Espaçamento entreterraços para valores de (u + m)/2 igual a 1,00

Declive %	TERRAÇOS EM NÍVEL				TERRAÇOS EM DESNÍVEIS				Declive%
	SOLO				SOLO				
	A		B		C		D		
	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV	
1	56,50	0,56	49,70	0,50	40,70	0,41	33,90	0,34	1
2	42,20	0,84	37,20	0,74	30,40	0,61	25,30	0,51	2
3	35,60	1,07	31,30	0,94	25,60	0,77	21,40	0,64	3
4	31,60	1,26	27,80	1,11	22,70	0,91	18,90	0,76	4
5	28,70	1,44	25,30	1,26	20,70	1,03	17,20	0,86	5
6	26,60	1,60	23,40	1,40	19,20	1,15	16,00	0,96	6
7	24,90	1,75	22,00	1,54	18,00	1,26	15,00	1,05	7
8	23,60	1,89	20,80	1,66	17,00	1,36	14,20	1,13	8
9	22,40	2,02	19,80	1,78	16,20	1,45	13,50	1,21	9
10	21,50	2,15	18,90	1,89	15,50	1,55	12,90	1,29	10
11	20,60	2,27	18,20	2,00	14,90	1,63	12,40	1,36	11
12	19,90	2,39	17,50	2,10	14,30	1,72	11,90	1,43	12
13	19,20	2,50	16,90	2,20	–	–	–	–	13
14	18,60	2,61	16,40	2,30	–	–	–	–	14
15	18,10	2,72	–	–	–	–	–	–	15
16	17,60	2,82	–	–	–	–	–	–	16

EV – Espaçamento vertical em metros

EH – Espaçamento horizontal em metros

3.3 Uso da tabela

A Tabela 1 permite estabelecer os espaçamentos vertical e horizontal entre os terraços rapidamente, dispensando o cálculo da equação 1, onde são levados em consideração o solo e a declividade, mantendo os fatores de uso e manejo constante iguais a 1,00.

Aplicando-se valores de uso e manejo, conforme Quadros 3 e 4, na expressão (u + m)/2, obtém-se um índice que será multiplicado pelo valor encontrado na Tabela 1 para estabelecer o espaçamento entre os terraços de cada gleba, com o uso e manejo pré-definidos, onde o espaçamento é determinado em função do solo, declividade, uso da terra, preparo do solo e manejo de restos culturais.

A seguir são apresentados alguns exemplos de cálculo, usando a Tabela 1 para determinar o espaçamento entreterraços em diferentes condições.

Exemplo 1 – Deseja-se terracear uma gleba com solo latossolo vermelho-escuro, fase arenosa ou, segundo mapas mais recentes – latossolo vermelho-escuro distrófico, A moderado, textura média – Unidade Hortolândia, com declividade média de 7%, a ser cultivado com algodão continuadamente, com preparo do solo feito com arado de discos e grade niveladora onde os restos da cultura anterior serão queimados.

Pelas características descritas, enquadra-se esse solo no grupo A, (Quadro 1); a cultura do algodão tem como índice de uso 0,75 (Quadro 2) e o manejo descrito enquadra-se no grupo 2 com índice de 0,75 (Quadro 3).

Aplicando-se esses valores na expressão (u + m)/2, temos:

$$\frac{0,75 + 0,75}{2} = 0,75$$

A Tabela 1 para solo do grupo A, com declividade de 7%, apresenta o valor EV = 1,75 e EH = 24,90m; como o valor de uso e manejo é 0,75, então teremos:

EV = 1,75 x 0,75 = 1,31m
EH = 24,90 x 0,75 = 18,70m

Para essas condições de uso e manejo, o espaçamento vertical entreterraços será de 1,31m, e o espaçamento horizontal de 18,70 metros.

No mesmo caso, porém, se o agricultor adotar um preparo de solo com arado escarificador e grade leve e restos culturais parcialmente incorporados, tem-se:

$$\frac{u + m}{2} = \frac{0,75 + 1,50}{2} = 1,125$$

Nesse caso o espaçamento vertical será:

EV = 1,75 x 1,125 = 1,97m
EH = 24,90 x 1,125 = 28,15m

portanto, o espaçamento vertical entreterraços será de 1,97m e o espaçamento horizontal de 28,15 metros.

Exemplo 2 – Deseja-se terracear uma gleba com latossolo roxo, com declividade média de 8%, a ser cultivada com soja no verão, sendo o preparo do solo feito com arado-de-disco, queimando-se os restos da cultura anterior; no inverno, com trigo, sendo o preparo do solo com grade pesada, incorporando os restos da cultura de soja.

O Quadro 2 apresenta os índices de uso para as culturas.

soja = 1,00; trigo = 1,25

O valor dos índices de uso será:

$$\frac{(1,00 + 1,25)}{2} = \frac{2,25}{2} = 1,125$$

O Quadro 3 apresenta os valores de preparo e manejo de restos culturais.
Para: grade aradora, restos incorporados = 0,50
arado-disco, restos queimados = 0,75
O valor do índice de manejo será:

$$\frac{(0,50 + 0,75)}{2} = \frac{1,75}{2} = 0,625$$

Os índices de uso e manejo para entrar na tabela serão:

$$\frac{(1,125 + 0,625)}{2} = \frac{1,750}{2} = 0,875$$

O espaçamento entreterraços será:
EV = 1,89 x 0,875 = 1,65m
No mesmo caso, porém, se o agricultor adotar para a soja o plantio direto e para o trigo o arado escarificador, o valor do índice de manejo será:

$$m = \frac{2,0 + 1,50}{2} = \frac{3,50}{2} = 1,750$$

O índice de uso e manejo para entrar na tabela será:

$$\frac{(1,125 + 1,750)}{2} = \frac{2,875}{2} = 1,438$$

O espaçamento vertical entreterraços será:
EV = 1,89 x 1,438 = 2,72m
Exemplo 3 – Em solo podzólico vermelho-amarelo, variação Piracicaba, (ou segundo mapas mais recentes podzólico vermelho-amarelo, unidade Serrinha Tb), com 6% de declive deseja-se implantar o sistema de cultivo a seguir.
Algodão: preparo do solo com arado de discos e grade niveladora e restos culturais incorporados.
Soja: preparo do solo com arado de discos e grade niveladora e restos culturais incorporados.
Milho: preparo do solo com arado escarificador e grade niveladora e restos parcialmente incorporados.
O valor do índice de uso **u** será calculado da seguinte forma:

$$u = \frac{0,75 + 1,00 + 1,25}{3} = \frac{3,00}{3} = 1,00$$

O valor do índice de manejo **m** será calculado como segue:

$$m = \frac{0,75 + 0,75 + 1,50}{3} = \frac{3,00}{3} = 1,00$$

portanto, o valor da expressão uso e manejo (u + m)/2 será:

$$\frac{1,00 + 1,00}{2} = 1,00$$

O solo é do grupo C e, com 6% de declive na Tabela 1, encontraremos os valores EV = 1,15m e EH = 19,20; como o valor do índice de uso e manejo é 1,00, então o espaçamento entreterraços permanecerá o mesmo. Considerando que esse solo pertence ao grupo C (Quadro 1), o terraceamento deverá ser projetado em desnível.

3.4 Considerações sobre espaçamento

Esse sistema para determinação do espaçamento entreterraços está basicamente assentado sobre resultados de pesquisa, os quais mostram que o preparo do solo, o manejo de restos culturais e as características físicas do solo dadas por levantamentos pedológicos recentes são de maior importância quando aliados à declividade e à textura da camada superficial do solo. Isoladamente os dois últimos fatores, como eram usados nas tabelas anteriores, não transmitem o que está se realizando em termos de movimentação do solo.

Nota-se que o maior número de variáveis possíveis a ser aplicado no novo sistema torna-o mais condizente com a realidade, permitindo um melhor planejamento das práticas conservacionistas a serem adotadas em cada gleba. Além de conferir maior segurança no uso do terraceamento, proporciona ao agricultor opções de alteração do espaçamento em função de diferentes manejos de restos culturais, usos e preparos do solo.

Essa nova sistemática encontrará maior aceitação entre os técnicos e os agricultores, embora seja a primeira aproximação nesse sentido, pois os índices deverão ser futuramente aprimorados com observações de campo e novas informações da pesquisa.

4 DIMENSIONAMENTO DO TERRAÇO

O terraço está assentado sobre o princípio de seccionar o comprimento de rampa ou lançante, e consiste no conjunto de um canal e de um camalhão, construídos em nível ou com pequeno gradiente, que têm a finalidade de reter e infiltrar ou escoar lentamente as águas provenientes da parcela do lançante imediatamente superior, de forma a minimizar o poder erosivo das enxurradas.

Para que um sistema de terraceamento funcione com plena eficiência, é necessário um correto dimensionamento, tanto no que diz respeito ao espaçamento entreterraços, como a sua seção transversal e a sua construção. O espaçamento entreterraços é calculado em função da capacidade de infiltração de água no corpo do solo, da resistência que o solo oferece à erosão, do uso e manejo do solo, enquanto a seção transversal deve ser dimensionada em função do volume de água possível de ser escoada pela superfície do terreno, situada imediatamente acima do terraço.

Parte da água da chuva que cai na superfície do solo se infiltra e o excedente escoa pela superfície, sendo recolhido pelo terraço. Se em nível, o terraço deverá reter todo o volume de água escorrida para posterior infiltração, porém, se em desnível, deverá dar vazão ao deflúvio superficial de forma disciplinada, sem causar problemas de erosão.

Por isso, revestem de grande importância as práticas conservacionistas também adotadas nas faixas de terra entreterraços, protegendo-as contra o impacto das gotas de chuva, dificultando o escoamento superficial, facilitando sua infiltração no corpo do solo e finalmente abastecendo o lençol freático.

A seção transversal do terraço em geral é menos precisamente definida e especificada que qualquer outro dreno ou canal, porque, primeiro, é construída com maquinaria agrícola em que um controle não é possível e, segundo, porque ela modifica quando as operações de preparo e cultivo são conduzidas.

4.1 Dimensionamento do canal do terraço

O primeiro problema a ser resolvido com o terraceamento é o destino a ser dado à enxurrada que o terraço vai coletar: se este é locado com gradiente, isto é, com declividade, ou, apesar de locado em nível é mantido com as pontas abertas, deve ser construído, para receber toda a enxurrada coletada pelos terraços, um canal escoadouro que deve estar vegetado antes da construção dos terraços. Os nivelados, com as pontas fechadas, não necessitam de canais escoadouros, sendo em geral recomendados

para solos de boa permeabilidade ou regiões de baixa precipitação.

O primeiro passo, no dimensionamento de estruturas de controle de água, é determinar o período de retorno (recorrência) desejado, que permitirá dimensionar o tamanho mais econômico das mesmas.

Para a grande maioria dos dimensionamentos de estruturas para conservação do solo, não é necessário que elas resistam a maior chuva que já ocorreu naquele local. É preferível, economicamente, correr algum risco e dimensionar para um período de retorno menor; somente quando vidas humanas correm risco é que se projetará para chuvas de maiores intensidades já registradas.

O período de retorno de 10 anos para estimativa da enxurrada é o suficiente para dimensionar a seção transversal dos terraços para suportá-la com certa segurança.

Para dimensionar o canal do terraço, deve-se levar em conta se o mesmo será em **nível** ou com **gradiente.**

• Terraços em nível

A seção transversal do terraço, nesse caso, terá que suportar todo o volume de enxurrada esperado, permitindo seu armazenamento e infiltração.

A chuva diária máxima que ocorre em período de 10 anos de retorno irá produzir o volume máximo de enxurrada esperado. A Figura 15 mostra para o Estado de São Paulo as isoietas das chuvas diárias máximas para o período de retorno de 10 anos.

Os terraços em nível são recomendados para solos dos grupos A e B (vide: espaçamento entre-terraços, item 3 deste capítulo), pois esses solos têm condições, desde que bem-manejados, de infiltrar toda a água escorrida.

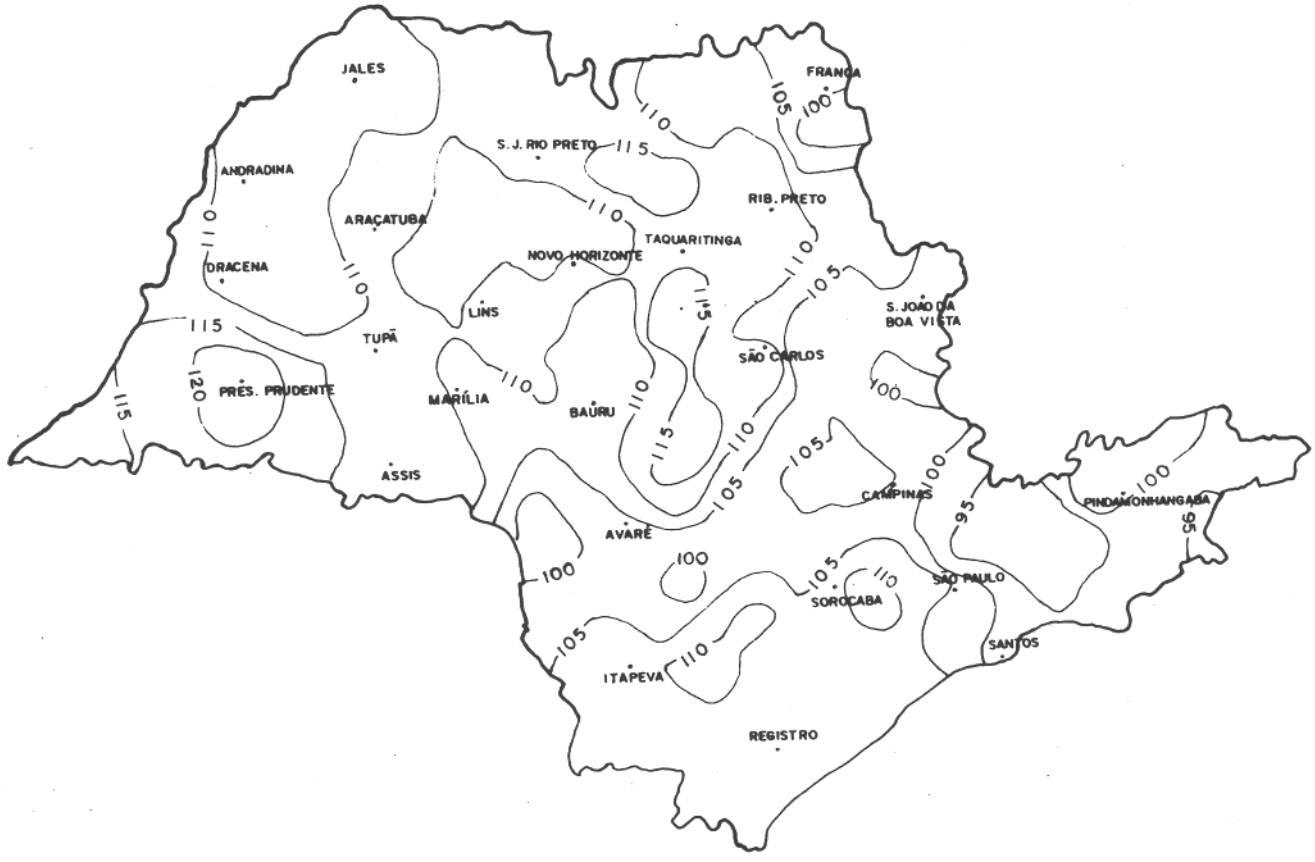


FIGURA 15 - Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetros, para período de retorno de 10 anos.
FONTE: Seção de Conservação do Solo do IAC—Campinas

O volume de enxurrada esperado é dado pela equação:

$$V = A . h . c$$

onde,

V = é o volume máximo de enxurrada em m^3;
A = é a área a ser drenada (entreterraços) em m^2;
h = é a chuva diária máxima para período de retorno de 10 anos em metros;
c = é o coeficiente de enxurrada.

O coeficiente de enxurrada **c** é uma relação entre as quantidades de enxurrada e de chuva e depende principalmente da declividade do terreno, do solo, da vegetação, do preparo do solo e manejo dos restos culturais como mostra o Quadro 5.

Utilizando dados existentes de coeficientes de enxurrada e considerando as características e propriedades dos grupos de solos (Quadro 1), os valores foram adaptados para diferentes solos.

QUADRO 5 - Coeficiente de enxurrada para diferentes solos, usos e manejos.

Cobertura vegetal e Declive do terreno		Solos *			
		A	B	C	D
FLORESTA	Plano (0-5%)	0,10	0,20	0,30	0,40
	Ondulado (5-10%)	0,25	0,30	0,40	0,50
	Acidentado (10-30%)	0,30	0,40	0,50	0,60
PASTAGEM	Plano (0-5%)	0,10	0,20	0,30	0,40
	Ondulado (5-10%)	0,15	0,30	0,40	0,55
	Acidentado (10-30%)	0,25	0,35	0,50	0,60
CULTIVADO	Plano (0-5%)	0,30	0,40	0,50	0,60
	Ondulado (5-10%)	0,40	0,50	0,60	0,70
	Acidentado (10-30%)	0,50	0,60	0,70	0,80
ÁREAS URBANAS		30% da área impermeável	50% da área impermeável	70% da área impermeável	90% da área impermeável
	Plano	0,40	0,55	0,65	0,75
	Ondulado	0,50	0,65	0,80	0,90

* vide: classificação técnica para fins conservacionistas (neste volume)

Para um metro linear de terraço, ocorre que

$$A = EH \times 1{,}00$$

onde,

A = é a área a ser drenada em m^2/m linear;
EH = é o espaçamento horizontal em metros.

Desde que:

$$V = EH \times h \times C$$

onde:

V = é o volume máximo de enxurrada em m^3 por metro linear (área da seção transversal de terraço).

O Quadro 6 apresenta um exemplo de dimensionamento da seção transversal para terraço em nível.

QUADRO 6 – Dimensão do canal de terraço em nível (declive do terreno 7%).

Solo	Chuva máxima diária	C	EH	Volume	Seção do canal
	m		m	m^3/m	m^2
A	0,12	0,4	25	1,20	1,20
B	0,12	0,5	22	1,32	1,32

A Figura 16 apresenta uma seção típica para os terraços de base larga, cujas dimensões são as seguintes:

a) o talude de corte deverá ter um mínimo de 4,20m; em terrenos com declividade de 8% ou mais, essa largura será de 6,00m;

b) o talude de frente terá, também, um mínimo de 4,20m para uma declividade de 1 a 4%;

c) o talude traseiro terá, também, uma largura mínima de 4,20m, em declividade inferior a 8%; em declividade superior a 8%, terá 6,00m de largura;

d) a altura (h) do camalhão varia conforme a altura do fluxo de enxurrada que passa no canal do terraço, de acordo com os dados apresentados no Quadro 7.

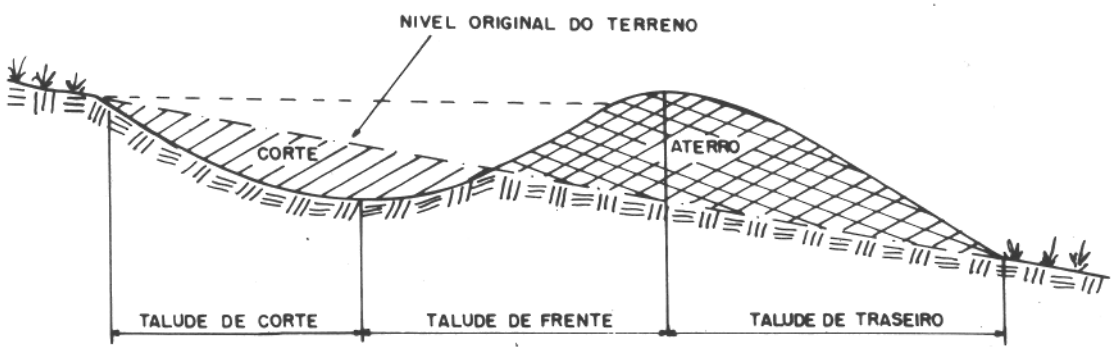


FIGURA 16 - Seção típica para os terraços de base larga

QUADRO 7 – Altura do camalhão dos terraços de base larga e altura da vazão de enxurrada no canal.

Altura da vazão	Altura do camalhão
cm	cm
9,0	24,0
12,0	27,0
15,0	30,0
18,0	33,0
21,0	36,0
24,0	39,0
27,0	42,0
30,0	45,0

A quantidade de movimento de terra necessária para construir um terraço de base larga aumenta com a declividade do terreno. Por exemplo, um terraço de seção em V com 4,20m do talude de corte, do talude de frente e do traseiro, e com 0,45m de altura, necessita das seguintes quantidades de movimento de terra nas diferentes declividades do terreno: 4% = 1,27m^3 por metro linear; 8% = 1,63m^3 por metro linear, e 12% = 1,99m^3 por metro linear.

A construção de terraços de base larga aumenta a declividade do terreno entre eles. Depois de construído o terraço, a nova declividade do terreno é determinada do alto do camalhão até o fundo do canal do terraço de baixo; assim, um terraço com 0,45m de profundidade e com 4,20m de largura de cada um dos taludes, com um espaçamento de, por exemplo, 24m, num terreno de 12% de declividade: determinando-a, novamente essa declividade terá aumentado de 12 para 17%. Em virtude do aumento do movimento de terra nas maiores declividades, que torna o manejo do solo mais difícil nos terrenos com declividades maiores que 8–10%, devem-se fazer os taludes de frente mais curtos.

• Terraços com gradiente

Para o dimensionamento da seção transversal do terraço com gradiente, os princípios de hidráulica de fluxo em canais abertos devem ser observados.

Nesse caso, a intensidade de enxurrada é mais importante, em particular a intensidade máxima de enxurrada que pode ocorrer. O processo mais simples para cálculo da vazão máxima de enxurrada é o método racional, expresso pela equação:

$$Q = \frac{cIA}{360}$$

onde:

Q = enxurrada em metros cúbicos por segundo;
c = coeficiente de enxurrada;
I = intensidade máxima de chuva em milímetros por hora;
A = área a ser drenada em hectares.

O coeficiente de escorrimento **c** para terrenos cultivados é apresentado no Quadro 5.

A intensidade máxima de chuva que resulta na enxurrada máxima é a que cai num tempo igual ao tempo de concentração.

Os terraços com gradiente apresentam em geral comprimento de 500 a 600m, e o gradiente poderá ir até 0,7%, sendo o mais comum o de cerca de 0,3%. A velocidade da enxurrada no canal do terraço varia de 0,6 a 0,75m/s para evitar que ocorra erosão no canal ou também para que não ocorra excessiva deposição no fundo do canal. Portanto, levaria de 11 a 19 minutos para a água percorrer do início ao fim do terraço, sendo escolhido o tempo de 15 minutos como o tempo de concentração para determinar a intensidade máxima de chuva, que irá resultar na enxurrada máxima.

A Figura 17 representa para o Estado de São Paulo as isoietas para intensidades máximas de chuvas em 15 minutos com período de retorno de 10 anos (SETZER, 1973).

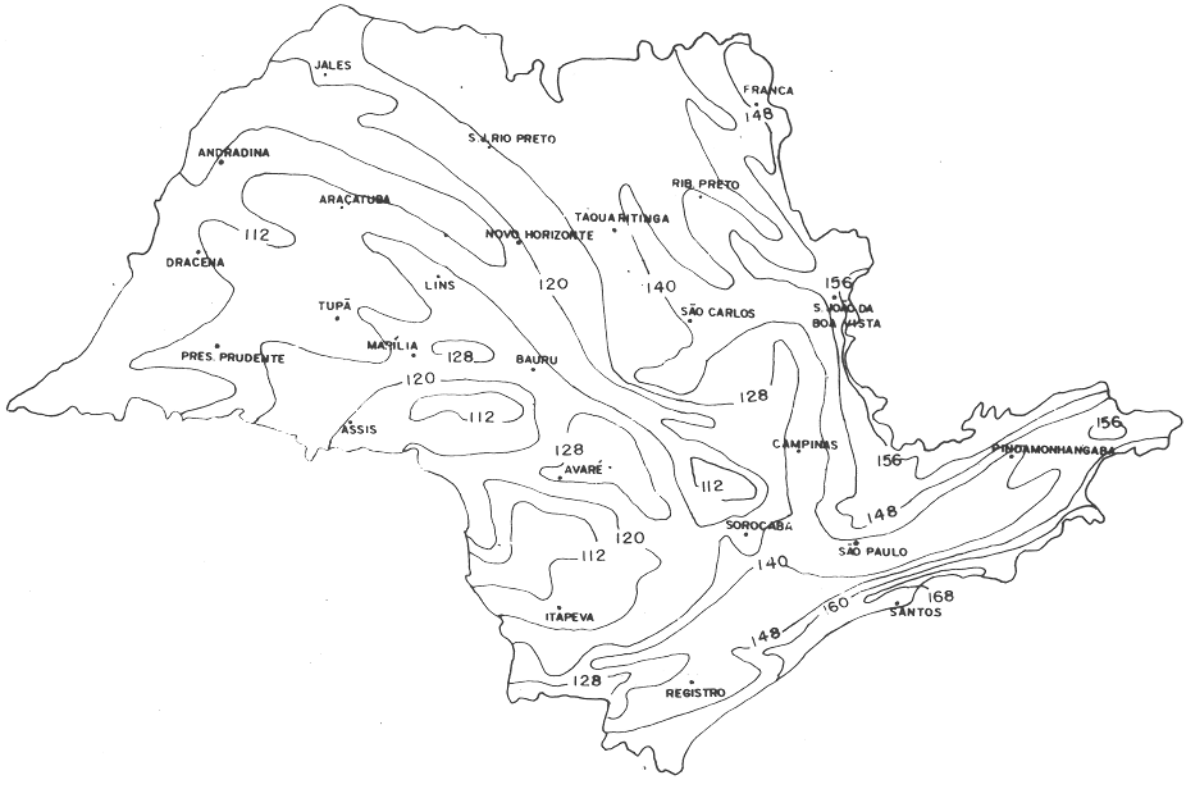


FIGURA 17 - Isoietas de intensidade de chuvas máximas em 15 minutos, em milímetros por hora, para período de retorno de 10 anos.
FONTE: SETZER, 1973.

Conhecendo-se a enxurrada máxima que deve receber cada terraço, seu canal pode ser dimensionado, supondo-se que a seção do canal seja parabolóide e que a velocidade permissível deva ser baixa. Uma solução parcial da equação de Manning, desenvolvida por Cormak e adaptada por Hudson (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985), apresentada nos Quadros 8 e 9, dá as diferentes dimensões dos canais de terraços para as mais variadas vazões e velocidade da enxurrada de 0,60 e 0,75m/s, respectivamente.

O Quadro 10 apresenta um exemplo de dimensionamento da seção transversal para terraço em desnível, com 500m de comprimento e 20m de espaçamento horizontal.

QUADRO 8 – Vazões dos canais dos terraços para velocidade da enxurrada de 0,60m/s.

Profundidade do canal	Largura do Canal (m)						Limite do gradiente (m/1.000)
	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	
(cm)			m^3/s				
5	0,022	0,033	0,044	0,055	0,066	0,077	25,0
10	0,041	0,061	0,082	0,103	0,123	0,143	10,0
15	0,060	0,092	0,122	0,152	0,182	0,213	4,5
20	0,080	0,120	0,162	0,202	0,243	0,283	2,7
25	0,103	0,154	0,205	0,254	0,305	0,354	2,4
30	0,125	0,185	0,246	0,306	0,367	0,427	1,4

QUADRO 9 – Vazões dos canais dos terraços para velocidade da enxurrada de 0,75m/s.

Profundidade do canal	Largura do Canal (m)						Limite do gradiente (m/1.000)
	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	
(cm)			m^3/s				
5	0,022	0,037	0,052	0,067	0,081	0,096	50,0
10	0,050	0,077	0,103	0,130	0,157	0,182	14,0
15	0,076	0,105	0,153	0,190	0,230	0,270	7,7
20	0,102	0,153	0,204	0,253	0,304	0,353	4,5
25	0,129	0,191	0,256	0,318	0,382	0,445	3,3
30	0,154	0,230	0,306	0,382	0,455	0,530	2,3

QUADRO 10 – Dimensão do canal do terraço com gradiente.

Solo	Intensidade máxima da chuva	C	Área	$Q = \frac{CIA}{360}$	Seção do canal	
			500 x 20m		V = 0 6m/s	V = 0 75m/s
	mm		ha	m^3/s		
C	120	0,6	1	0,20	0,33	0,27
D	120	0,7	1	0,23	0,38	0,31

onde:

C = coeficiente de enxurrada;
Q = vazão m^3/s;
i = intensidade de chuva mm/s;
A = Área em m^2;
S = seção do canal em m^2;
V = velocidade em m/s.

Utilizando os dados do Quadro 10, como exemplo encontraremos nos Quadros 8 e 9 as dimensões dos canais de terraços com gradiente que estão representados no Quadro 11.

QUADRO 11 – Dimensões dos canais de terraços com gradiente, conforme o exemplo do Quadro 10.

Solo	Q	Para velocidade 0,6m/s		Para velocidade 0,75m/s	
		largura	profundidade	largura	profundidade
	m^3/s	m	m	m	m
C	0,20	0,25	2,00	0,20	2,0
D	0,23	0,25	2,26	0,15	3,0

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI J. & LOMBARDI NETO. **Conservação do solo.** Icone, São Paulo 1990. 355p.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JR., R; LEPSCH, I.F.; OLIVEIRA, J.B. de ; BERTOLINI, D.; GALETI, P.A. e DRUGOWICH, M.I. **Terraceamento Agrícola.** Campinas, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. 1991. 38p. (Bol. Téc. 206).

SETZER, J. **Chuvas de intensidade máxima no Estado de São Paulo.** Revista DAE, S.P., XXXIII (93): 52-59, 1973.

CANAIS ESCOADOUROS VEGETADOS

Francisco Lombardi Neto(1)
Sonia Carmela Falci Dechen(1)
Ricardo Bellinazzi Jr.(2)

1 INTRODUÇÃO

Do volume de água que cai sob a forma de chuva sobre uma área, parte infiltra no solo, parte evapora e parte corre sobre a superfície do terreno.

A parte que corre sobre a superfície vai formar a enxurrada que é abordada em capítulo próprio (Volume II – Capítulo ESTIMATIVA DE ENXURRADA).

Quando se constroem estruturas no terreno com o objetivo de recolher esse excesso de água, é necessário conduzir a enxurrada de forma segura até as partes mais baixas do terreno. A estrutura que se constrói para encaminhar essas águas chama-se **Canal Escoadouro.**

Canais escoadouros são, portanto, estruturas rasas e largas, com declividade moderada e estabelecidas em leitos resistentes à erosão. Sua melhor localização talvez seja a depressão natural, onde são encaminhadas naturalmente as águas que escorrem em um terreno, desde os espigões até o rio ou depressão mais baixa.

Em alguns solos bastante permeáveis, como o latossolo roxo, consegue-se, muitas vezes, dispensar com segurança esses canais, mediante o emprego de práticas mecânicas, como o terraceamento em nível, e algumas práticas vegetativas que produzam uma retenção quase completa das águas de chuvas.

O mesmo não se pode dizer para solos com B textural, especialmente os abruptos que favorecem uma drenagem maior de águas pela superfície do terreno. Nesses solos, ao inverso dos latossolos, ocasionalmente consegue-se reter toda água de chuva, fazendo com que seja totalmente absorvida pelo solo. Nesses casos, recomenda-se a construção de canais ou terraços em desnível e a construção prévia de canais escoadouros, a fim de conduzir com segurança o excesso de água

Os seguintes cuidados devem ser tomados ao se construírem os canais escoadouros:

a) sua construção deve ser anterior a qualquer sistema de captação e condução de excesso de água;
b) desvio de toda enxurrada durante o estabelecimento da vegetação;
c) a cobertura vegetal deve ser estabelecida de acordo com recomendações técnicas, isto é, proteger a sementeira com uma camada de esterco, palha, redes de juta, etc.; colocar placas vegetativas no centro do canal e irrigar a vegetação no início, para facilitar pegamento;
d) o escoamento contínuo e prolongado de excesso de água no canal (ex.: mina de água) deve ser evitado, drenando-o por subsuperfície, ou, então, protegendo a parte central do canal com pedra ou concreto;
e) reduzir o volume de enxurrada a ser conduzido, dividindo-o para dois ou mais canais;
f) quando possível, utilizar as depressões naturais como canais, por serem mais estáveis; e
g) manter a cobertura vegetal cortada e adubada, quando necessário.

2 TIPOS DE CANAIS ESCOADOUROS

Conforme sua utilização nas várias condições para a retirada do excesso de enxurrada, os canais escoadouros recebem denominações que os caracterizam em cada caso, como segue:

---

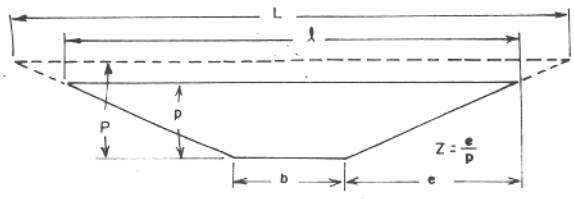
(1)Pesquisador Científico, SAA/CPA/IAC – Seção de Conservação do solo.
(2)Engenheiro Agrônomo, SAA/CATI-DEXTRU-CTRN.

a) **canais escoadouros:** quando utilizados como complemento ao sistema de terraços com gradiente, que é o presente caso;
b) **canais escoadouros laterais:** quando utilizados como complemento de estradas em desnível para evitar problemas de erosão nas áreas vicinais e no leito carroçável das estradas; e
c) **canais escoadouros divergentes:** quando utilizados para assegurar a proteção de áreas situadas a jusante (veja neste volume o capítulo sobre CANAIS DIVERGENTES).

3 FORMA DO CANAL

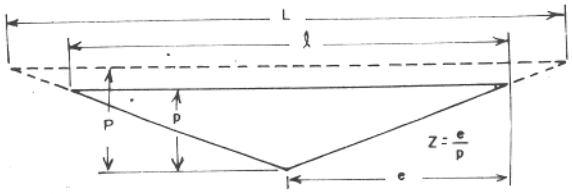
Os canais escoadouros podem ser construídos com as seguintes seções: **triangular, parabolóide** e **trapezoidal.** Para as declividades mais acentuadas, a forma indicada é a trapezoidal, cujo fundo chato, espraiando a lâmina de água, diminui a velocidade de escoamento de enxurrada; a triangular é indicada para as declividades menores, em que o fundo em V, concentrando as águas, impede a deposição de sedimentos; a parabolóide é indicada para as declividades intermediárias.

A Figura 1 apresenta as seções típicas de canais escoadouros, as notações e as fórmulas para os cálculos que serão a seguir comentados.



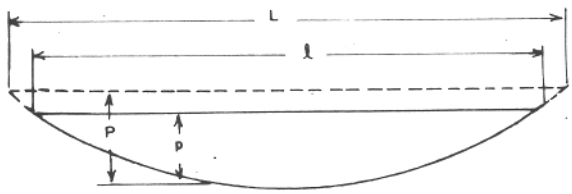
ÁREA SECCIONAL, A	PERÍMETRO MOLHADO, PM	RAIO HIDRÁULICO $R=\frac{A}{PM}$	LARGURA SUPERIOR
$bp+Zp^2$	$b+2p\sqrt{Z^2+1}$	$\frac{bp+Zp^2}{b+2p\sqrt{Z^2+1}}$	$\ell = b+2pZ$ $L = b+2PZ$

SEÇÃO TRAPEZOIDAL



Zp^2	$2p\sqrt{Z^2+1}$	$\frac{Zp}{2\sqrt{Z^2+1}}$ ou $\frac{p}{2}$ aprox.	$\ell = 2pZ$ $L = \frac{P}{p}\ell$

SEÇÃO TRIANGULAR



$\frac{2}{3}\ell p$	$\ell + \frac{8p^2}{3\ell}$	$\frac{\ell^2 p}{1{,}5\ell^2+4p^2}$ ou $\frac{2p}{3}$ aprox.	$\ell = \frac{A}{0{,}67p}$ $L = \ell\left(\frac{P}{p}\right)^{1/2}$

SEÇÃO PARABOLÓIDE

p – profundidade total do canal
p – profundidade útil do canal
p – P – bordo livre (segurança)
L – largura total do canal
ℓ – largura útil do canal
b – base menor do canal trapezoidal (fundo plano)
e – projeção horizontal da parede lateral do canal
z – relação entre projeção horizontal da parede lateral do canal e a profundidade útil do canal.

FIGURA 1 - Seções de canais, notações e fórmulas.

A largura superior do canal, juntamente com sua forma seccional e a profundidade, determinam a área seccional do fluxo de escoamento. O perímetro molhado (PM) é o comprimento do contato da água com o fundo e as laterais do canal. O raio hidráulico (R) é a área seccional dividida pelo perímetro molhado.

Na Figura 1, as profundidades são dimensionadas para cada seção. A profundidade menor **p** é a profundidade projetada do fluxo no canal e é usada nos cálculos de capacidade do mesmo. A profundidade maior **P** é a profundidade total de construção do canal e deverá ser usada nos cálculos da quantidade de terra a ser removida na escavação para a formação do canal. A diferença (P – p) é conhecida como bordo livre, sendo uma segurança do canal. Nos canais escoadouros vegetados, um bordo livre de 0,10m a 0,15m normalmente deverá ser estabelecido como segurança, caso ocorra um volume muito grande de enxurrada.

A escolha do tipo de seção do canal também é influenciada pelo tipo de máquina a ser usada. Máquinas tipo lâmina são mais indicadas para canais trapezoidais, quando a largura do fundo do canal for maior do que a largura do trabalho da lâmina. Canais triangulares são facilmente construídos com equipamento tipo lâmina. Arados, buldôzeres ou "scrapers" são mais adaptados para construção de seções parabolóides.

A facilidade de manutenção e a possibilidade de passagem com máquinas devem também ser consideradas na escolha da seção do canal. Declives laterais de 4:1 ou mais planos são aconselháveis para facilidade de corte da vegetação e da passagem de máquinas.

4 ESCOLHA DA VEGETAÇÃO

A vegetação do canal escoadouro deve ser escolhida de acordo com as condições de solo e clima, de modo a suportar a duração, quantidade e velocidade de escoamento da enxurrada, que tenha disponibilidade de semente ou material vegetativo; que não seja praga invasora para as terras de cultura e, se possível, que seja utilizada como forragem. A Figura 2 demonstra no mapa a divisão do Estado de São Paulo em 5 regiões onde a variação climática é o fator determinante para a utilização específica de cada gramínea, no revestimentó dos canais escoadouros.

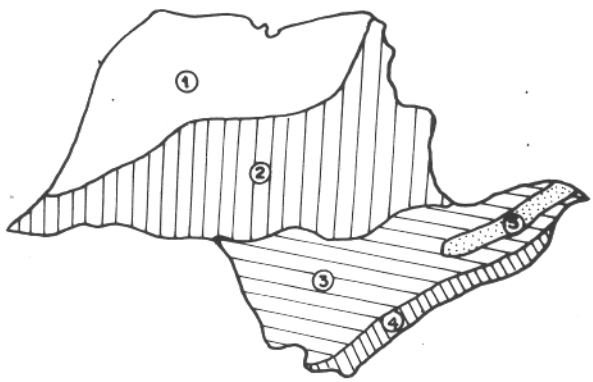


FIGURA 2 - Vegetação indicada para revestimento do canal escoadouro no Estado de São Paulo.

Região 1 – Batatais, Chorão, Diversinervis, Estrela-Roxa, Kazungula, Marandu, Pangola, Transvala.

Região 2 – Batatais, Castela, Decumbens, Grama-Gorda, Humidícola, Pangola, Pensacola.

Região 3 – Batatais, Coast Cross, Estrela-de-Porto-Rico, Estrela-Roxa, Grama-Gorda, Grama-Seda, Missioneira, Pangola, Pensacola, Quicuios, Transvala.

Região 4 – Batatais, Castela, Coast Cross, Estrela-de-Porto-Rico, Estrela-Roxa, Grama-Gorda, Grama-Seda, Hemartria, Missioneira, Pangola, Tanner Grass.

Região 5 – Capim-de-Rhodes, Hemartria, Tanner Grass.

O Quadro 1 apresenta os nomes científicos e vulgares dessas gramíneas, bem como o hábito e o tipo de propagação.

A uniformidade de cobertura é muito importante na estabilidade do canal; assim, vegetação de touceiras não oferece boa proteção, sendo ideais as que cobrem e travam completamente o solo num emaranhado uniforme de raízes e caules.

QUADRO 1 – Nomes vulgares e científicos da vegetação indicada para revestimento de canal escoadouro no Estado de São Paulo, bem como seu hábito vegetativo e tipo de propagação.

Nome vulgar	Nome científico	Hábito	Propagação
Batatais	*Paspalum notatum Fluegge*	G	S,M
Capim-de-Rhodes	*Chloris gayana Kunth*	G	S
Castela	*Panicum repens* L.	G	M
Chorão	*Eragrostis curvula Nees*	T	S
Coast Cross	*Cynodon dactylon* (L.) *Pers. cv. coast cross*	G	M
Decumbens	*Brachiaria decumbens Stent.*	G	S
Diversinervis	*Digitaria diversinerves*	G	M
Estrela-de-Porto-Rico	*Cynodon nlemfuënsis Vanderyst*	G	M
Estrela-Roxa	*Cynodon plectostachyum Pilger*	G	M
Gengibre	*Paspalum maritimum Trin.*	G	M
Grama-Gorda	*Paspalum dilatatum Poir.*	G	M
Grama-Seda	*Cynodon dactylon* (L.) *Pers.*	G	M
Hemartria	*Hemarthria altissima (Poir) Stapt. E Hubbard*	G	M
Humidícola	*Brachiaria humidicola (Rendle) Schweic.*	G	S
Kazungula	*Setaria anceps cv. Kazungula*	T,G	S
Marandu	*Brachiaria brizantha cv. marandu*	T,G	S
Missioneira	*Axonopus compressus Beauv.*	G	M
Pangola	*Digitaria decumbens Stent.*	G	S,M
Pensacola	*Paspalum notatum Fluegge var. Saurae*	G	M
Quicuio	*Pennisetum clandestinum Hochst. ex. Chiov.*	G	M
Quicuio de Semente	*Pennisetum clandestinum Hochst. ex. Chiov. var. Triplet.*	G	M
Tanner grass	*Brachiaria arrecta Stent.*	G	M
Transvala	*Digitaria decumbens Stent. var. Transvala*	G	M

G – hábito estolonífero ou prostrado (tipo grama).
T – hábito cespitoso (tipo touceira).
S – propagação por semente.
M – propagação por muda.

5 VELOCIDADE DA ENXURRADA

Os limites de velocidade com que as enxurradas podem escorrer sem perigo de provocar erosões e solapamentos no fundo do canal dependem do tipo, condição e densidade da vegetação ou outro material que o reveste e das características de erodibilidade do solo. A velocidade deve ser mantida baixa o bastante para que não ocorra erosão, porém deve ser alta o suficiente para que não ocorra excessiva deposição no fundo do canal.

A mudança de um declive acentuado para um suave, um aumento na largura do canal sem aumento no declive ou um aumento na resistência da vegetação ao escoamento causarão uma diminuição na velocidade da enxurrada.

A velocidade da enxurrada em um canal aberto pode ser calculada pela fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

onde:

V = velocidade média, em metros por segundo;
n = coeficiente de rugosidade;
R = raio hidráulico, em metro (é igual a relação da área seccional, em metros quadrados, pelo perímetro molhado, em metros); e
S = gradiente hidráulico, ou desnível do canal, em metro por metro, ou razão da diferença de nível para o comprimento do canal.

A equação de Manning mostra que a velocidade de escoamento aumenta com o aumento da razão entre a área da seção e o perímetro molhado e também com o aumento da declividade. Aumentando a rugosidade do canal, a velocidade diminui.

Os valores do coeficiente de rugosidade para vários materiais são apresentados no Quadro 2, sendo que, para canais escoadouros vegetados, recomendam-se, em geral, coeficientes de rugosidade variando entre 0,04 e 0,06, podendo, para uniformização, ser adotado o valor 0,045.

As alterações nas áreas das seções e nas curvaturas durante a construção dos canais devem ser feitas gradativamente, a fim de não alterar apreciavelmente a rugosidade **n.**

Os valores das velocidades máximas permitidas para canais abertos variam para diferentes espécies de vegetação, erodibilidade do solo e declive do canal, conforme o Quadro 3.

QUADRO 2 – Valores do coeficiente de rugosidade n.

Material	n
Concreto bem-acabado	0,013
Concreto mal-acabado	0,025
Tijolos rejuntados	0,013
Pavimento de pedra e cascalho	0,035
Cascalho fino	0,020
Vegetação	0,045

QUADRO 3 – Velocidades máximas permissíveis para canais abertos.

Cobertura do canal	Material mais erodível (a)			Material menos erodível (b)		
	0–5	6–10	> 10	0–5	6–10	> 10
		m/s			m/s	
NENHUMA						
solo cultivado	0,45	NR	NR	0,60	NR	NR
solo não cultivado	0,60	NR	NR	0,75	NR	NR
VEGETAÇÃO/DENSIDADE MÉDIA						
estande regular	0,75	NR	NR	0,90	NR	NR
estande bom	0,90	0,75	0,60	1,20	0,90	0,75
estande ótimo	1,20	1,05	0,90	1,50	1,20	1,05
VEGETAÇÃO DENSA						
estande bom	1,50	1,35	1,20	1,80	1,50	1,35
estande ótimo	1,80	1,50	1,35	2,10	1,80	1,50

(a) = material com alto teor de areia e baixa plasticidade. Teor de argila menor do que 25%. Textura: arenosa, fino-arenosa, barrenta, fino-areno-barrenta, média.
(b) = material com alto teor de argila (maior do que 25%) e alta plasticidade. Textura: argilosa, muito argilosa.
NR = não recomendável.

6 CAPACIDADE DE ESCOAMENTO DO CANAL

A capacidade de escoamento do canal pode ser calculada pela fórmula:

$Q = A \times V$

onde:

Q = capacidade de escoamento do canal (vazão), em metros cúbicos por segundo;
A = seção do canal, em metros quadrados; e
V = velocidade média da enxurrada, em metros por segundo.

O canal aberto deve ser projetado para conduzir a enxurrada esperada a uma velocidade menor ou igual a velocidade permissível. A enxurrada esperada é obtida aplicando o método de estimativa da enxurrada, para a área que contribui para o escoamento no canal projetado. O período de retorno de 10 anos, para estimativa da enxurrada, é o suficiente para projetar os canais escoadouros vegetados com certa segurança.

Um canal pode conduzir enxurrada antes da vegetação estar estabelecida. Todavia, não é prático dimensionar para essa condição extrema, havendo necessidade de desviar a enxurrada do canal até a vegetação estabelecer-se. Em alguns casos, existe o risco de que uma enxurrada ocorra antes da vegetação estar estabelecida, o que deve ser aceito como inevitável.

7 DIMENSIONAMENTO DOS CANAIS ESCOADOUROS

O projeto de um canal escoadouro consiste na determinação das dimensões do canal que conduzirá a enxurrada esperada sem danos para a vegetação do canal. A proteção da vegetação do canal escoadouro varia com o tipo e a densidade da mesma. Portanto, velocidades máximas para várias condições de vegetação, solo e declive do canal devem ser cuidadosamente consideradas.

Freqüência da intensidade da chuva: os canais escoadouros são dimensionados para intensidades máximas de chuvas com período de retorno de 10 anos.

As seguintes informações são necessárias para dimensionar um canal escoadouro:

a) área da bacia hidrográfica em hectares, juntamente com as características do solo, cobertura e topografia. Essas informações são utilizadas para estimar a enxurrada;
b) declividade do canal vegetado é a queda em metros por cem metros de comprimento;
c) cobertura vegetal adaptada para as condições locais;
d) erodibilidade do solo no canal;
e) descontar a altura que será ocupada pela vegetação, principalmente se esta for colocada em forma de placa;
g) deixar um bordo livre.

Para determinar as dimensões de um canal aberto para conduzir excesso de enxurrada, sugere-se o seguinte procedimento:

a) calcular a vazão **Q** que será conduzida pelo canal (ver Volume II, capítulo ESTIMATIVA DE ENXURRADA);
b) determinar a declividade **S** do canal no ponto a ser considerado;
c) determinar o tipo de vegetação (Figura 2) e, com o auxílio do Quadro 3, escolher a velocidade máxima permitida que não provocará erosão do canal;
d) calcular a área da seção do canal pela equação: $A = Q/V$.

As dimensões do canal podem ser calculadas através de **tentativas, ábacos, nomogramas,** etc.

EXEMPLO: Numa área de 5 hectares onde será construído um canal escoadouro para retirar um excesso de enxurrada de 1,26m^3/s, o solo é um podzólico vermelho-amarelo, textura arenoso-média (Unidade Serrinha), com 8% de declive médio , baixa plasticidade e altamente erodível, localizado na região de São Carlos, São Paulo. A seção do canal será parabolóide.

A vegetação indicada para as condições locais é a *Brachiaria decumbens* (Figura 2), apresentando estande ótimo. A velocidade máxima permissível, para declividade de 8%, material mais erodível, estande ótimo, é de 1,05m/s (Quadro 3).

A área da seção do canal será:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{1,26}{1,05} = 1,20m^2$$

As dimensões do canal podem ser calculadas:

a) POR TENTATIVA:

1.ª tentativa – determinando que a profundidade do canal P será de 0,30m.
De acordo com a Figura 1, a área da seção parabolóide é igual a:
$A = 2/3\,\ell\,p$ ou $\ell = 3.\,A/2.\,p$
onde:

$$\ell = \frac{3 \times 1,20}{2 \times 0,30} = \frac{3,60}{0,60} = 6m$$

O perímetro molhado PM é igual a:

$$PM = \ell + \frac{8 \times p^2}{3 \times \ell} = 6,00 + \frac{8\,(0,30)^2}{3 \times 6,00} = 6,00 + \frac{0,72}{18,00} = 6,040m$$

O raio hidráulico R é igual a:

$$R = \frac{A}{PM} = \frac{1,20}{6,04} = 0,1987m$$

A velocidade de escoamento será:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} = \frac{1}{0,045} \times (0,1987)^{2/3} \times (0,08)^{1/2} =$$

$$V = \frac{1}{0,045} \times 0,3405 \times 0,2828 = \frac{0,0963}{0,0450} = 2,14m/s$$

A velocidade encontrada é muito maior do que a velocidade permissível que é de 1,05m/s, e, portanto, nova tentativa deve ser feita.

2.ª tentativa – determinando a profundidade do canal, onde p é igual a 0,20m.

$$\ell = \frac{3 \times 1,20}{2 \times 0,20} = \frac{3,60}{0,40} = 9,00m$$

$$PM = 9,00 + \frac{8\,(0,20)^2}{3 \times 9,00} = 9,00 + \frac{0,32}{27,00} = 9,0119m$$

$$R = \frac{1,20}{9,0119} = 0,1332m$$

$$V = \frac{1}{0,045} \times (0,1332)^{2/3} \times (0,08)^{1/2} = \frac{1}{0,045} \times 0,2609 \times 0,2828 = V = 1,64m/s$$

A velocidade encontrada ainda é muito maior que a velocidade permissível.

3.ª tentativa – assumindo a profundidade do canal, p igual a 0,10m.

$$\ell = \frac{3 \times 1,20}{2 \times 0,10} = \frac{3,60}{0,20} = 18,00m$$

$$PM = 18,00 + \frac{8(0,1)^2}{3 \times 18,00} = 18,00 + \frac{0,08}{54,00} = 18,0015m$$

$$R = \frac{1,20}{18,0015} = 0,0667m$$

$$V = \frac{1}{0,045} \times (0,0667)^{2/3} \times (0,08)^{1/2} = 1,03m/s$$

A velocidade encontrada é menor que a velocidade permissível e, portanto, o canal escoadouro terá as seguintes dimensões: (Figura 3).

- largura superior, $l = 18,00m$
- profundidade, $p = 0,10m$
- profundidade mais bordo livre, $P = 0,10 + 0,10 = 0,20m$
- largura superior, $L = 18,00\ (0,20/0,10)^{1/2} = 25,45m$
- declividade do canal, $S = 8,0\%$

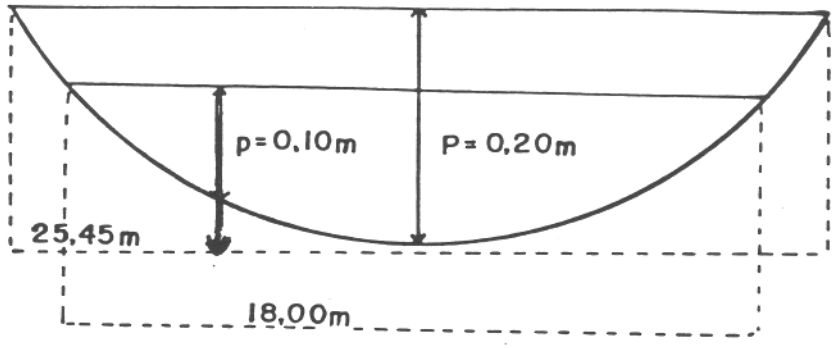


FIGURA 3 - Dimensões do canal escoadouro calculado.

b) POR ÁBACOS

Outra maneira para calcular a dimensão do canal é utilizar os Quadros 4 e 5, de valores de $R^{2/3}$ e $S^{1/2}$, caso não tenha calculadora para obter esses valores. O mesmo procedimento por tentativa deve ser seguido.

Por exemplo: para encontrar o valor de $R^{2/3}$ de 0,1987, no Quadro 4 encontramos para 0,19 o valor de 0,331, e para 0,20 o valor de 0,342. O valor 0,1987 é obtido por extrapolação:

$$(0,20 - 0,19) = 0,01 \text{ ..... } (0,342 - 0,331) = 0,011$$
$$0,0087 \text{ ..... } x$$

$$x = \frac{0,011 \times 0,087}{0,1} = 0,0096$$

portanto:

$$R^{2/3} = 0,331 + 0,096 = 0,3406$$

QUADRO 4 – Valores de $R^{2/3}$.

N.º	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,000	0,046	0,074	0,097	0,117	0,136	0,153	0,170	0,186	0,201
0,1	0,215	0,229	0,243	0,256	0,269	0,282	0,295	0,307	0,319	0,331
0,2	0,342	0,353	0,364	0,375	0,386	0,397	0,407	0,418	0,428	0,438
0,3	0,448	0,458	0,468	0,477	0,487	0,497	0,506	0,515	0,525	0,534
0,4	0,543	0,552	0,561	0,570	0,578	0,587	0,596	0,604	0,613	0,622
0,5	0,630	0,638	0,647	0,655	0,663	0,671	0,679	0,687	0,695	0,703
0,6	0,711	0,719	0,727	0,735	0,743	0,750	0,758	0,765	0,773	0,781
0,7	0,788	0,796	0,803	0,811	0,818	0,825	0,832	0,840	0,847	0,855
0,8	0,862	0,869	0,876	0,883	0,890	0,897	0,904	0,911	0,918	0,925
0,9	0,932	0,939	0,946	0,953	0,960	0,966	0,973	0,980	0,987	0,993
1,0	1,000	1,007	1,013	1,020	1,027	1,033	1,040	1,046	1,053	1,059
1,1	1,065	1,072	1,078	1,085	1,091	1,097	1,104	1,110	1,117	1,123
1,2	1,129	1,136	1,142	1,148	1,154	1,160	1,167	1,173	1,179	1,185
1,3	1,191	1,197	1,203	1,209	1,215	1,221	1,227	1,233	1,239	1,245
1,4	1,251	1,257	1,263	1,269	1,275	1,281	1,287	1,293	1,299	1,305
1,5	1,310	1,316	1,322	1,328	1,334	1,339	1,345	1,351	1,357	1,362
1,6	1,368	1,374	1,379	1,385	1,391	1,396	1,402	1,408	1,413	1,419
1,7	1,424	1,430	1,436	1,441	1,447	1,452	1,458	1,463	1,469	1,474
1,8	1,480	1,485	1,491	1,496	1,502	1,507	1,513	1,518	1,523	1,529
1,9	1,534	1,539	1,545	1,550	1,556	1,561	1,566	1,571	1,577	1,582
2,0	1,587	1,593	1,598	1,603	1,608	1,613	1,619	1,624	1,629	1,634
2,1	1,639	1,645	1,650	1,655	1,660	1,665	1,671	1,676	1,681	1,686
2,2	1,691	1,697	1,702	1,707	1,712	1,717	1,722	1,727	1,732	1,737
2,3	1,742	1,747	1,752	1,757	1,762	1,767	1,772	1,777	1,782	1,787
2,4	1,792	1,797	1,802	1,807	1,812	1,817	1,822	1,827	1,832	1,837
2,5	1,842	1,847	1,852	1,857	1,862	1,867	1,871	1,876	1,881	1,886
2,6	1,891	1,896	1,900	1,905	1,910	1,915	1,920	1,925	1,929	1,934
2,7	1,939	1,944	1,949	1,953	1,958	1,963	1,968	1,972	1,977	1,982
2,8	1,987	1,992	1,996	2,001	2,006	2,010	2,015	2,020	2,024	2,029
2,9	2,034	2,038	2,043	2,048	2,052	2,057	2,062	2,066	2,071	2,075
3,0	2,080	2,085	2,089	2,094	2,099	2,103	2,108	2,112	2,117	2,122
3,1	2,126	2,131	2,135	2,140	2,144	2,149	2,153	2,158	2,163	2,167
3,2	2,172	2,176	2,180	2,185	2,190	2,194	2,199	2,203	2,208	2,212
3,3	2,217	2,221	2,226	2,230	2,234	2,239	2,243	2,248	2,252	2,257
3,4	2,261	2,265	2,270	2,274	2,279	2,283	2,288	2,292	2,296	2,301
3,5	2,305	2,310	2,314	2,318	2,323	2,327	2,331	2,336	2,340	2,345
3,6	2,349	2,353	2,358	2,362	2,366	2,371	2,375	2,379	2,384	2,388
3,7	2,392	2,397	2,401	2,405	2,409	2,414	2,418	2,422	2,427	2,431
3,8	2,435	2,439	2,444	2,448	2,452	2,457	2,461	2,465	2,469	2,474
3,9	2,478	2,482	2,486	2,490	2,495	2,499	2,503	2,507	2,511	2,516

continua...

...continuação

N.º	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
4,0	2,520	2,524	2,528	2,532	2,537	2,541	2,545	2,549	2,553	2,558
4,1	2,562	2,566	2,570	2,574	2,579	2,583	2,587	2,591	2,595	2,599
4,2	2,603	2,607	2,611	2,616	2,620	2,624	2,628	2,632	2,636	2,640
4,3	2,644	2,648	2,653	2,657	2,661	2,665	2,669	2,673	2,677	2,681
4,4	2,685	2,689	2,693	2,698	2,702	2,706	2,710	2,714	2,718	2,722
4,5	2,726	2,730	2,734	2,738	2,742	2,746	2,750	2,754	2,758	2,762
4,6	2,766	2,770	2,774	2,778	2,782	2,786	2,790	2,794	2,798	2,802
4,7	2,806	2,810	2,814	2,818	2,822	2,826	2,830	2,834	2,838	2,842
4,8	2,846	2,850	2,854	2,858	2,862	2,865	2,869	2,873	2,877	2,881
4,9	2,885	2,889	2,893	2,897	2,901	2,904	2,908	2,912	2,916	2,920
5,0	2,924	2,928	2,932	2,936	2,940	2,944	2,947	2,951	2,955	2,959
5,1	2,963	2,967	2,971	2,975	2,979	2,982	2,986	2,990	2,994	2,998
5,2	3,001	3,005	3,009	3,013	3,017	3,021	3,024	3,028	3,032	3,036
5,3	3,040	3,044	3,047	3,051	3,055	3,059	3,063	3,067	3,070	3,074
5,4	3,078	3,082	3,086	3,089	3,093	3,097	3,101	3,105	3,108	3,112
5,5	3,116	3,120	3,123	3,127	3,131	3,135	3,138	3,142	3,146	3,150
5,6	3,154	3,157	3,161	3,165	3,169	3,172	3,176	3,180	3,184	3,187
5,7	3,191	3,195	3,198	3,202	3,206	3,210	3,213	3,217	3,221	3,224
5,8	3,228	3,232	3,236	3,239	3,243	3,247	3,250	3,254	3,258	3,261
5,9	3,265	3,269	3,273	3,276	3,280	3,284	3,287	3,291	3,295	3,298

QUADRO 5 – Valores de $S^{1/2}$

N.º	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,001	0,0316	0,0332	0,0346	0,0361	0,0374	0,0387	0,0400	0,0412	0,0424	0,0436
0,002	0,0447	0,0458	0,0469	0,0490	0,0500	0,0501	0,0501	0,0520	0,0529	0,0538
0,003	0,0548	0,0557	0,0566	0,0574	0,0583	0,0592	0,0600	0,0608	0,0616	0,0624
0,004	0,0632	0,0640	0,0648	0,0656	0,0663	0,0671	0,0678	0,0686	0,0693	0,0700
0,005	0,0707	0,0714	0,0721	0,0728	0,0735	0,0742	0,0748	0,0755	0,0762	0,0768
0,006	0,0775	0,0781	0,0787	0,0794	0,0800	0,0806	0,0812	0,0818	0,0825	0,0831
0,007	0,0837	0,0843	0,0848	0,0854	0,0860	0,0866	0,0872	0,0877	0,0883	0,0889
0,008	0,0894	0,0900	0,0905	0,0911	0,0916	0,0922	0,0927	0,0933	0,0938	0,0943
0,009	0,0949	0,0954	0,0959	0,0964	0,0969	0,0975	0,0980	0,0985	0,0990	0,0995
0,010	0,1000	0,1005	0,1010	0,1015	0,1020	0,1025	0,1030	0,1034	0,1039	0,1044
0,01	0,1000	0,1049	0,1095	0,1140	0,1183	0,1225	0,1265	0,1304	0,1342	0,1378
0,02	0,1414	0,1449	0,1483	0,1517	0,1549	0,1581	0,1612	0,1643	0,1673	0,1703
0,03	0,1732	0,1761	0,1789	0,1817	0,1844	0,1871	0,1897	0,1924	0,1949	0,1975
0,04	0,2000	0,2025	0,2049	0,2074	0,2098	0,2121	0,2145	0,2168	0,2191	0,2214
0,05	0,2236	0,2258	0,2280	0,2302	0,2324	0,2345	0,2366	0,2387	0,2408	0,2429
0,06	0,2449	0,2470	0,2490	0,2510	0,2530	0,2550	0,2569	0,2588	0,2608	0,2627
0,07	0,2646	0,2665	0,2683	0,2702	0,2720	0,2730	0,2757	0,2775	0,2793	0,2811
0,08	0,2828	0,2846	0,2864	0,2881	0,2898	0,2915	0,2933	0,2950	0,2966	0,2983
0,09	0,3000	0,3017	0,3033	0,3050	0,3066	0,3082	0,3098	0,3114	0,3130	0,3146
0,10	0,3162	0,3178	0,3194	0,3209	0,3225	0,3240	0,3256	0,3271	0,3286	0,3302

c) POR NOMOGRAMAS

Outra maneira para calcular as dimensões do canal escoadouro é utilizar a Figura 4 que é um nomograma para a solução da fórmula de Manning. Nesse caso, devemos saber:

R = valor do raio hidráulico
n = coeficiente de rugosidade
S = declive do canal.

Exemplo: Seja R = 0,2m, n = 0,045, declive 5% ou 0,05m/m, encontrar a velocidade V.

Solução: Ligar R = 0,2m e n = 0,045 e projetar até a linha pivô. Ligar o ponto na linha pivô ao declive = 0,05. A intersecção na escala da velocidade dá V = 1,7m/s.

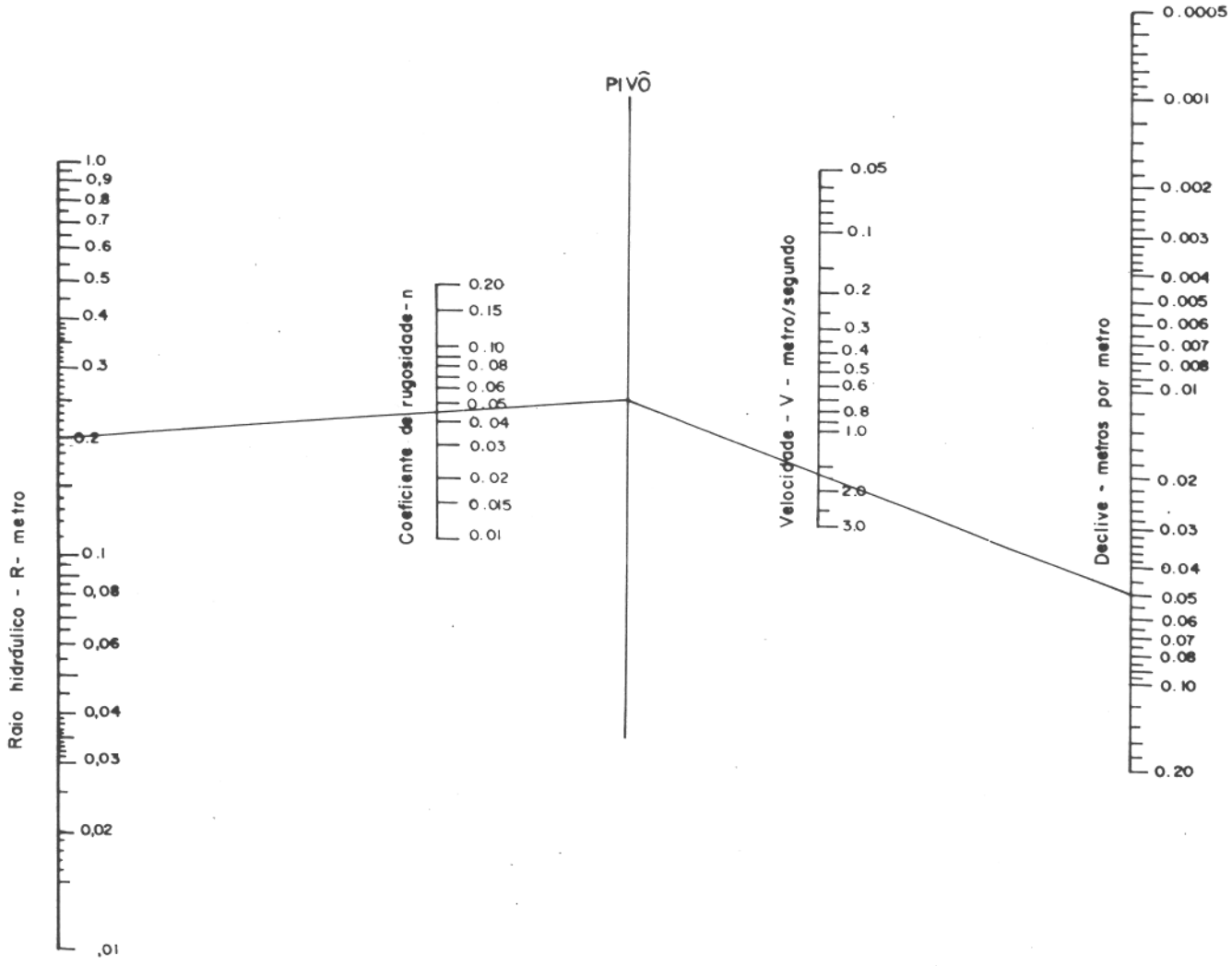


FIGURA 4 - Monograma para solução da fórmula de Manning.

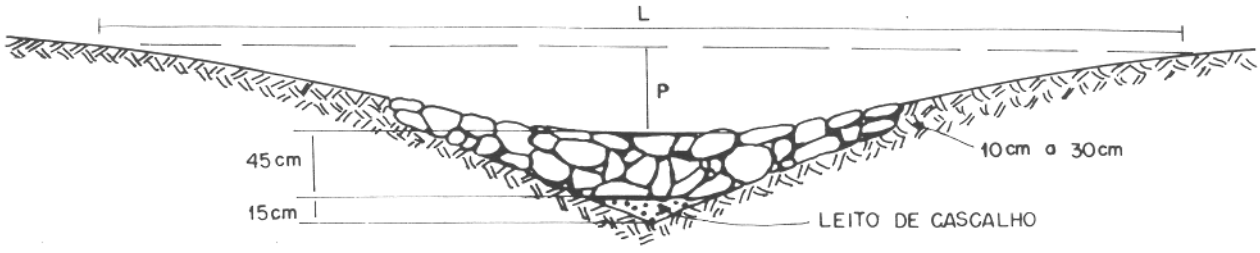
Assim, ligando o valor do raio hidráulico ao valor do coeficiente de rugosidade, **n,** teremos na linha pivô um ponto. Sabendo-se a declividade do canal, unimos-a ao ponto da linha pivô, e aonde ela cortar a coluna da velocidade, lê-se diretamente o valor da mesma.

8 DRENAGEM DOS CANAIS ESCOADOUROS

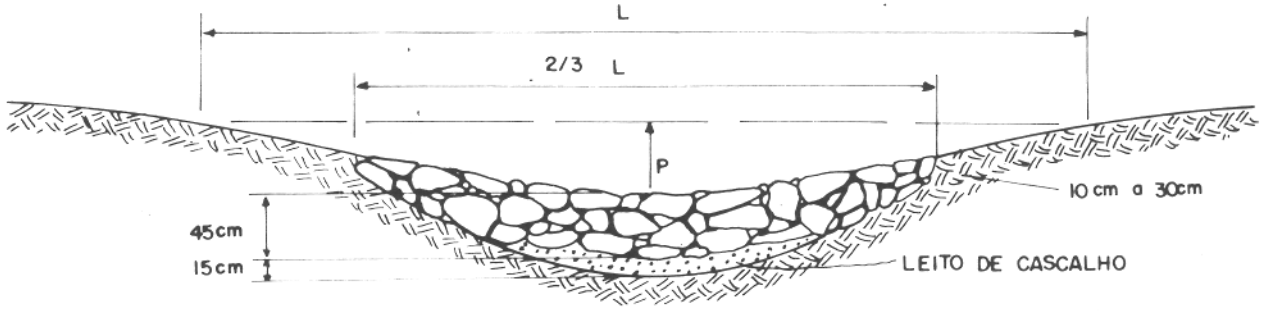
Os canais escoadouros vegetados, para serem efetivos, não devem ser sujeitos a escoamentos contínuos de longa duração ou mantidos úmidos por longo período. Sistemas de drenagem ou outros meios de drenagem e proteção da parte central do canal devem ser utilizados quando tais situações ocorrerem.

As linhas de dreno devem ser paralelas ao centro do canal vegetado, mas afastadas da linha central de pelo menos 1/4 da largura superior do canal. Duas linhas podem ser colocadas em alguns casos, uma de cada lado do centro.

Em locais onde a disponibilidade de pedras e rochas seja fácil, um dreno central de pedra pode ser a solução para os problemas de fluxo prolongado e condições de umidade. Esses drenos são instalados de acordo com a Figura 5. O tamanho das pedras requeridas em relação ao declive do canal e profundidade do fluxo pode ser determinado pelo nomograma da Figura 6.

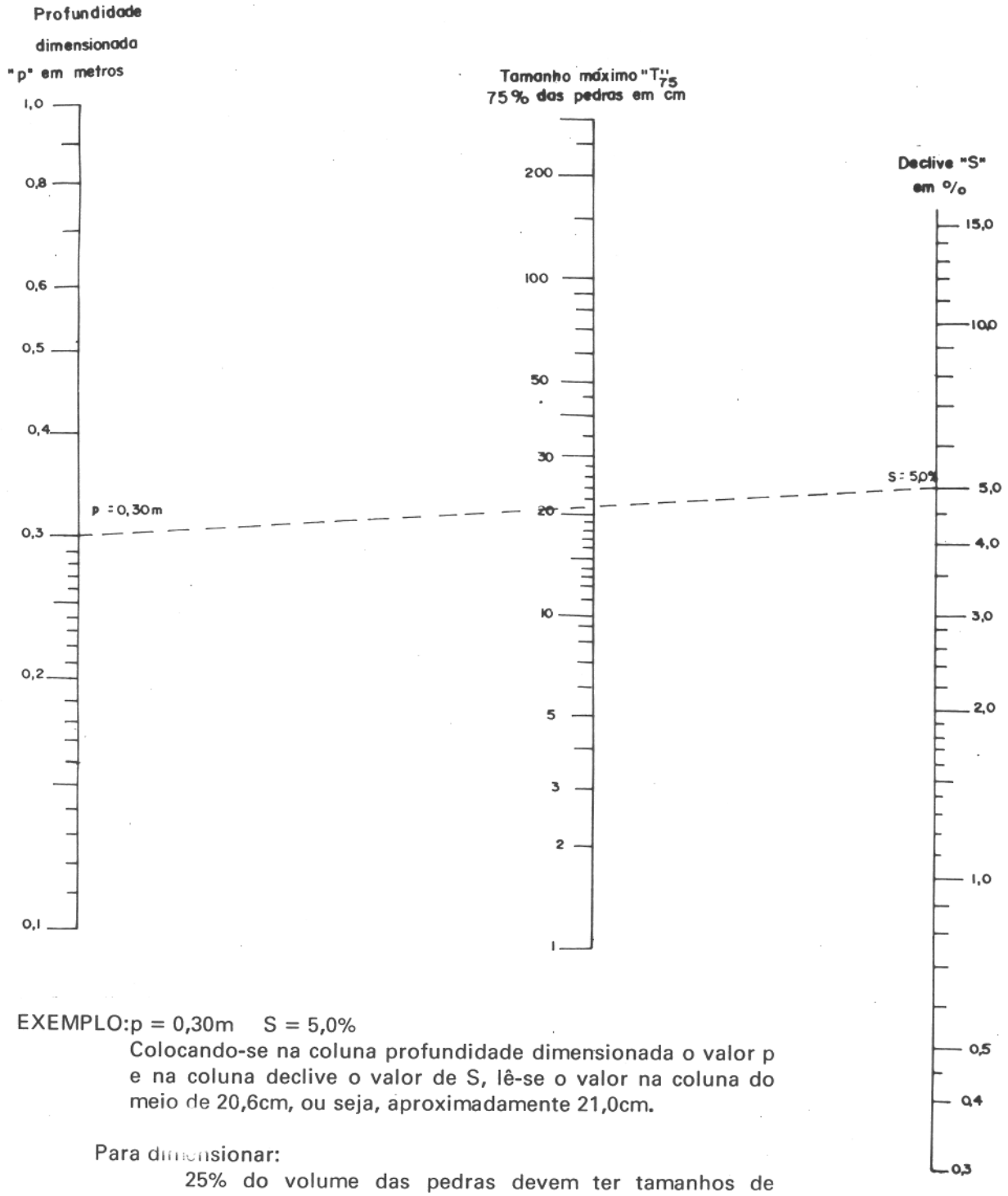


Canal escoadouro com dreno central de pedra
Seção triangular



Canal escoadouro com dreno central de pedra
Seção paraboloide

FIGURA 5 - Canais escoadouros com centro de pedra.



EXEMPLO: p = 0,30m S = 5,0%

Colocando-se na coluna profundidade dimensionada o valor p e na coluna declive o valor de S, lê-se o valor na coluna do meio de 20,6cm, ou seja, aproximadamente 21,0cm.

Para dimensionar:

25% do volume das pedras devem ter tamanhos de 21,0cm ou ligeiramente maiores. O restante 75% ou menos deve ser de material bem-granulado, menor do que 21,0cm, incluindo cascalhos e areias para completar os vazios entre as pedras maiores.

FIGURA 6 - Determinação do tamanho de pedras para o centro do canal escoadouro.

9 CONSTRUÇÃO DOS CANAIS ESCOADOUROS

Muitos tipos de equipamentos agrícolas e de construções são adaptados para a construção de canais. Todavia, pode ser necessário usar equipamentos que carreguem e transportem o material escavado para locais onde o mesmo seja necessário. Pequenos "scrapers" que possam ser puxados por tratores agrícolas são equipamentos satisfatórios para a construção. Todavia, "scrapers", "buldôzeres" e lâminas (tratores de pneus) são excelentes tipos de equipamentos para construção de canais e devem ser utilizados quando disponíveis.

9.1 Preparo do local

O canal deve ser estaqueado para a construção. Todas as árvores, arbustos e material similar devem ser removidos do local e colocados onde não interferirão no funcionamento do canal.

9.2 Escavação

O solo removido do canal deve ser depositado onde não interferirá com o fluxo de água no canal. Geralmente é utilizado para preencher pequenas depressões ao redor do canal.

O solo superficial deve ser retirado e espalhado posteriormente no canal para conseguir uma boa cobertura vegetativa. Onde isso é feito o canal deve ser aprofundado para que o solo a ser reposto permita obter as dimensões projetadas do mesmo.

9.3 Drenagem

Deve ser instalada após ser completada a escavação, desde que tenha sido planejada.

9.4 Estabelecimento da vegetação

A vegetação do canal é estabelecida geralmente por semente ou plantando raízes ou outras partes vegetativas das plantas selecionadas. Nas seções mais críticas em alguns canais, para promover uma proteção imediata, é desejável a utilização de placas da cobertura. Juta, plástico ou restos de palha e feno podem ser utilizados para proteger a porção central ou toda a largura do canal até a vegetação estabelecer-se.

9.5 Bordo livre e diques laterais

Se o canal escoadouro estiver localizado onde um excesso de enxurrada possa ocasionar danos, um bordo livre de 0,10m a 0,15m, à profundidade projetada, deve ser adicionado para oferecer uma proteção adequada, na forma de diques laterais permanentes ou temporários, a fim de garantir futuras vazões (Figuras 7 e 8). Tais diques devem ser construídos com taludes laterais não superior a 4:1.

Quando possível, o canal escoadouro deve ser aprofundado suficientemente no solo para eliminar a necessidade dos diques permanentes.

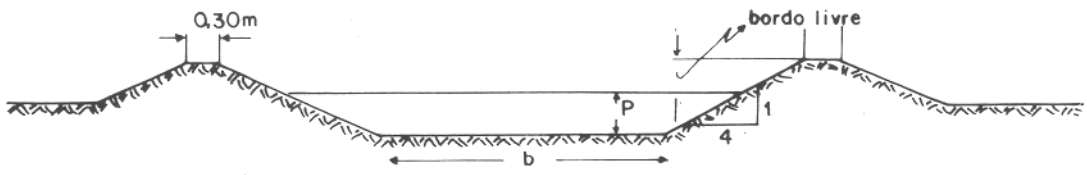


FIGURA 7 - Bordo livre do canal escoadouro.

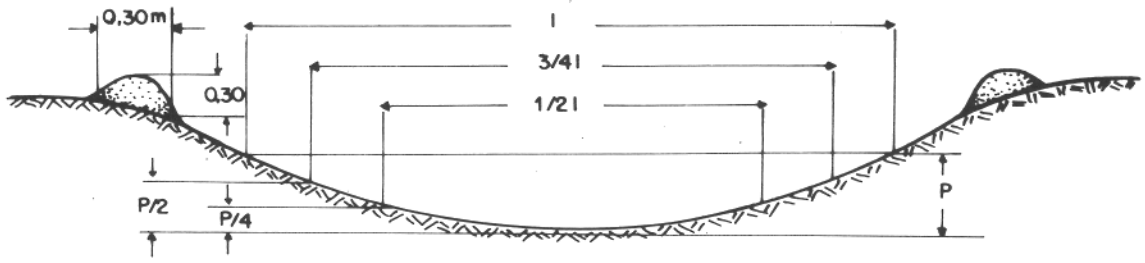


FIGURA 8 - Diques laterais permanentes ou temporários do canal escoadouro.

9.6 Variação das seções do canal escoadouro

Havendo variação no declive do terreno onde o canal será construído ou uma variação no pico de vazão da enxurrada, é aconselhável determinar a dimensão do canal em diversos pontos.

Se o declive do terreno, onde o canal será construído, for uniforme, um canal largo na parte inferior será requerido para conduzir um grande volume de enxurrada. Tal canal pode ser construído com largura uniforme em toda a sua extensão (Figura 9 a) ou pode-se ir aumentando gradualmente (Figura 9 b), calculando, nesse caso, uma seção no início e outra no final.

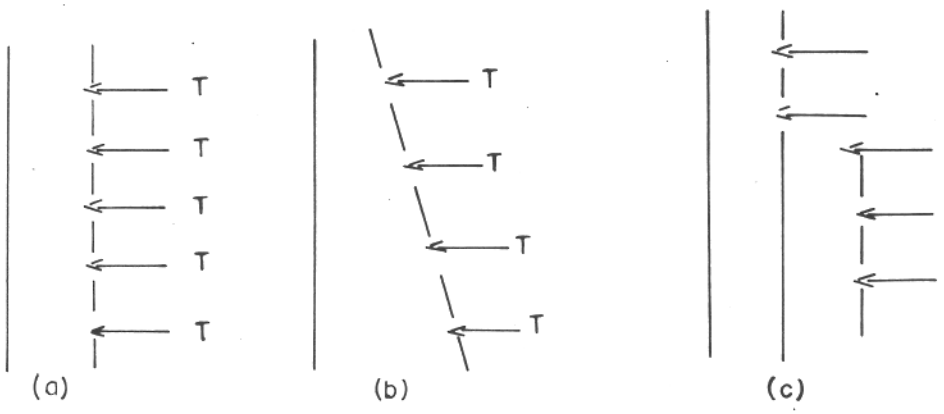


FIGURA 9 - Variações das seções do canal escoadouro.

O canal escoadouro com largura uniforme é de fácil manutenção, mas ocupa uma grande área de gleba, enquanto que o de aumento gradual requer menos área, e também resulta numa distribuição mais uniforme da água, o que é muito importante no canal trapezoidal.

A quantidade de área ocupada pelo canal, o custo de construção, a facilidade de manutenção e a distribuição da água no canal devem ser avaliados na escolha do tipo de canal a ser construído em um dado local.

Onde a largura do canal for maior do que 18m, é aconselhável dividir a vazão de enxurrada em dois pequenos canais paralelos (Figura 9 c). Canais escoadouros paralelos podem ser utilizados com grandes vantagens, onde um canal trapezoidal muito largo deve ser construído numa área muito acidentada. Os dois canais podem ser construídos em níveis diferentes, requerendo menor movimento de terra (Figura 10).



FIGURA 10 - Vista lateral de canais escoadouros paralelos (Figura 9c)

9.7 Fundo do canal escoadouro

O fundo do canal dos terraços deve ficar cerca de 15 a 20m acima do fundo do canal escoadouro trapezoidal e a cerca de metade da profundidade projetada acima do canal escoadouro parabolóide, a fim de evitar o refluxo (entrada de água do canal para dentro dos terraços). É também aconselhável em muitos casos construir um canal mais profundo do que o projetado para permitir o acúmulo de sedimentos.

9.8 Estruturas para redução da velocidade da água nos canais escoadouros

Em casos especiais, quando o declive é acentuado e não se consegue obter a velocidade permissível, recorre-se a estruturas especiais para diminuir a velocidade da água nos canais escoadouros, evitando a erosão (ver o capítulo ESTRUTURAS MECÂNICAS PARA CONTROLE DE EROSÃO E ESTABILIZAÇÃO – neste volume).

9.9 Prados escoadouros

Em propriedades que se dedicam a atividades mistas (agricultura e pecuária), os canais escoadouros podem ser substituídos por prados escoadcuros, quando a vegetação desses está bem-estabelecida, eliminando o dimensionamento adequado dos canais, e desempenhando dupla função: produção de forragem e escoamento seguro dos excessos de água.

10 MANUTENÇÃO DOS CANAIS ESCOADOUROS

A manutenção constante é importante para manter o canal em boas condições de trabalho. A adubação, o corte e o controle de ervas devem ser realizados freqüentemente para ter a vegetação em condições vigorosas. Pastejo, se permitido, deve ser rigorosamente controlado. Contudo, os animais devem ser retirados durante condições úmidas.

O tráfego de veículos deve ser excluído do canal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEASLEY, R.P. **Erosion and sediment pollution control.** Ames, Iowa State University Press, 1972. 320p.

BERTONI, J & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** Piracicaba, Livroceres, 1985. 392p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Soil Conservation service.** Engineering field manual. Washington. D.C., 1969. 994p.

HUDSON, N.W. **Soil Conservation.** Ithaca, New York, Cornell University Press, 1973. 320p.

JONES, R.J. **Proposta de zoneamento de plantas forrageiras para o Estado de São Paulo.** Zootecnia, São Paulo, 12 (3): 177-190. 1974.

MARQUES, J.Q.A. **Conservação do solo em cafezal.** Boletim da Superintendência dos Serviços de Café, são Paulo, 1950. 234p.

SCHWAB, G.O.; FREVERT, R.K.; BARNES, K.K. & EDMINSTER, T.W. **Elementary soil and water engineering.** New York, John Wiley & Sons, 1971. 316p.

SUAREZ DE CASTRO, F. **conservación de suelos.** Madrid, Salvat, 1956. 298p.

CANAIS DIVERGENTES

Francisco Lombardi Neto(1)

1 INTRODUÇÃO

O canal divergente (ou terraços) é uma estrutura composta de um canal e um camalhão de terra na parte de baixo, construída no sentido contrário ao maior declive de terreno, com um pequeno caimento, para proporcionar o transporte de enxurrada, em baixa velocidade, para um desejado ponto de escoamento.

Esse canal é usado para um ou mais dos seguintes propósitos:

a) desviar a enxurrada das cabeceiras das voçorocas para impedir o progresso da erosão;
b) reduzir o comprimento de lançantes, atuando como prática suplementar, em terrenos com culturas em faixas plantadas continuamente;
c) interromper a concentração de enxurrada de terrenos de topografia suave, onde, por serem planos, não é recomendado o terraceamento;
d) desviar enxurrada das proximidades das construções rurais;
e) drenar a área acima das fontes naturais de água;
f) proteger um sistema de terraceamento desviando a enxurrada de sua cabeceira;
g) proteger as áreas planas das enxurradas vindas das partes altas;
h) proteger as terras de baixadas sujeitas a inundações ou problemas de sedimentação.

As áreas acima do canal divergente devem ser controladas por um bom manejo do solo ou outras medidas estruturais, a fim de prevenir a acumulação de sedimentos nos seus canais. Quando for impossível estabelecer uma cobertura vegetal eficiente, a capacidade do canal deverá ser aumentada para conter o excesso de sedimentação.

2 LOCAÇÃO DO CANAL

A locação do canal divergente deve ser determinada pelas condições dos escoadouros, da topografia, do uso e tipo do solo, e do comprimento do lançante. Quando sua finalidade for proteger da enxurrada uma área cultivada, junto a uma área de pastagem,construí-lo na linha divisória entre ambas. Se a área vai ser ter la imediatamente abaixo do canal divergente, ele deve ser locado com o mesmo gradiente dos terraços, a fim de que a primeira faixa seja aproximadamente paralela; com isso, facilitam-se as operações de cultivo, uma vez que a faixa entre o canal divergente e o primeiro terraço fica uniforme.

3 FINALIDADE DO CANAL DIVERGENTE

Quando o canal divergente for construído para desviar as enxurradas das cabeceiras das voçorocas, é importante que ele esteja a uma boa distância da voçoroca, a fim de proteger o terreno ainda consolidado e evitar novos desbarrancamentos.

---

(1)Eng.º Agr.º, Pesq. Cient. SAA/CPA/IAC – Seção de Conservação do Solo.

Quando os canais são usados para proteger as terras planas das enxurradas vindas dos terrenos altos, devem-se construí-los próximo à base das terras altas, para desviar a enxurrada antes que se espalhe nas terras baixas. Quando são empregados para proteger as terras de baixada sujeitas à inundação, construí-los abaixo da base do terreno inclinado, a fim de aumentar-lhes a capacidade e tornar a construção mais econômica.

O canal do canal divergente deve ter capacidade para receber a enxurrada esperada no seu máximo de precipitação da área que está protegendo, a qual deve ser calculada como para os canais escoadouros.

O gradiente do canal divergente deve ser selecionado de acordo com o local onde é construído, com a necessidade de sua capacidade, podendo-se assim determinar a escolha da velocidade permissível; gradientes variáveis podem ser requeridos para obter uma seção do terraço mais uniforme e melhor alinhamento. A velocidade permissível da enxurrada no canal do canal divergente pode ser determinada segundo o Quadro 1.

QUADRO 1 – Velocidade permissível de enxurrada no canal do canal divergente.

Textura do solo	Velocidade permissível			
	canal sem vegetação	vegetação do canal		
		Pobre	Regular	Boa
		m/s		
< 20% argila	0,45	0,45	0,75	1,05
20 – 40% argila	0,60	0,75	1,05	1,35
> 40% argila	0,75	0,90	1,35	1,65

É importante que a seção desse canal seja adaptada aos equipamentos agrícolas que serão usados nas operações normais e que sejam fáceis de se manter para que possam ser aceitáveis pelo lavrador. A seção pode ser construída em V ou em forma trapezoidal, e os taludes, 10:1 ou 8:1, respectivamente, se forem cruzados por máquinas durante as operações agrícolas; se as máquinas não cruzarem os taludes, estes podem ser mais inclinados.

A Figura 1 apresenta seção típica dos canais divergentes, de seção em V e de seção Trapezoidal.

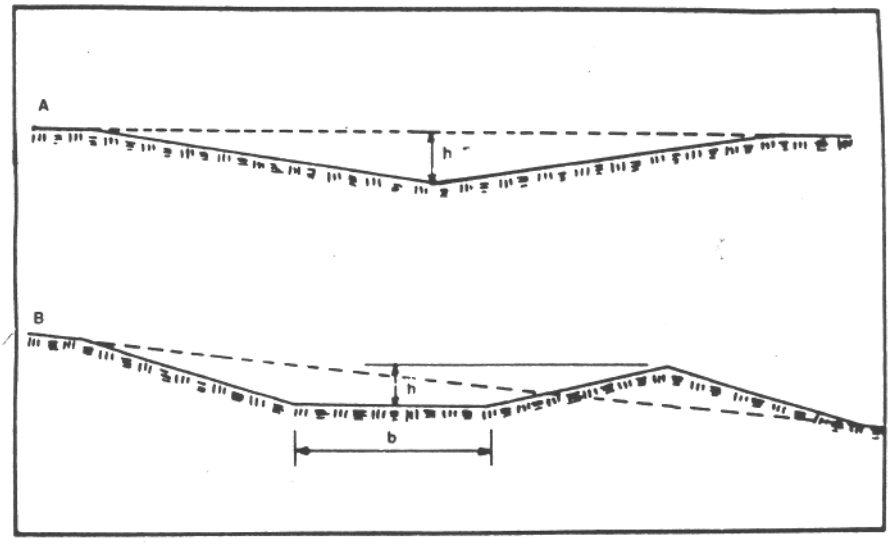


FIGURA 1 - Seção típica de canal divergentes; A - Seção em V;B - Seção trapezoidal.

A enxurrada coletada pelo canal divergente deve ser descarregada para um escoadouro adequado, que pode ser um canal vegetado estabelecido previamente, ou uma grota natural estabilizada, ou uma estrutura de concreto ou outro material previamente construído.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** Ícone, São Paulo, 1990. 355p.

ESTRUTURAS MECÂNICAS PARA CONTROLE DE EROSÃO E ESTABILIZAÇÃO

Francisco Lombardi Neto(1)

1 INTRODUÇÃO

As estruturas mecânicas são dispositivos, construídos ou manufaturados, que, em conservação do solo, servem para reter, regular ou controlar o movimento da enxurrada. Podem ser construídas em canais escoadouros vegetados, para a diminuição do gradiente efetivo do leito vegetado, ou, em voçorocas, para uma proteção permanente da grota, sob a forma de pequenas barragens de terra, de concreto, de pedras soltas, em gabiões e de tijolos.

Boas práticas vegetativas, juntamente com bom manejo de solo, são necessários para um programa eficiente de conservação do solo e água, porém nem sempre as práticas vegetativas ou outras medidas simples são suficientes e adequadas para um controle de grandes concentrações de água. Em tais casos, devem ser utilizadas as estruturas. Ainda há o fato de que as medidas vegetativas são sujeitas às influências do clima e de fatores adversos, como os ocasionados pelas pragas e moléstias das plantas, e nem sempre oferecem segurança, ao passo que as estruturas, quando propriamente construídas, são seguras e de longa duração.

Tais estruturas são usadas para as seguintes finalidades: controle da voçoroca; armazenamento de água; prevenção de enchentes; controle de velocidade do escoamento da enxurrada em canais escoadouros; controle de sedimentos; irrigação; drenagem; proteção de praias e de barrancos de córregos e rios.

2 CONSTRUÇÃO

Para a proteção de canais escoadouros com estruturas mecânicas, constroem-se, em intervalos determinados, pequenas barragens escalonadas. A determinação do espaçamento horizontal (E) entre barragens, assim como o estabelecimento de sua altura de queda (H), é calculada na base do gradiente de compensação (Dc) do leito vegetado, ou seja, na base da máxima declividade que se pode dar ao canal vegetado dentro do limite de velocidade permitido pela vegetação de revestimento.

A declividade dos canais pode ser determinada com a fórmula de Manning:

$$D = \frac{V^2 \; n^2}{R^3}$$

O valor do gradiente de compensação (Dc) do leito vegetado é determinado, adotando-se para valor de V o limite de velocidade de escoamento considerado satisfatório para o tipo de vegetação escolhido. A altura de queda (H) da barragem, para determinado espaçamento horizontal (E) entre barragens, é a diferença entre os espaçamentos verticais correspondentes à declividade original (Do) e à declividade de compensação (Dc) do leito do canal, ou seja:

$$H = \frac{Do}{100} E - \frac{Dc}{100} E = E \frac{Do - Dc}{100}$$

---

(1)Eng.º Agr.º, Pesq. Cient. SAA/CPA/IAC – Seção de Conservação do solo.

Quando se fixa a altura de queda (H) por motivo de pouca resistência do material empregado, determina-se o espaçamento horizontal (E) a ser adotado entre as barragens pela equação:

$$E = \frac{H}{Do - Dc}$$

A Figura 1 apresenta as principais estruturas, selecionadas por MARQUES (1950), de barragens para redução de declividade no leito vegetado de canais escoadouros.

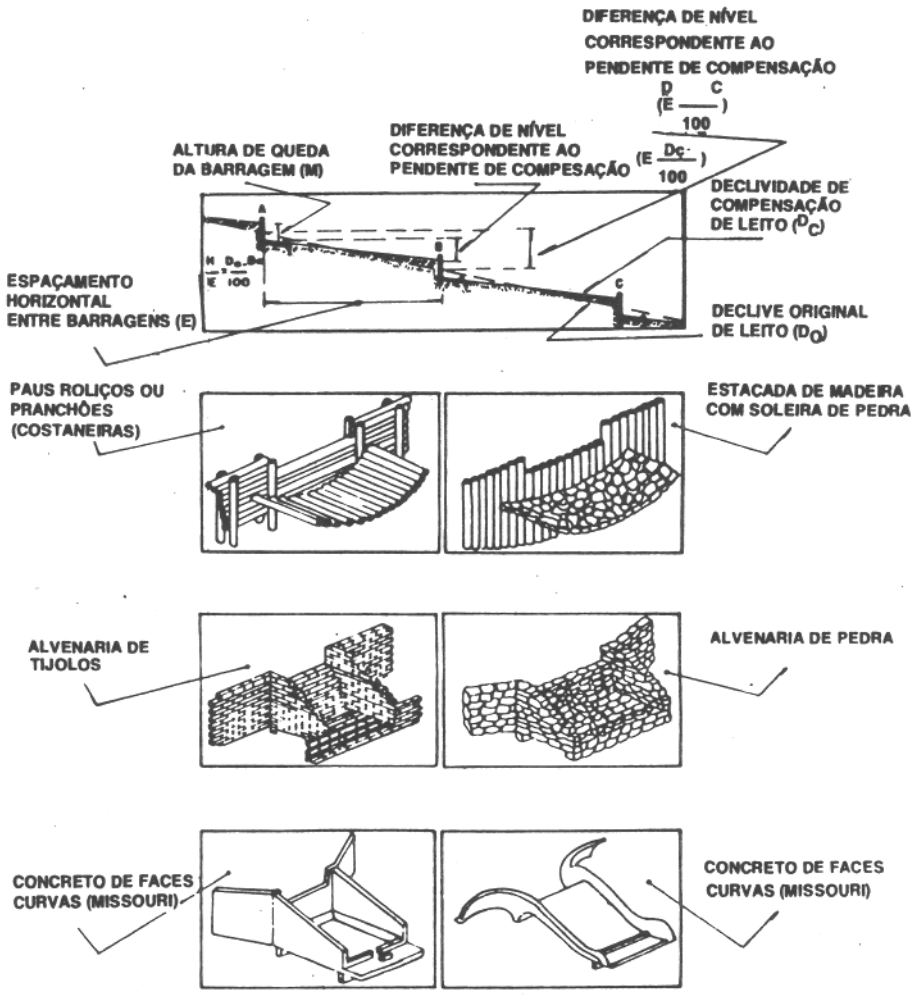


FIGURA 1 - Estruturas para barragens de redução de declividade no leito vegetado de canais escoadouros.

As formas das estruturas e suas dimensões dependerão do material empregado, da altura de queda e da natureza do solo em que forem colocadas. A principal função da estrutura é quebrar a velocidade de queda da enxurrada, fazendo com que a água entre mansamente no leito vegetatado sem provocar danos.

As estruturas flexíveis apresentam vantagens sobre as rígidas e semi-rígidas; entre as flexíveis, os gabiões ocupam um lugar importante, pois oferecem vantagens técnicas e econômicas e estabilização de canais. Atualmente, já se vêem muitos trabalhos, entre nós, no controle de voçorocas, canais, taludes em vários Estados do Brasil.

3 GABIÃO – ESTRUTURA FLEXÍVEL

Gabião é um invólucro constituído de uma rede metálica, com fio de aço recozido, fortemente zincado, em malha hexagonal de dupla torção, preenchido com pedras de maior peso específico possível. O termo gabião é originário da palavra italiana "gabbione", gaiola; as primeiras versões dos gabiões surgiram na antigüidade com os egípcios e os chineses, que utilizavam gaiola de vime ou bambu, preenchida de pedras para contenção das margens dos rios Nilo e Amarelo.

O gabião, na sua versão moderna, foi criado e desenvolvido pela "Officine Maccaferri S.P.A.", de Bolonha, na Itália, quando, em 1893, o aplicou pela primeira vez na proteção das margens do rio Reno, obra que até hoje continua realizando o seu trabalho com eficiência.

A técnica do emprego de gabiões encontrou vasto campo de aplicação na estabilização de taludes, na consolidação de rodovias e ferrovias, nas defesas fluviais, no controle de erosão, no revestimento de canais, na proteção de lagos, marinas e cais.

As obras em gabiões caracterizam-se por serem, ao mesmo tempo, estrutura monolítica, armada, flexível, drenante e de grande durabilidade, e por apresentarem inúmeras vantagens no aspecto construtivo, principalmente na rapidez de execução e maior economia. A grande vantagem do gabião sobre as estruturas rígidas é que suporta os pequenos movimentos do solo, em razão de expansão e contração do terreno argiloso, por efeito do maior ou menor umedecimento do solo.

A vantagem prática dessa técnica é que pode ser encontrada no mercado, pré-fabricada, na forma de caixa, colchão ou saco, em várias dimensões. Em geral, os gabiões são construídos em fio de aço fortemente zincado, podendo ter um revestimento adicional de PVC,utilizados para ambientes poluídos ou agressivos ao zinco.

É muito difícil estabelecer regras gerais sobre as obras de defesa para proteção das encostas, barrancos e curvas dos córregos e pequenos rios. O comum é empregar vegetação nos barrancos para a estabilização dos seus taludes, porém nem sempre o resultado é satisfatório: nesse caso, deve-se recorrer a sistemas mecânicos.

O sistema recomendado pelo Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos (1953), de fabricação caseira, consiste em colocar uma fileira de armação de estacas de madeira que é construída com facilidade, cruzando e amarrando com arame grosso três estacas de madeira de 3 a 5m de comprimento, na forma indicada na Figura 2. Essas armações são colocadas no barranco a proteger, sem deixar espaço maior que a sua largura, de maneira que tenha uma linha contínua de proteção, onde elas são firmadas com pedras pesadas amarradas na base e por meio de um cabo de "1/2 a 3/4" que passa pelo centro de todos, formando uma só unidade, e são fincadas no barranco por estacas de madeira de 20cm de diâmetro, conforme a Figura 2.

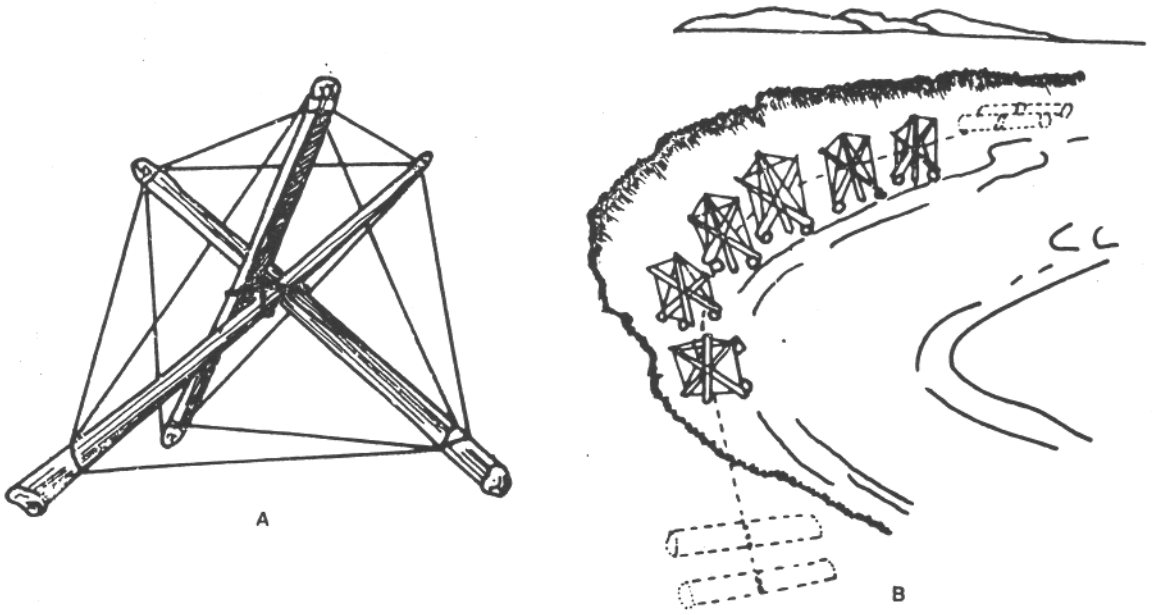


FIGURA 2 - A - armação de estacas de madeira; B - colocação das armações de madeira para proteção de barrancos em curvas de córregos ou rios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** Ícone, São Paulo, 1990. 355p.

ESTADOS UNIDOS. Departament of Agriculture. **Soil Conservation Service.** Farm planner's engineering handbook for the upper Mississipi Region. Washington, D.C., 1953. (Agriculture handbook, 47).

MARQUES, J.Q.A. **Conservação do solo em cafezal.** Boletim da Superintendência dos Serviços do Café, São Paulo, 1950. 234p.

EMBACIAMENTO

Mário Ivo Drugowich (1)

1 INTRODUÇÃO

Em culturas permanentes, devido à mecanização e à necessidade de carreadores para a retirada das colheitas, a utilização de terraços vem causando certos transtornos e, às vezes, até o fracasso no controle da erosão, principalmente em solos arenosos. Esse fato levou alguns agricultores a substituírem os terraços pelo embaciamento.

Embora não existam, entre nós, dados de pesquisa, o embaciamento é uma prática que vem sendo introduzida principalmente em pomares de citros, demonstrando grande eficiência no controle da erosão, podendo ser estendida a outras culturas permanentes.

O embaciamento consiste em se construir um pequeno terraço em cada entrelinha da cultura, mediante tratos culturais mecanizados com regulagem certa do implemento, no caso, a grade de disco.

2 INSTALAÇÃO

Para se instalar uma cultura com ambaciamento, devemos proceder da seguinte forma:

– Fazer plantio da cultura em nível com os carreadores previstos.

– Fazer, na faixa de entrelinha, uma aração para baixo e para cima terminando no meio da entrelinha. Essa fase pode ser eliminada – é adotada apenas para que o embaciamento se forme mais rapidamente.

A seguir, as capinas serão feitas com grade de disco regulada de tal forma, visando rebaixar o meio da linha e elevar as faixas próximas às plantas.

Depois de várias capinas feitas dessa forma, vamos obter em cada linha da cultura um pequeno terraço, como mostra a Figura 1.

Com essa prática teremos, na faixa de cada entrelinha, um pequeno terraço de construção barata, pois será feito aproveitando as capinas normais.

Embora a capacidade individual de retenção de água seja pequena, sua eficiência está assegurada pela quantidade e pela pequena faixa de captação do embaciamento.

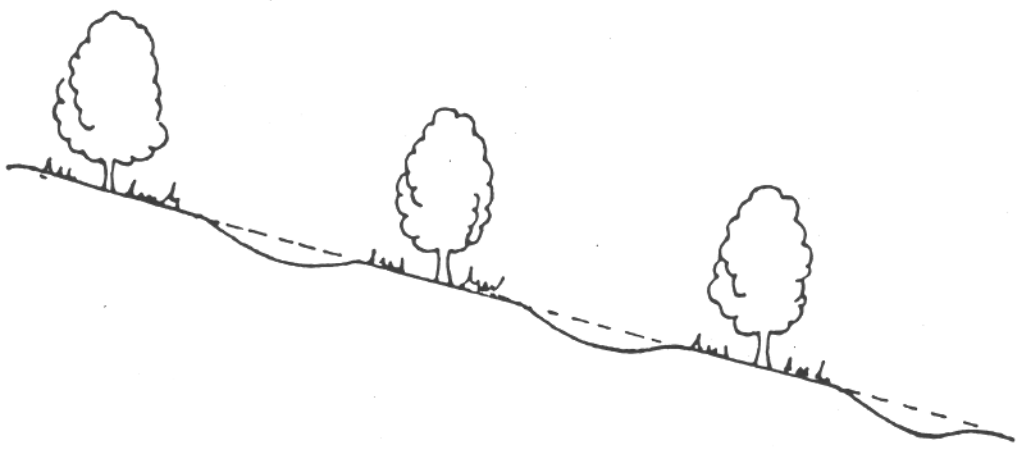


FIGURA 1 - Perfil de um pomar com embaciamento.

(1)Eng.º Agr.º – SAA/DEXTRU/CATI-CTRN.

MANEJO FÍSICO DE PASTAGENS

Newton de O. Andrade(1)

1 INTRODUÇÃO

As pastagens, embora em intensidade um pouco menor que as florestas, fornecem grande proteção ao solo contra os estragos pela erosão. No entanto, como opção adequada para ocupação dos solos, a pastagem necessita de ser manejada de forma a minimizar o escorrimento superficial da água que é fator decisivo para agravar a erosão dos solos.

Para que as pastagens desempenhem essa função, é preciso que, desde a sua formação, sejam adotadas medidas de conservação do solo, de aplicação de corretivos e de adubação de plantio. Após o estabelecimento dessas medidas, as adubações de manutenção e o manejo correto da espécie forrageira escolhida desempenharão importante função como medidas conservacionistas.

O manejo de pastagens deve ser considerado como uma série de procedimentos que visa assegurar condições para que os rebanhos se utilizem do recurso forrageiro disponível.

2 UTILIZAÇÃO E MANEJO

O intervalo entre os pastejos (período de descanso) tem como objetivos:

- permitir que a forrageira se refaça do corte pelo animal;
- controlar as plantas invasoras;
- controlar a erosão;
- permitir o consumo de forragem com bom valor nutritivo para suprir as exigências nutricionais dos animais.

QUADRO 1 – Intervalo entre os pastejos (período de descanso).

Capim	Intervalo entre pastejos (dias)
Braquiárias	28 – 30
Estrela	21 – 28
Jaraguá	30
Pangola	21 – 28
Andropogon	28 – 30
Setária	30
Colonião	35
Napier	45

Tempo de ocupação: número de dias que os animais deverão ficar em cada piquete.
Consideram-se como períodos máximos recomendáveis os seguintes:
Napier – 3 a 7 dias
Colonião – 7 a 10 dias
Demais – 3 a 7 dias

(1)Eng.º Agr.º SAA/CATI/DEXTRU-CTPA.

O número de piquetes é determinado em função de:

$$\text{N.º de piquetes} = \frac{\text{Período de descanso (P.D.)}}{\text{Período de ocupação (P.O.)}} + 1$$

O dimensionamento dos piquetes é função da produção do pasto e do número de animais. Em geral, estima-se de 70 a 100m^2 como área de pastagem para alimentar uma unidade animal (U.A.) durante um dia.

3 CONDICIONADORES DE PASTEJO

Pastos de até 12ha não têm problema de pastejo uniforme se a lotação for adequada e apresentarem as seguintes vantagens:

a) as aguadas se localizarem a distância menores dos pontos extremos;
b) as condições da pastagem forem prontamente visualizadas;
c) em decorrência de "b", for melhor controlada a velocidade de rotação.

Alguns recursos são empregados na hipótese de ocorrer desuniformidade no pastoreio:

- distribuição conveniente dos cochos de minerais, bebedouros e sombras;
- localização das cercas de modo a facilitar o deslocamento dos animais.

O cocho de minerais poderá ficar distante da aguada, forçando a movimentação do gado; leva-se em conta, no entanto, a facilidade da distribuição do sal.

No que se refere à forma dos piquetes, estabelecem-se:

- sempre que houver possibilidade, recomenda-se a forma quadrada;
- não sendo possível o quadrado, utiliza-se o retângulo, sem grande desproporção entre comprimento e largura;
- deve-se evitar a disposição em leque, pela disparidade de utilização nos vários pontos da área;
- as cercas de maior comprimento devem acompanhar a linha de nível do terreno, facilitando o deslocamento dos animais.

A divisão das pastagens deve ser feita de forma retangular, com o maior comprimento no sentido perpendicular ao maior declive. Quando se utiliza divisão de pastagem adequada, o gado passa a se movimentar predominantemente em nível, podendo até formar trilhos.

3.1 Aguadas

Em caso de bebedouros naturais ou quando o gado tem livre acesso às aguadas, a movimentação do gado morro abaixo forma trilhos que favorecem a concentração de enxurradas, e, em conseqüência, ocasiona erosão em sulcos e voçorocas nos solos menos resistentes ao processo erosivo.

Sempre que possível deve-se prever a elevação da água até os bebedouros. A disposição dos bebedouros e cochos de sal nos pastos deve ser feita de forma adequada para evitar a formação de trilhos morro abaixo, o que pode ser conseguido com a sua colocação em extremidades opostas ao piquete e na mesma cota.

3.2 Sombras

As sombras das árvores são o meio mais econômico de que se dispõe para propiciar ambiente favorável aos animais, protegendo-os da radiação solar.

Uma boa árvore de sombra, para pastagem, deve reunir algumas qualidades e características indispensáveis:

a) copa frondosa, boa fornecedora de sombra;
b) copa alta (mínimo de 3m) e larga superfície em projeção (mínimo de 20m^2);
c) fuste reto e sem excrescências que possam ferir o animal;
d) folhas persistentes;
e) não apresentar raízes aflorando, que prejudicam a acomodação do gado;
f) não produzir frutos grandes (máximo de 4cm de diâmetro);
g) folha, broto ou fruto, quando ingeridos, não devem causar problemas aos animais;

h) ser de fácil obtenção (mudas) e de origem regional;
i) desenvolvimento em ritmo razoável (incremento desejável: 0,5m por ano);
j) resistência à seca, ao frio e pouca exigência em solo.

A distribuição mais conveniente das árvores nos piquetes pode ser norteada por alguns critérios:

- perda de, no máximo, 3% da área de pastagem;
- distanciar do bebedouro e do cocho de minerais;
- manter distância razoável da cerca (20m);
- proteger contra os raios (pára-raios);
- acomodação para todos os animais em pastejo (com folga).

Com base nesses critérios, podem-se preconizar cinco árvores por hectare em média.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORSI, M. et alii **Exploração leiteira** – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – USP – Departamento de Zootecnia, Piracicaba, 1988.

SARTINI, H. J. et alii **Normas para manejo de pastagens.** Boletim Técnico n.º 205, Campinas – SP, CATI, 1992. p.11-23.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL-CATI

MANUAL TÉCNICO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA

VOLUME V



TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS COMPLEMENTARES NO SOLO

Dorival Bertolini
Fernando Mendes Kroll
Francisco Lombardi Neto
Marcelo de Souza Machado Crestana
Mário Ivo Drugowich
Rames Elias
Reinaldo Oleá Corrêa
Ricardo Bellinazzi Jr.

MANUAL Nº 42

EDIÇÃO E PUBLICAÇÃO

Centro de Comunicação Rural - CECOR - CATI/SAA

Av. Brasil, 2.340 - Caixa Postal 960
CEP 13073-001 - Campinas (SP)
PABX (0192) 41-3900 - Telex - 19-1132
Tel./Fax (0192) 42-5791

Tiragem: 2.500

EDITORAÇÃO

Diretora: Maria Evanilda Martins
Editora responsável: Damaris B. Minzon
Revisora de português: Marlene M. de Almeida Rabello
Revisora bibliográfica: Maria Vilma Gasparoto

Gerente de informática (consultoria): Zélia M. B. Lima

PRODUÇÃO GRÁFICA

Diretora: Angelina Maria W. Takahashi
Editoração eletrônica: Miriam Abrahão Gonçalves, SCAN Computação Gráfica
Arte-final: José Henrique Marco Antônio
Fotolitografia: Jadison Palma, Gerson Canesqui
Impressores: Mário Augusto dos Santos, Nelson Nogueira
Oficina gráfica: Mário Augusto dos Santos, Antônio José Gomes, Élvio Augusto de Souza, Emílio Palma, João Batista Palma, Manoel Mendes Santiago
Distribuição: Maria de Lourdes Silveira

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL-CATI

MANUAL TÉCNICO DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA

VOLUME V

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS COMPLEMENTARES NO SOLO



Dorival Bertolini
Fernando Mendes Kroll
Francisco Lombardi Neto
Marcelo de Souza Machado Crestana
Mário Ivo Drugowich
Rames Elias
Reinaldo Oleá Corrêa
Ricardo Bellinazzi Jr.

Manual CATI	Campinas (SP)	nº42	dezembro 1994

Publicação dirigida aos técnicos da rede assistencial da CATI e/ou entidades afins.

É permitida a reprodução parcial desde que citada a fonte. A reprodução total depende de autorização expressa da CATI.

FICHA CATALOGRÁFICA

Lombardi Neto, F. & Drugowich, M.I. Coordenadores
Manual técnico de manejo e conservação do solo e água, coordenado por Francisco Lombardi Neto e Mário Ivo Drugowich.
Campinas, CATI, 1994.
v.V - CONTEÚDO: Tecnologias disponíveis para a implementação de técnicas complementares no solo.
128p.ilus. 28cm (Manual Técnico, 42).

CDD 631.45

APRESENTAÇÃO

Neste volume, procurou-se agrupar as práticas de controle do escoamento superficial, que deverão ser utilizadas para reduzir os níveis de erosão nas propriedades agrícolas. Entre elas podem-se citar a readequação de estradas e carreadores, caixas de captação de águas pluviais, localização de construções e benfeitorias rurais, etc, que podem contribuir, quando bem-planejadas, de forma incisiva no controle do escorrimento superficial.

Visando solucionar problemas locais, também foram descritas outras técnicas de manejo de recursos naturais, que poderão ser incluídas em um planejamento conservacionista. São elas: controle de voçorocas; açudagem; abastecedouro comunitário; irrigação; drenagem; depósitos de lixo tóxico; reflorestamento e recomposição artificial de mata ciliar.

Assim, esperamos ter oferecido subsídios técnicos suficientes para a implantação do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas no Estado de São Paulo.

Francisco Lombardi Neto
Mário Ivo Drugowich

Coordenadores do Manual

GOVERNADOR DO ESTADO
Luiz Antonio Fleury Filho

SECRETÁRIO DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
Roberto Rodrigues

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL
Coordenador - Carlos Gomes dos Santos Côrtes

COORDENADORIA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
Coordenador - Almiro Blumenschein

COORDENEDORIA SÓCIO-ECONÔMICA
Coordenador - Natanael Miranda dos Anjos

COORDENADORIA DO ABASTECIMENTO
Coordenadora - Rosalba de Almeida Moledo

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA DE SÃO PAULO
Diretor Presidente - Jorge Sinihur

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO
Diretor Presidente - Vicente Antonio Luisi

CÂMARA TÉCNICA DO PROGRAMA ESTADUAL DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS

Gerente Estadual: João Salvio Netto
Gerente Técnico: Dorival Bertolini
Gerente Administrativo-Financeiro: Neusa Marcondes Donatti

Responsáveis pelos componentes:
- Extensão Rural: Eduardo Lara Campos (CATI/DEXTRU-CTRN)
- Pesquisa Adaptativa e Mapeamento Agrícola: Francisco Lombardi Neto (CPA/IAC) e Pedro Luiz Donzelli (CPA/IAC)
- Adequação de Estradas Rurais: Luiz Ricardo Viegas de Carvalho (CODASP)
- Desenvolvimento Florestal e Fiscalização Estadual do Meio Ambiente: Rames Elias (CATI/DSMM-CPM)
- Fundo de Incentivo para o Manejo e Conservação do Solo e Controle da Poluição: Neusa Marcondes Donatti (GSAA) e Dorival Bertolini (CATI)
- Treinamento e Comunicação: Arlei Arnaldo Madeira (CATI/CETATE) e Helena Deadame de Figueiredo (CATI/CECOR)
- Administração, Acompanhamento e Avaliação: Marlene Teixeira de Souza (GSAA) e Bastian Reydon (Unicamp)
- Infra-Estrutura de Distribuição de Calcário: Mário Ivo Drugowich (CATI/DEXTRU-CTRN)

LISTA DE FIGURAS

CONTROLE DE EROSÃO EM ESTRADAS RURAIS

Página

FIGURA 1 - Perdas de terras causadas pela erosão em função do comprimento de rampa. 2
FIGURA 2 - Desenho esquemático mostrando a locação da bacia de captação e retenção de águas pluviais. . 4
FIGURA 3 - Esquema mostrando o nivelamento da crista do aterro com cruzetas de bambu e profundidade útil após a construção 4
FIGURA 4 - Desenho esquemático de forma da bacia de captação: a) vista de cima e b) vista de perfil (profundidade). 6
FIGURA 5 - Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetro, para período de retorno de 5 anos . 8
FIGURA 6 - Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetro, para período de retorno de 10 anos. 9
FIGURA 7 - Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetro, para período de retorno de 25 anos. 10

CONTROLE DE VOÇOROCAS

FIGURA 1 - Isolamento de área com voçoroca 26
FIGURA 2 - Drenagem de água subterrânea de voçoroca 27
FIGURA 3 - Controle de erosão na bacia de captação da voçoroca. 27
FIGUAR 4 - Suavização dos taludes laterais da voçoroca. 28
FIGURA 5 - Construção de paliçadas no interior da voçoroca. 28
FIGURA 6 - Construção de pequena barragem no interior da Voçoroca. 29

MANEJO DA ÁGUA

FIGURA 1 - Determinação direta da vazão de pequenos cursos d água. 32
FIGURA 2 - Determinação da vazão pelo método direto(córrego grande). 33
FIGURA 3 - Vertedouro de forma retangular. 33
FIGURA 4 - Vertedouro de forma triangular de 90. 34
FIGURA 5 - Vertedouro de forma trapezoidal - Cipoletti 34
FIGURA 6 - Instalação de vertedouro. 34
FIGURA 7 - Instalação de um vertedouro(vista de frente). 35
FIGURA 8 - Vertedouro trabalhando submerso. 37
FIGURA 9 - Trecho do rio para avaliação através do método do flutuador. 38
FIGURA 10 - Seção transversal do córrego. 39
FIGURA 11 - Esquema do sistema de sucção. 49
FIGURA 12 - Sistema de escorrimento. 60
FIGURA 13 - Sistema de faixas. 60
FIGURA 14 - Sistema de tabuleiros em série. 62
FIGURA 15 - Sistema de tabuleiros em paralelo. 63
FIGURA 16 - Sistema de bacias. 64
FIGURA 17 - Distribuição da água no sistema de sulcos. 65
FIGURA 18 - Sistemas de sulcos. 66
FIGURA 19 - Sistema de leivas. 67
FIGURA 20 - Sistema de subirrigação natural. 67
FIGURA 21 - Sistema de subirrigação artificial(quando irrigado). 68
FIGURA 22 - Sistema de subirrigação artificial(quando drenado) 68
FIGURA 23 - Nivelamento do perfil da barragem. 72
FIGURA 24 - Planta do levantamento da linha d'água para cálculo do volume de água da barragem. 74

DRENAGEM DE VÁRZEAS

Página

FIGURA 1 - Projeto de drenagem de várzea (com redução xerográfica). 83
FIGURA 2 - Detalhes da numeração das estacas nas margens da folha e anotações diversas nas estacas. . 84
FIGURA 3 - Determinação da linha do nível da água dentro das perfurações, indicando a influência da drenagem. 85
FIGURA 4 - Rebaixamento do nível da água na superfície do solo, quando submetida a ação de um outro dreno paralelo. 86
FIGURA 5 - Detalhes dos perfis do dreno de encosta, determinando por ocasião de novos levantamentos de campo 87
FIGURA 6 - Corte transversal de um dreno aberto com caçamba trapezoidal, indicando a inclinação nas paredes laterais, em função da textura do solo. 88
FIGURA 7- Abertura de condutos no subsolo através de um cilindro cônico e maciço adaptado a um subsolador. 89

ABASTECEDOUROS COMUNITÁRIOS

FIGURA 1 - Abastecimento de pulverizadores diretamente de pequena barragem. 104
FIGURA 2 - Abastecimento de pulverizadores diretamente de córrego (sem caixa de interceptação). 105
FIGURA 3 - Abastecimento de pulverizadores diretamente de córrego(com reservatório). 105
FIGURA 4 - Abastecimento de pulverizadores de poços profundos. 106

DEPÓSITO COMUNITÁRIO DE LIXO TÓXICO

FIGURA 1 - Planta de um depósito de lixo tóxico com as dimensões e materiais usados na sua construção. . 110

RECOMPOSIÇÃO ARTIFICIAL DE MATA CILIAR

FIGURA 1 - Caracterização ecofisiológica da vegetação. 118
FIGURA 2 - Caracterização gráfica dos cursos de água no Estado de São Paulo. 119
FIGURA 3 - Esquema de distribuição de mudas no campo (Adaptado de RODRIGUES et alii 1987) 125
FIGURA 4 - Esquema de plantio ciliar em faixas paralelas (Adaptado de SALVADOR, 1989). 126

LISTA DE QUADROS

MANEJO DA ÁGUA

Página

QUADRO 1 - Vazão em litros por segundo para vertedouro retangular 36
QUADRO 2 - Consumo de água por dia 50

DRENAGEM DE VÁRZEAS

QUADRO 1 - Área de várzeas cadastradas (acima de 20 hectares). 79
QUADRO 2 - Valores médios de espaçamento e profundidade de drenos, segundo MILLAR. 86
QUADRO 3 - Valores recomendados para taludes em drenos de secção trapezoidal. 88
QUADRO 4 - Valores máximos recomendados para a velocidade da água em canais, determinados em função da erodibilidade. 90
QUADRO 5 - Valores de n, para emprego na equação de Manning (Salassier, 1982). 91
QUADRO 6 - Rendimento de máquinas para serviços em várzea. 92
QUADRO 7 - Cálculo do volume de escavação do dreno de encosta, analisando os dados contidos na Figura 5. 93

RECOMPOSIÇÃO ARTIFICIAL DE MATA CILIAR

QUADRO 1 - Relação de espécies nativas, para recomposição de florestas no Estado de São Paulo . . . 121

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1 - Altura da Cruzeta 5
TABELA 2 - Espaçamento para bacias de captação e retenção de águas pluviais para estradas de 4 metros de largura. 12
TABELA 3 - Espaçamento para bacias de captação e retenção de águas pluviais para estradas de 6 metros de largura. 13
TABELA 4 - Espaçamento para bacias de captação e retenção de águas pluviais para estradas de 8 metros de largura. 14
TABELA 5 - Espaçamento para bacias de captação e retenção de águas pluviais para estradas de 10 metros de largura. 15
TABELA 6 - Espaçamento para bacias de captação e retenção de águas pluviais para estradas de 12 metros de largura. 16
TABELA 7 - Espaçamento para bacias de captação e retenção de águas pluviais para estradas de 14 metros de largura. 17

MANEJO DA ÁGUA

TABELA 1 - Perdas de pressão em metros d'água para cada 100 metros de tubo de ferro 52
TABELA 2 - Perdas de pressão em peças tubulares, somando à extensão da tubulação os seguintes comprimentos para cada peça 53
TABELA 3 - Perdas de pressão em peças válvulas Gate, T e válvula de retenção, somando à extensão da tubulação os seguintes comprimentos para cada peça 53
TABELA 4 - Características da bomba. 54

Página

TABELA 5 - Água disponível para acionar a roda d'água 54
TABELA 6 - Produção da roda d'água em litros por hora 55
TABELA 7 - Diâmetro dos tubos de adução e recalque em função da vazão da nascente (equipamento: aríete) 55
TABELA 8 - Relação entre a altura (H) a que se deve elevar a água e queda (h) necessária para acionar o aríete e o comprimento (l) do tubo de adução 55
TABELA 9 - Relação entre as alturas h:H e o rendimento do aríete 56
TABELA 10 - Perdas de cargas para tubos de polietileno 56
TABELA 11- Perdas de carga para adaptadores e outras conexões*. 58
TABELA 12 - Tabela para cálculo da soleira do extravasor pela fórmula de LESBROS. 75

SUMÁRIO

Página

APRESENTAÇÃO i
LISTA DE FIGURAS ii
LISTA DE QUADROS iii
LISTA DE TABELAS iii

CONTROLE DE EROSÃO EM ESTRADAS RURAIS

1 INTRODUÇÃO 1
2 EROSÃO NAS ESTRADAS 2
3 APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DAS CHUVAS 2
4 LOCAÇÃO 3
5 DIMENSIONAMENTO 5
6 CONSTRUÇÃO 19
7 MANUTENÇÃO 20
8 DADOS SOBRE RENDIMENTOS OPERACIONAIS 20
9 LIMITAÇÕES 21
10 ALTERNATIVA AO USO DE BACIA 22
11 CONCLUSÕES 23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 23

CONTROLE DE VOÇOROCAS

1 INTRODUÇÃO 25
2 CLASSIFICAÇÃO DAS VOÇOROCAS 26
3 PROCEDIMENTO PARA CONTROLE DAS VOÇOROCAS 26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 29

MANEJO DA ÁGUA

1 INTRODUÇÃO 31
2 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO 31
3 CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA 40
4 IRRIGAÇÃO 59
5 BARRAGEM DE TERRA 71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 76

DRENAGEM DE VÁRZEAS

1 INTRODUÇÃO 79
2 POTENCIALIDADE DE VÁRZEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO 79
3 ELABORAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO PROJETO 80
Anexo I - Projeto Estadual de Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis 95
Anexo II - Projeto de Engenharia 97
Anexo III - Requerimento para utilização de várzeas 101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 102

ABASTECEDOUROS COMUNITÁRIOS

1 INTRODUÇÃO 103
2 COMPONENTES DO ABASTECEDOURO 104
3 ABASTECIMENTO 104
4 DIMENSIONAMENTO 106
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS 107

Página

DEPÓSITO COMUNITÁRIO DE LIXO TÓXICO 109

REFLORESTAMENTO

1 INTRODUÇÃO 111
2 CULTURA DO EUCALIPTO 111
3 CULTURAS DE PINUS SP 114

RECOMPOSIÇÃO ARTIFICIAL DE MATA CILIAR

1 INTRODUÇÃO 117
2 DENOMINAÇÃO DA VEGETAÇÃO 117
3 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DA MATA CILIAR 117
4 CARACTERIZAÇÃO ECOFISIOLÓGICA DA VEGETAÇÃO 118
6 TIPOS DE MATAS CILIARES NO ESTADO DE SÃO PAULO 119
7 SUCESSÃO SECUNDÁRIA E ESTRUTURA DA FLORESTA TROPICAL 120
8 SISTEMAS DE REFLORESTAMENTO CILIAR E IMPLANTAÇÃO 124
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 127

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS COMPLEMENTARES NO SOLO

CONTROLE DE EROSÃO EM ESTRADAS RURAIS

Dorival Bertolini (1)

Mário Ivo Drugowich (1)

Francisco Lombardi Neto (2)

Ricardo Bellinazzi Jr (1)

1 INTRODUÇÃO

As estradas são meios de comunicação das comunidades e através delas é que se dá o escoamento da produção agrícola, o transporte das matérias-primas, em suma, o carreamento das riquezas nacionais. Apenas essas razões mostram a importância dos trabalhos de conservação das estradas.

A malha viária do Estado de São Paulo é composta de cerca de 200.000 km de estradas, sendo que menos de 10% é pavimentada, resultando em cerca de 180.000 km de estradas estaduais e municipais de terra.

Considerando o alto custo da técnica de pavimentação, torna-se premente a adoção de tecnologias alternativas que possibilitem a manutenção das estradas de terra em níveis aceitáveis de custo e que proporcionem boas condições de tráfego durante o ano todo.

O regime pluviométrico do Estado de São Paulo apresenta precipitações totais anuais de 1300 mm, com concentração nos meses de outubro à março, período que coincide com a maior intensidade de tráfego em virtude do transporte de insumos e produtos agrícolas.

Como as águas pluviais constituem a principal causa dos estragos ocasionados pela erosão nas estradas, reveste-se de grande importância a captação e disciplinamento dessas águas, de forma a eliminar seu efeito destruidor, acumulando-as em locais determinados, forçando sua penetração na terra, favorecendo o abastecimento do lençol freático e, conseqüentemente, alimentando fontes e nascentes naturais.

Tem-se a considerar que os problemas inerentes ao manejo inadequado das águas pluviais oriundas das estradas causam danos consideráveis às mesmas e às áreas adjacentes, uma vez que estas recebem o deflúvio superficial das estradas. Por outro lado, às vezes são as águas pluviais das áreas adjacentes cultivadas que invadem as estradas causando problemas nos taludes e leito carroçável.

Isso evidencia que a estrada deve fazer parte de um planejamento conservacionista, por receber influência das áreas marginais e vice-versa, demonstrando que o problema não é apenas de caráter econômico, mas também social.

---

(1) Eng. Agr. - SAA/CATI/DEXTRU-CTRN
(2) Pesq. Cient. - SAA/CPA/IAC - Seção de Conservação do Solo

2 EROSÃO NAS ESTRADAS

A construção das estradas , pelo simples fato de eliminar a cobertura vegetal e impermeabilizar o solo, seja pela compactação, seja pela cobertura asfáltica, constitui um forte fator predisponente à erosão. Impermeabilizando a faixa central e acumulando as águas nas margens das rodovias, direcionando-as morro abaixo, concentra-se grande força destruidora e arrastadora do solo, impondo problemas aos responsáveis pela manutenção das vias de comunicação ao destruir acostamentos, taludes de cortes e aterros e, conseqüentemente, a pista, além de prejuizos às áreas adjacentes, tais como voçorocas, grotas profundas,assoreamento de açudes, represas, lagos, riachos, etc.

O comprimento de rampa é um dos mais importantes fatores de erosão do solo, o que é demonstrado através da Figura 1, cujos dados foram obtidos pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas (Bertoni et alii, 1972).

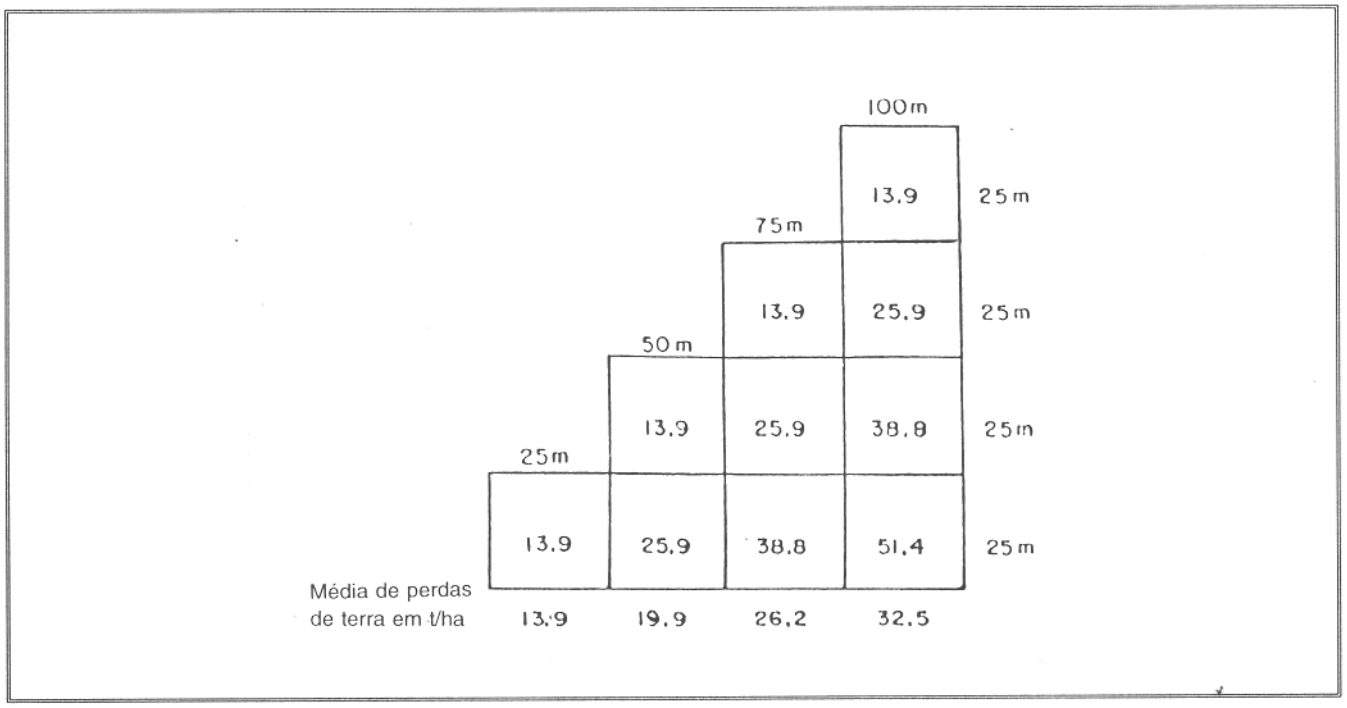


FIGURA 1- Perdas de terras causadas pela erosão em função do comprimento de rampa.

Observa-se que quadruplicando o comprimento de rampa as perdas médias de terra por unidade de área quase que se triplicam. Analisando mais detalhadamente os dados, observa-se que dobrando o comprimento de rampa as perdas de solo são praticamente dobradas, porém as perdas por hectare não são duplicadas.

Conclui-se, portanto, que o parcelamento do lançante é importante para o controle da erosão, usando-se diversas estruturas para reter a água disciplinadamente no terreno. Dentre essas estruturas, temos as bacias de captação e retenção de água.

3 APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS DAS CHUVAS

As águas das chuvas, ao caírem sobre a superfície do solo, evaporam em parte, infiltrando outra parte e o excedente escorrendo em forma de enxurrada.

As águas que escorrem pela superficie do solo normalmente provocam erosão nos seus variados tipos. Já as águas que se infiltram, em função das características e propriedades de cada solo, vão penetrar através das camadas ou horizontes do perfil, abastecendo, dessa forma, o lençol freático, reforçando as águas das minas.

A grande preocupação apoia-se no desperdício incalculável das águas que escorrem sobre a superfície das estradas. Por isso, dar a essas águas um aproveitamento racional é muito importante.

Um exemplo prático é o seguinte : consideremos uma estação chuvosa de um município qualquer, onde tenhamos uma precipitação pluviométrica em torno de 1.000 mm/ano. Se esse município tiver 500 km de estradas municipais, com largura aproximada de 10 metros, teremos uma área de 500.000 m x 10 m = 5.000.000 m^2, ou seja, um desperdício equivalente a 5 bilhões de litros de água por ano.

O objetivo é, pois, mostrar um aproveitamento racional das águas das chuvas, reduzindo ao mínimo suas perdas por enxurradas e, ao mesmo tempo, dar às áreas trabalhadas a segurança de sua conservação permanente.

A proposta é solucionar o problema a partir da área onde se vai trabalhar. O cálculo da vazão da água processa-se nos moldes tradicionais, levando-se em conta a precipitação pluviométrica e a área livre de exposição (faixa da estrada + área de contribuição).

Como primeiro passo, faz-se um levantamento topográfico, visando às estradas, a partir do espigão (divisor de águas). A finalidade é captar as águas das chuvas nas bacias de captação e retenção (cacimbas). Essas bacias são locadas tecnicamente em função do declive, da área de exposição, tipo de solo e precipitação local.

Para o uso dessa tecnologia, deve-se estar atento às águas de enxurradas provenientes das áreas adjacentes à faixa das estradas que podem por em risco a segurança das bacias implantadas. Isso por que todas as considerações e cálculos a seguir apresentados levam em conta apenas a faixa da estrada, considerando que as áreas marginais já estão trabalhadas quanto ao controle de erosão.

A construção das bacias obedece a uma técnica própria em função da área de contribuição da seção trabalhada. No decorrer da estação chuvosa, as bacias de captação, locadas em pontos determinados, armazenam as águas das chuvas, que por infiltração através dos horizontes do perfil do solo vão abastecer o lençol freático, aumentando o potencial dos mananciais (minas).

4 LOCAÇÃO

Para se locar uma bacia, devem-se considerar as particularidades de cada situação. Porém, de modo geral, tira-se uma perpendicular xx', à linha yy', da estrada e dessas traça-se a linha RR', que é a bissetriz do ângulo.Essa bissetriz RR', será a linha da declividade média que corresponderá ao canal de admissão à bacia (Figura 2).

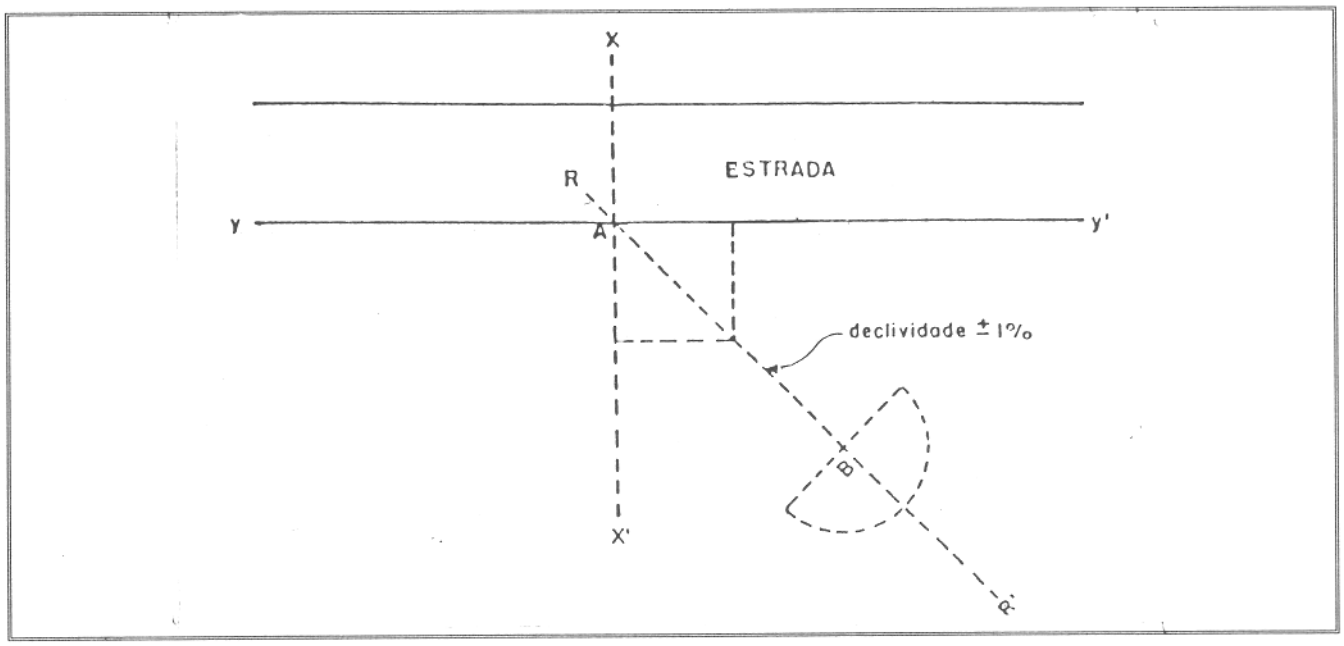


FIGURA 2 - Desenho esquemático mostrando a locação da bacia de captação e retenção de águas pluviais.

Nessa bissetriz (RR'), são marcados dois pontos básicos: a distância da margem da estrada A à bacia B, que corresponde ao canal de admissão, deve ser tal que a declividade fique em torno de 1%.

Se a declividade do canal for inferior a 1%, a velocidade da água será pequena e ocorrerá assoreamento do mesmo. Se a declividade for muito superior a 1%, a velocidade da água será excessiva, provocando erosão no canal e assoreamento da bacia.

O ponto B será o ponto de referência para a locação do raio e do arco da bacia. Através de um piquete fincado no ponto B, amarra-se uma linha ou uma corda de comprimento igual ao raio previamente escolhido e loca-se um ponto central (B'), 2 pontos intermediários (C' e D') e 2 pontos nos extremos (C e D), conforme Figura 3.

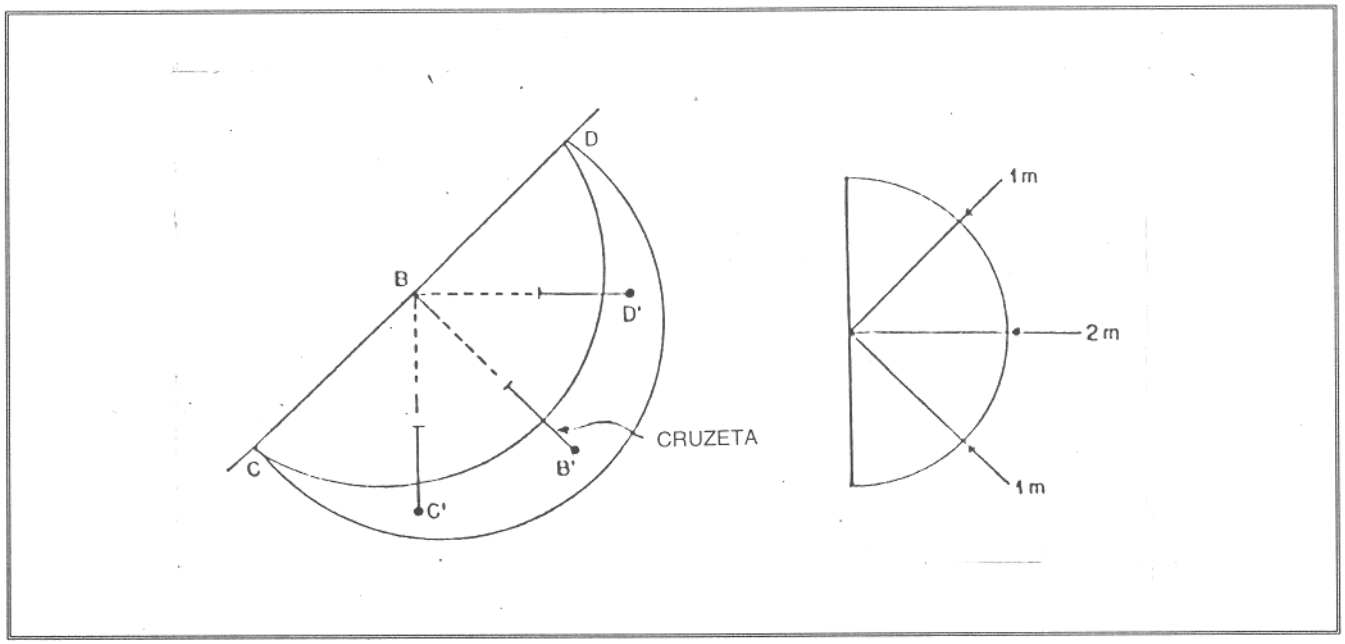


FIGURA 3 - Esquema mostrando o nivelamento da crista do aterro com cruzetas de bambu e profundidade útil após a construção.

No ponto B' , crava-se uma cruzeta com altura de 1,20 m, considerando que a altura desejada é de 1,0 m, acrescida de 20% relativos ao acamamento da terra movimentada.

Nos pontos intermediários (C' e D') e extremos (C e D), deverão ser cravadas cruzetas de bambu, cujas alturas serão definidas pelo nivelamento dos respectivos pontos, tendo como referência a altura da cruzeta do ponto central B' , de forma que a crista da bacia fique nivelada.

No caso de bacias em série, deve-se considerar que poderá haver excesso de água que correrá para a bacia imediatamente a jusante, o que justifica a construção de um canal lateral sobre o solo original, atentando, ainda, que o fundo desse canal deverá normalmente ser protegido com grama, pedras ou outras estruturas capazes de reduzir a velocidade da água.

TABELA 1-Altura da cruzeta e profundidade total e útil de uma bacia de captação hipotética

Ponto	Altura Cruzeta (m)	Profundidade	
		Total (m)	Útil (m)
C	0	0	0
C'	0,60	1,20	1,00
B'	1,20	2,40	2,00
D'	0,60	1,20	1,00
D	0	0	0

Observação: a representação da Tabela 1 é hipotética, usando apenas a esquematização da locação, uma vez que se considerou um terreno plano e regular, o que não é verificado na prática. No caso de terrenos inclinados, as alturas das cruzetas nos pontos C' C' , D e D' poderão variar, tendo em vista que a crista do aterro da bacia deverá ser nivelado, ou seja, ter a mesma cota do ponto B'.

5 DIMENSIONAMENTO

5.1 Cálculo do volume de água na seção da estrada

O volume da água captada pela estrada será calculado considerando uma seção de comprimento C e largura L, e cuja altura I será baseada em uma precipitação máxima em 24 horas, em metros.

A precipitação varia em função da estimativa de vida útil que se pretende atribuir à estrutura (bacia), bem como em função das diferentes regiões do Estado de São Paulo. Os mapas apresentados nas Figuras 5, 6 e 7 referem-se às curvas de precipitação máxima em 24 horas, para períodos de retorno de 5, 10 e 25 anos.

Portanto, a definição do espaçamento entre as bacias e suas dimensões (raio) será dada pelos seguintes parâmetros: precipitação máxima em 24 horas, largura da estrada, tipo de solo e declividade do terreno.

O volume de água captado será:

$$V = C \times L \times I \qquad (1)$$

Onde:

V - volume em m^3
C - comprimento da estrada (espaçamento entre as bacias) em metros

L - largura da estrada em metros (considerar área de contribuição dos taludes + leito carroçável)

I - precipitação máxima em 24 h, em metros

5.2 Cálculo do volume da bacia

Para efeito de cálculo, tomamos por princípio que a bacia sempre tem a forma de um semicírculo na superfície e de cunha em profundidade, conforme Figura 4.

O espaçamento entre as bacias é dado pela fórmula (BERTOLINI et alii, 1992).

$$C = \frac{r^2}{L.I} \qquad (1)$$

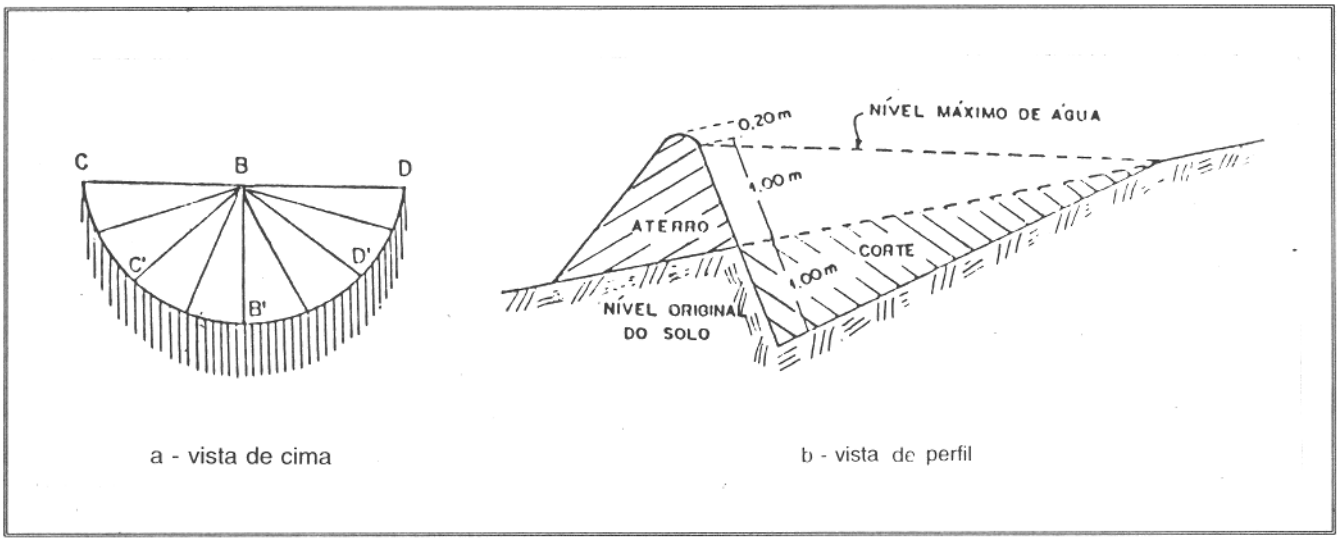


FIGURA 4 - Desenho esquemático de forma da bacia de captação: a) vista de cima e b) vista de perfil (profundidade).

5.3 Declividade da estrada

A declividade média da estrada, embora não contribua para o aumento do volume da água, determina variações na velocidade da mesma, motivo pelo qual o espaçamento entre as bacias deve sofrer reduções, diminuindo a capacidade erosiva da água e aumentando a segurança do sistema.

Desta forma, propõe-se a introdução na fórmula (1) de um fator de correção em função da declividade, conforme a indicação a seguir:

Declividade média	Fator de correção da declividade (fd)
0 - 5%	1
5 - 10%	1/2
10 - 15%	1/3
15 - 20%	1/4

As bacias de captação e retenção de água são recomendadas para estradas com declividade de até 20%. Acima desse limite sua implantação torna-se dispendiosa, além de comprometer a segurança da estrutura.

5.4 Tipos de Solos

As bacias de captação e retenção, como o próprio nome indica, têm como função captar, reter e infiltrar o excesso de água das estradas, evitando os estragos ocasionados pela erosão no leito das mesmas e nas áreas vizinhas, favorecendo o abastecimento do lençol freático. Portanto, são dimensionadas para suportar todo o volume de enxurrada esperado, permitindo seu armazenamento e infiltração.

As bacias são recomendadas para solos dos grupos A e B (LOMBARDI NETO, F.et alii 1989), pois esses solos têm condições de infiltrar toda a água captada. Nos solos dos grupos C e D, as bacias de captação são inviáveis, devido à sua baixa capacidade de infiltração.

Para correção do espaçamento C em relação ao tipo de solo, deve ser introduzido na fórmula (1) o fator "fs", cujos valores são discriminados à seguir:

Tipo de Solo	Fator de correção para tipo de solo (fs)
A	1,25
B	1,10

No volume II manual técnico nº 39, capítulo Classificação para fins Conservacionista é apresentado o enquadramento dos solos do Estado de São Paulo nas classes A,B,C,D.

5.5 Precipitação

As Figuras 5, 6 e 7 mostram as isoietas para chuvas diárias máximas para períodos de retorno de 5, 10 e 25 anos para as diversas regiões do Estado de São Paulo.

A opção para determinado período de retorno fica a critério do técnico, em função da estimativa de vida útil que se queira atribuir à estrutura.

O período de retorno de 10 anos é uma boa indicação para conferir segurança e economicidade à implantação do sistema.



FIGURA 5 - Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetro, para período de retorno de 5 anos

FONTE: Seção de Conservação do Solo/ IAC



FIGURA 6 - Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetro, para período de retorno de 10 anos.

FONTE: Seção de Conservação do Solo/IAC

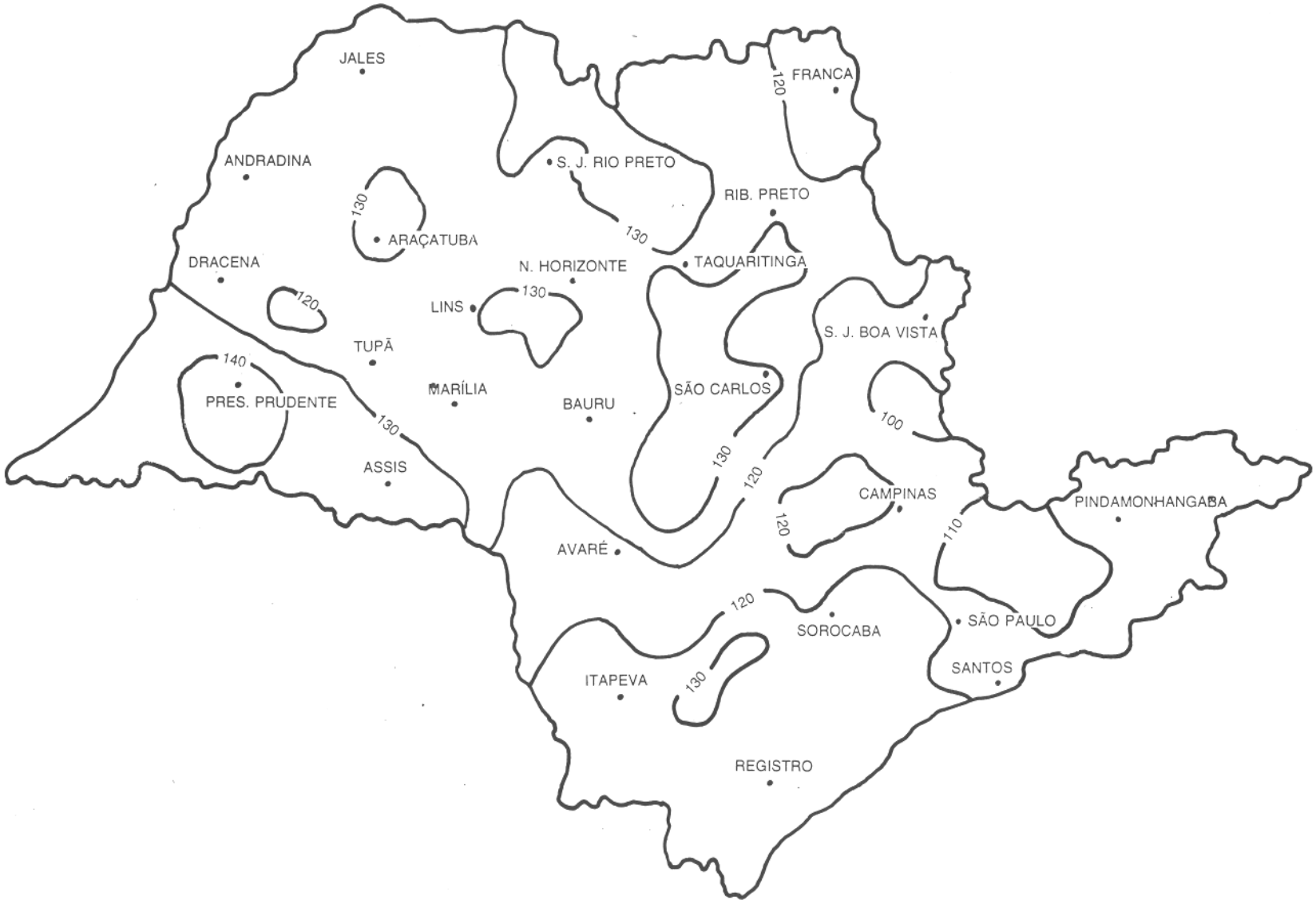


FIGURA 7 - Isoietas de chuvas diárias (24 horas) máximas, em milímetro, para período de retorno de 25 anos.

FONTE: Seção de Conservação do Solo/ IAC

5.6 Formula final para cálculo do espaçamento entre as bacias

Considerando a fórmula (1) e as correções relativas à declividade e ao tipo de solo, tem-se

$$C = \frac{r^2}{L.I} \times fd \times fs \qquad (2)$$

Onde:

C = espaçamento entre as bacias, em metros

r = raio da bacia, em metros

L = largura da estrada, em metros

I = intensidade máxima de chuva em 24h, em metros

fd = fator de correção para declividade

fs = fator de correção para tipo de solo

5.7 Tabelas de espaçamento

Para facilitar a determinação do espaçamento entre as bacias, foram montadas tabelas (Tabelas 2 a 7), calculadas através da fórmula (2) com valores passíveis de serem encontrados no Estado. Foram levados em consideração:

- **Intensidade máxima de chuva** - Os valores variam de 90 a 150mm em 24 horas, amplitude de valores que abrangem todas regiões do Estado com períodos de retorno de 5, 10 e 25 anos.

- **Largura da estrada** - Foram considerados valores de 4, 6, 8, 10, 12 e 14 metros, pois a partir de observações de campo concluiu-se que a maioria das estradas estão neles representados.

- **Raio da bacia** - Para se ter opções de espaçamento foram considerados raios com dimensões de 4, 6, 8, 10, 12 e 14 metros.

- **Solo** - Tendo em vista a permeabilidade, os espaçamentos foram dimensionados para solo A e B.

- **Declividade** - Usaram-se para elaborar a tabela, declividades variando entre: 0 e 5%, 5 e 10%, 10 e 15% e 15 e 20%, não sendo recomendadas bacias para declividades superiores a 20%.

Para valores intermediários aos das tabelas, poderão ser feitas interpolações ou ainda o cálculo direto através da fórmula (2).

Nas tabelas apresentadas, foram limitados os valores mínimos de 40 metros, pois valores inferiores não são práticos e elevam os custos.Os espaçamentos máximos foram limitados em: 120 metros para declividade entre 0 e 5%; 100 metros para declividade entre 5 e 10%; 80 metros para declividade entre 10 e 15%; e 60 metros para declividade entre 15 e 20%. O limite mínimo foi adotado pelo critério de operacionalidade, e o limite máximo em função da capacidade erosiva da água em canais abertos, razão pela qual aparecem espaços em branco nas tabelas.

Para maior praticidade, efetuaram-se aproximações dos espaçamentos das tabelas para valores inteiros e para os limites mínimos e máximos.

TABELA 2 - Espaçamento para bacias de captação e retenção de águas pluviais para estradas de 4 metros de largura.

Precipitação máxima em 24 horas (mm) (l)	Raio da Bacia (m) (r)	Solo A				Solo B			
		Declividade				Declividade			
		0-5%	5-10%	10-15%	15-20%	0-5%	5-10%	10-15%	15-20%
90	4	56.00	-	-	-	49.00	-	-	-
	6	120.00	63.00	42.00	-	110.00	55.00	-	-
	8	120.00	100.00	74.00	56.00	120.00	98.00	65.00	49.00
	10	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	12	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
100	4	50.00	-	-	-	44.00	-	-	-
	6	113.00	56.00	40.00	-	99.00	50.00	-	-
	8	120.00	100.00	67.00	50.00	120.00	88.00	59.00	44.00
	10	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	12	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
110	4	45.00	-	-	-	40.00	-	-	-
	6	102.00	51.00	-	-	90.00	45.00	-	-
	8	120.00	91.00	61.00	45.00	120.00	80.00	53.00	40.00
	10	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	12	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
120	4	42.00	-	-	-	-	-	-	-
	6	94.00	47.00	-	-	83.00	41.00	-	-
	8	120.00	83.00	56.00	42.00	120.00	73.00	49.00	40.00
	10	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	76.00	57.00
	12	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
130	4	40.00	-	-	-	-	-	-	-
	6	87.00	43.00	-	-	76.00	40.00	-	-
	8	120.00	77.00	51.00	40.00	120.00	68.00	45.00	-
	10	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	71.00	53.00
	12	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
140	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	80.00	40.00	-	-	71.00	-	-	-
	8	120.00	71.00	40.00	-	120.00	63.00	42.00	-
	10	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	12	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
150	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	75.00	40.00	-	-	66.00	-	-	-
	8	120.00	67.00	44.00	-	117.00	59.00	40.00	-
	10	120.00	100.00	69.00	52.00	120.00	92.00	61.00	46.00
	12	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00

TABELA 3 - Espaçamento para bacias de captação e retenção de águas pluviais para estradas de 6 metros de largura.

Precipitação máxima em 24 horas (mm) (I)	Raio da Bacia (m) (r)	Solo A				Solo B			
		Declividade				Declividade			
		0 - 5%	5 - 10%	10 - 15%	15 - 20%	0 -5%	5 - 10%	10 - 15%	15 - 20
90	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	83.00	42.00	-	-	73.00	-	-	-
	8	120.00	74.00	49.00	-	120.00	65.00	43.00	-
	10	120.00	100.00	77.00	58.00	120.00	100.00	68.00	51.00
	12	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
100	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	75.00	40.00	-	-	66.00	-	-	-
	8	120.00	67.00	44.00	-	117.00	59.00	40.00	-
	10	120.00	100.00	69.00	52.00	120.00	92.00	61.00	46.00
	12	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
110	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	68.00	-	-	-	60.00	-	-	-
	8	120.00	61.00	40.00	-	107.00	53.00	-	-
	10	120.00	95.00	63.00	47.00	120.00	83.00	56.00	42.00
	12	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
120	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	63.00	-	-	-	55.00	-	-	-
	8	111.00	56.00	-	-	98.00	49.00	-	-
	10	120.00	87.00	58.00	43.00	120.00	76.00	51.00	40.00
	12	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	74.00	55.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
130	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	58.00	-	-	-	51.00	-	-	-
	8	103.00	51.00	-	-	90.00	45.00	-	-
	10	120.00	80.00	53.00	40.00	120.00	71.00	47.00	-
	12	120.00	100.00	77.00	58.00	120.00	100.00	68.00	51.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
140	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	54.00	-	-	-	47.00	-	-	-
	8	95.00	48.00	-	-	84.00	42.00	-	-
	10	120.00	74.00	50.00	-	120.00	65.00	44.00	-
	12	120.00	100.00	71.00	54.00	120.00	94.00	63.00	47.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
150	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	50.00	-	-	-	44.00	-	-	-
	8	89.00	44.00	-	-	78.00	40.00	-	-
	10	120.00	69.00	46.00	-	120.00	61.00	41.00	-
	12	120.00	100.00	67.00	50.00	120.00	88.00	59.00	44.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00

TABELA 4 - Espaçamento para bacias de captação e retenção de águas pluviais para estradas de 8 metros de largura.

Precipitação máxima em 24 horas (mm) (l)	Raio da Bacia (m) (r)	Solo A				Solo B			
		Declividade				Declividade			
		0 -5%	5 - 10%	10 - 15%	15 - 20%	0 - 5%	5 - 10%	10 - 15%	15 - 20%
90	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	63.00	-	-	-	55.00	-	-	-
	8	110.00	56.00	-	-	98.00	49.00	-	-
	10	120.00	87.00	58.00	43.00	120.00	76.00	51.00	40.00
	12	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	73.00	55.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
100	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	56.00	-	-	-	50.00	-	-	-
	8	100.00	50.00	-	-	88.00	44.00	-	-
	10	120.00	78.00	52.00	40.00	120.00	69.00	46.00	-
	12	120.00	100.00	75.00	56.00	120.00	99.00	66.00	50.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
110	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	51.00	-	-	-	45.00	-	-	-
	8	91.00	45.00	-	-	80.00	40.00	-	-
	10	120.00	71.00	47.00	-	120.00	63.00	42.00	-
	12	120.00	100.00	68.00	51.00	120.00	90.00	60.00	45.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
120	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	47.00	-	-	-	41.00	-	-	-
	8	83.00	42.00	-	-	73.00	-	-	-
	10	120.00	65.00	43.00	-	115.00	57.00	40.00	-
	12	120.00	94.00	63.00	47.00	120.00	83.00	55.00	41.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	75.00	56.00
130	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	43.00	-	-	-	40.00	-	-	-
	8	77.00	40.00	-	-	68.00	-	-	-
	10	120.00	60.00	40.00	-	106.00	53.00	-	-
	12	120.00	87.00	58.00	43.00	120.00	76.00	51.00	40.00
	14	120.00	100.00	79.00	59.00	120.00	100.00	69.00	52.00
140	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	40.00	-	-	-	-	-	-	-
	8	71.00	-	-	-	63.00	-	-	-
	10	112.00	56.00	-	-	98.00	49.00	-	-
	12	120.00	80.00	54.00	40.00	120.00	71.00	47.00	-
	14	120.00	100.00	73.00	55.00	120.00	96.00	64.00	48.00
150	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	40.00	-	-	-	-	-	-	-
	8	67.00	-	-	-	59.00	-	-	-
	10	104.00	52.00	-	-	92.00	46.00	-	-
	12	120.00	75.00	50.00	40.00	120.00	66.00	44.00	-
	14	120.00	100.00	68.00	51.00	120.00	90.00	60.00	45.00

TABELA 5 - Espaçamento para bacias de captação e retenção de águas pluviais para estradas de 10 metros de largura.

Precipitação máxima em 24 horas (mm) (l)	Raio da Bacia (m) (r)	Solo A				Solo B			
		Declividade				Declividade			
		0 -5%	5 - 10%	10 - 15%	15 - 20%	0 - 5%	5 - 10%	10 - 15%	15 - 20%
90	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	50.00	-	-	-	44.00	-	-	-
	8	89.00	44.00	-	-	78.00	40.00	-	-
	10	120.00	69.00	46.00	-	120.00	61.00	41.00	-
	12	120.00	100.00	67.00	50.00	120.00	88.00	59.00	44.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	80.00	60.00
100	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	45.00	-	-	-	40.00	-	-	-
	8	80.00	40.00	-	-	70.00	-	-	-
	10	120.00	63.00	42.00	-	110.00	55.00	-	-
	12	120.00	90.00	60.00	45.00	120.00	79.00	53.00	40.00
	14	120.00	100.00	80.00	60.00	120.00	100.00	72.00	54.00
110	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	41.00	-	-	-	-	-	-	-
	8	73.00	-	-	-	64.00	-	-	-
	10	114.00	57.00	40.00	-	100.00	50.00	-	-
	12	120.00	82.00	55.00	41.00	120.00	72.00	48.00	-
	14	120.00	100.00	74.00	56.00	120.00	98.00	65.00	49.00
120	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	40.00	-	-	-	-	-	-	-
	8	67.00	-	-	-	59.00	-	-	-
	10	104.00	52.00	-	-	92.00	46.00	-	-
	12	120.00	75.00	50.00	40.00	120.00	66.00	44.00	-
	14	120.00	100.00	68.00	51.00	120.00	90.00	60.00	45.00
130	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	62.00	-	-	-	54.00	-	-	-
	10	96.00	48.00	-	-	85.00	42.00	-	-
	12	120.00	69.00	46.00	-	120.00	61.00	41.00	-
	14	120.00	94.00	63.00	47.00	120.00	83.00	55.00	41.00
140	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	57.00	-	-	-	50.00	-	-	-
	10	89.00	45.00	-	-	79.00	40.00	-	-
	12	120.00	64.00	43.00	-	113.00	57.00	40.00	-
	14	120.00	88.00	58.00	44.00	120.00	77.00	51.00	40.00
150	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	53.00	-	-	-	-	-	-	-
	10	83.00	42.00	-	-	73.00	-	-	-
	12	120.00	60.00	40.00	-	106.00	53.00	-	-
	14	120.00	82.00	52.00	41.00	120.00	72.00	48.00	-

TABELA 6 - Espaçamento para bacias de captação e retenção de águas pluviais para estradas de 12 metros de largura.

Precipitação máxima em 24 horas (mm) (l)	Raio da Bacia (m) (r)	Solo A				Solo B			
		Declividade				Declividade			
		0 -5%	5 - 10%	10 - 15%	15 - 20%	0 - 5%	5 - 10%	10 - 15%	15 - 20%
90	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	42.00	-	-	-	-	-	-	-
	8	74.00	-	-	-	65.00	-	-	-
	10	116.00	58.00	40.00	-	102.00	51.00	-	-
	12	120.00	100.00	67.00	50.00	120.00	88.00	59.00	44.00
	14	120.00	100.00	76.00	57.00	120.00	100.00	67.00	50.00
100	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	40.00	-	-	-	-	-	-	-
	8	67.00	-	-	-	59.00	-	-	-
	10	104.00	52.00	-	-	92.00	46.00	-	-
	12	120.00	75.00	50.00	40.00	120.00	66.00	44.00	-
	14	120.00	100.00	68.00	51.00	120.00	90.00	60.00	45.00
110	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	61.00	-	-	-	53.00	-	-	-
	10	95.00	47.00	-	-	83.00	42.00	-	-
	12	120.00	68.00	45.00	-	120.00	60.00	40.00	-
	14	120.00	93.00	62.00	46.00	120.00	82.00	54.00	41.00
120	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	56.00	-	-	-	49.00	-	-	-
	10	87.00	43.00	-	-	76.00	40.00	-	-
	12	120.00	63.00	42.00	-	110.00	55.00	-	-
	14	120.00	85.00	57.00	43.00	120.00	75.00	50.00	40.00
130	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	51.00	-	-	-	45.00	-	-	-
	10	80.00	40.00	-	-	71.00	-	-	-
	12	115.00	58.00	40.00	-	102.00	51.00	-	-
	14	120.00	79.00	52.00	40.00	120.00	69.00	46.00	-
140	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	48.00	-	-	-	42.00	-	-	-
	10	74.00	-	-	-	65.00	-	-	-
	12	107.00	54.00	-	-	94.00	47.00	-	-
	14	120.00	73.00	49.00	-	120.00	64.00	43.00	-
150	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	44.00	-	-	-	40.00	-	-	-
	10	69.00	-	-	-	61.00	-	-	-
	12	100.00	50.00	-	-	88.00	44.00	-	-
	14	120.00	68.00	45.00	-	120.00	60.00	40.00	-

TABELA 7 - Espaçamento para bacias de captação e retenção de águas pluviais para estradas de 14 metros de largura.

Precipitação máxima 24 horas (mm) (I)	Raio da Bacia (m) (r)	Solo A				Solo B			
		Declividade				Declividade			
		0 -5%	5 - 10%	10 - 15%	15 - 20%	0 - 5%	5 - 10%	10 - 15%	15 - 20%
90	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	63.00	-	-	-	56.00	-	-	-
	10	99.00	50.00	-	-	87.00	44.00	-	-
	12	120.00	71.00	48.00	-	120.00	63.00	42.00	-
	14	120.00	97.00	65.00	49.00	120.00	86.00	57.00	43.00
100	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	57.00	-	-	-	50.00	-	-	-
	10	89.00	45.00	-	-	79.00	40.00	-	-
	12	120.00	64.00	43.00	-	113.00	57.00	40.00	-
	14	120.00	88.00	58.00	44.00	120.00	77.00	51.00	40.00
110	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	52.00	-	-	-	46.00	-	-	-
	10	81.00	41.00	-	-	71.00	-	-	-
	12	117.00	58.00	40.00	-	103.00	51.00	-	-
	14	120.00	80.00	53.00	40.00	120.00	70.00	47.00	-
120	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	48.00	-	-	-	42.00	-	-	-
	10	74.00	-	-	-	65.00	-	-	-
	12	107.00	54.00	-	-	94.00	47.00	-	-
	14	120.00	73.00	49.00	-	120.00	64.00	43.00	-
130	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	44.00	-	-	-	40.00	-	-	-
	10	69.00	-	-	-	60.00	-	-	-
	12	99.00	49.00	-	-	87.00	44.00	-	-
	14	120.00	67.00	45.00	-	118.00	59.00	40.00	-
140	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	41.00	-	-	-	-	-	-	-
	10	64.00	-	-	-	56.00	-	-	-
	12	92.00	46.00	-	-	81.00	40.00	-	-
	14	120.00	63.00	42.00	-	110.00	55.00	-	-
150	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	40.00	-	-	-	-	-	-	-
	10	60.00	-	-	-	52.00	-	-	-
	12	86.00	43.00	-	-	75.00	40.00	-	-
	14	117.00	58.00	40.00	-	103.00	51.00	-	-

5.8 Exemplo

Para fins de melhor compreensão, efetuar-se-á a seguir os cálculos para implantação do sistema em uma estrada de 6m de largura, com declividade média de 4% num latossolo vermelho escuro, fase arenosa(LEa), no município de Assis.

Pelas curvas de precipitação dos mapas (Figuras 5, 6 e 7), tem-se para a região de Assis (DIRA/Marília), para períodos de retorno de 5, 10 e 25 anos, as seguintes intensidades máximas de chuvas em 24 horas:

I_5 = 110mm = 0,100 m

I_{10} = 115mm = 0,115 m

I_{25} = 130mm = 0,130 m

Tomaram-se os valores maiores sem interpolar as linhas de isoietas.

Considerando que deseja-se trabalhar com segurança de estrutura para 10 anos, usaremos I_{10} = 0,115 m.

Sendo a declividade média da estrada de 4%, adotou o fator fd = 1,0.Com relação ao solo, LEa, verifica-se que o mesmo pertence ao Grupo A, portanto fs = 1,25.

Tem-se assim duas variáveis, quais sejam o raio da bacia (r) e o espaçamento entre as bacias (C), o que permite opções, de acordo com as características operacionais e locais.Assim, por exemplo, para r = L =6m, tem-se

$$C = \frac{r^2}{L.I} \times fd \times fs$$

$$C = \frac{6^2}{6 \times 0{,}115} \times 1{,}0 \times 1{,}25$$

C = 65,20 m

Para r = 8 m;

$$C = \frac{8^2}{6 \times 0{,}115} \times 1{,}0 \times 1{,}25$$

C = 115,90 m

Para uma estrada de 6m de largura na região de Assis, o espaçamento entre as bacias de captação de águas pluviais será de 65,20 m se o raio da bacia for de 6m e de 115,90 m se o raio da bacia for de 8 metros.

Outra maneira é usar as tabelas: basta localizar no mapa o município de Assis (DIRA/Marília) e a largura da estrada (L = 6m). Na Tabela 3, para o valor de intensidade máxima diária de chuva para Assis 110 mm e 120mm, para a declividade 4% e solo do grupo A, tem-se espaçamento desejado para várias opções de raio da bacia.Assim, para raio da bacia de 6 m, temos para 110 mm - 68,00 m, e para 120 mm - 63,00 m. Para intensidade de 115 mm e raio da bacia de 6 m, o espaçamento será de 65,50 metros.

Portanto, o técnico passa a ter opções para limitar o raio da bacia ou o espaçamento entre as bacias, considerando peculiaridades operacionais e ou locais.

6 CONSTRUÇÃO

6.1 Preparo do leito da estrada

No início dos trabalhos de implantação das bacias de captação, faz-se necessário "quebrar"os barrancos das margens das estradas, procurando dar forma de talude, na relação de 2:1 a 3:1, permitindo, assim, a locação das bacias.

Posteriormente , far-se-á a aplicação de corretivos e fertilizantes, nos taludes, com a finalidade de implantar a vegetação através de gramíneas rústicas adaptadas às diferentes regiões. Com isso, obtém-se a estabilização dos taludes e proteção dos canais de admissão das águas nas bacias.

Deve-se atentar também para o preparo do leito das estradas, uma vez que, na maioria os casos, após a "quebra"do barranco, usa-se a terra proveniente dessa operação para regularizar a estrada.

Em regiões de ocorrência de solos arenosos, é conveniente à execução de um revestimento primário, que consiste na aplicação de mistura de material argiloso com material granular, (com dimensão máxima ideal de 2,5 cm), na proporção em volume de uma parte de argila para 2,5 partes de material granular(cascalhos, pedregulhos de rio e saibros de rochas alteradas). Outra alternativa mais econômica para solos arenosos, apesar da menor estabilidade, é a adição de cerca de 30% de argila, considerando para o cálculo uma espessura de areia do leito de 15 centímetros.

Em situações de solos extremamente argilosos, para sanar o problema de falta de aderência, deve-se efetuar a correção através de agulhamento com material granular diretamente sobre o leito. O material granular mais indicado para essa operação são os pedregulhos limpos, cascalhos e piçarras resistentes com dimensão superior a 2,5 centímetros. Não se deve descartar a necessidade de impermeabilizar o leito da estrada e os canais de admissão (camada asfáltica, revestimento de pedras, solo-cimento, etc) em situações extremas.

6.2 Construção da bacia

Com a bacia marcada, faz-se a movimentação de terra com uma pá carregadeira ou trator de esteira, escavando o fundo da bacia e levantando terra segundo as estacas, formando a borda externa do arco, procurando sempre trabalhar com a máquina em sentido perpendicular à parede do arco marcado.

No ponto B', escava-se um metro (1 m) de profundidade, colocando-se fora essa terra, ficando teoricamente com 2 m na sua altura maior. Deve-se aumentar a altura em mais ou menos 20% para o acamamento natural da terra, ou compactação com a própria máquina.

É conveniente, após a construção, efetuar-se a escarificação do fundo da bacia, principalmente em solos muito argilosos, onde ocorre espelhamento, dificultando a infiltração da água.

6.3 Posicionamento

Para os casos de rotina, adota-se a locação de bacias em paralelo. Em casos específicos, onde torna-se necessário ampliar o volume das bacias em determinados locais, pode-se, com muito critério, adotar o sistema de bacias em série. Esse sistema pressupõe um conjunto de bacias interligadas, normalmente em número de três, onde a primeira a montante funciona como uma estrutura dissipadora de energia, a segunda como uma estrutura armazenadora de água e a terceira como uma estrutura de segurança em caso de transbordamento das bacias a montante. Cuidado especial deve ser tomado com

relação aos canais de interligação entre essas bacias, uma vez que normalmente os mesmos ficarão no sentido do maior declive, com problemas de erosão no canal e conseqüente assoreamento das bacias a jusante.

6.4 Dissipadores de energia

Nos casos em que não é possível construir o canal de admissão com declividade inferior a 1% a velocidade da água aumenta causando erosão no canal, tornando-se necessária a adoção de dissipadores de energia. Os dissipadores de energia podem ser feitos com caixas ou anteparos de concreto e até com obstáculos de madeira, pedras soltas ou outros materiais disponíveis, desde que cumpra sua finalidade que é dissipar a energia da enxurrada, reduzindo a velocidade da água a ponto de não causar erosão no canal.

6.5 Época de implantação do Sistema

Se considerarmos que as estradas funcionam como verdadeiros canais escoadouros, e que ao se implantar o **Sistema de Bacias de Captação e Retenção**, normalmente mobilizam-se as laterais e o próprio leito da estrada, desagregando o solo, é evidente que tais operações devam ser efetuadas em épocas adequadas para evitar o carreamento de sedimentos e promover a estabilização das práticas complementares, tais como a vegetação dos canais e taludes.

Por esse motivo, recomenda-se que o sistema seja implantado logo após o término do período das águas, ou seja, nos meses de abril a julho.

7 MANUTENÇÃO

Após a implantação do Sistema, em virtude da movimentação de terra no leito da estrada, "quebra"de barrancos, abertura do canal de admissão e da construção da própria bacia, é comum as primeiras chuvas carregarem sedimentos, ocasionando problemas de infiltração, principalmente em função da argila dispersa que veda os poros.

Em virtude disso, recomenda-se, para maior eficiência do sistema, efetuar manutenção anual, procedendo à remoção de sedimentos da bacia, no período de seca, ocasião em que se pode efetuar também uma escarificação no fundo, visando melhorar a infiltração.

8 DADOS SOBRE RENDIMENTOS OPERACIONAIS

Para o custo de implantação de Sistemas de Bacias de Captação e Retenção, podem-se utilizar os dados sobre rendimentos operacionais de diferentes equipamentos (os mais utilizados) descritos a seguir:

Pá carregadeira	30-60 min/bacia
Trator de esteiras 80 CV	90-120 min/bacia
Trator de esteiras 110 CV	60-90 min/bacia
Rebatimento de barranco (ambos os lados) com esteira 80 CV	28 m lineares/h
Canais de admissão com motoniveladora	300 m lineares/h
Preparo do leito em estradas com AD-7	45h/Km
Canais de admissão com esteira 80 CV	100 m lineares/h
Lombadas com esteira 80 CV	30 m lineares/h

Vale salientar que os rendimentos citados são muito variáveis, uma vez que sofrem influência do tipo de solo, condições de umidade do terreno, destreza do operador, declividade, volume de corte/aterro,

diâmetro da bacia, etc. Por esse motivo, os dados apresentados servem como indicadores, considerando uma bacia com 10 m de raio,operador treinado e terreno regular.

9 LIMITAÇÕES

Sob o ponto de vista essencialmente prático, são comentados a seguir alguns pontos que devem merecer especial atenção, durante a implantação dessa tecnologia, para garantir o sucesso do sistema.

9.1 Espaçamento excessivo entre as bacias

Tem sido comum verificar-se a adoção de tal procedimento, visando economia e levando-se em conta apenas a capacidade de armazenamento de água. Deve-se considerar que os cálculos para determinação do espaçamento entre as bacias, prevêem além da capacidade de armazenamento, a velocidade da água em função do declive. Consideram-se ainda o tipo de solo e regime de chuvas.

9.2 Subdimensionamento das bacias

Em virtude principalmente de limitações pela topografia local, por absoluta necessidade, pode-se adotar o subdimensionamento como prática aceitável, desde que sejam efetuadas correções e adaptações, como, por exemplo, à adoção de bacias em série ou, ainda, alterações no formato preconizado de meia lua ou semicirculo, para outras formas mais adaptáveis às condições locais.

9.3 Aplicação do sistema em solos impermeáveis

Se o solo tem como limitação a pequena velocidade de infiltração, não resta alternativa senão disciplinar a enxurrada para desaguadouros naturais através da implantação de canais escoadouros, pois essa característica edáfica é impossível de ser modificada pelo homem.

9.4 Implantação do sistema em declividades acentuadas

Torna-se limitante a implantação de bacias em declividades superiores a 20%, em virtude da dificuldade para operacionalização de maquinário, bem como em função da influência da declividade na velocidade da água. Torna-se necessária a implantação de bacias extremamente próximas, inviabilizando economicamente o projeto. Em condições de declividades acentuadas, soma-se o fato de normalmente ocorrerem solos com baixa capacidade de infiltração, potencializando o problema.

9.5 Falta de compactação

Torna-se necessária a operação de compactação na crista da bacia, uma vez que se trata de material movimentado, sujeito às acomodações posteriores.

9.6 Taludes com inclinação inadequada

Taludes muito íngrimes oferecem resistência à boa cobertura vegetal dos mesmos, acarretando desbarrancamentos e colocando em risco a segurança da estrutura.

9.7 Falhas no nivelamento

Após a construção da bacia, deve-se atentar para dois detalhes importantes. O primeiro diz respeito ao nivelamento da crista da bacia, após a sua compactação, procurando evitar pontos baixos, passíveis de ruptura, em função da concentração da água em situações de transbordamento. O segundo ponto refere-se ao cuidado de verificar se o nível da crista da bacia, após compactação, realmente encontra-se em cota inferior ao nível da estrada, uma vez que em situações críticas, quando ocorrer transbordamento, a água retornará ao leito da estrada.

9.8 Excesso de velocidade no canal de admissão

Ocorre em função de locação inadequada da bacia em relação à estrada, onde a declividade do canal de admissão é excessiva, acarretando o carreamento de material, como argila dispersa, para a bacia, ocasionando assim alterações na porosidade natural do solo, podendo comprometer a estrutura, uma vez que o seu dimensionamento ocorre em função do tipo de solo, levando em consideração, principalmente, a velocidade de infiltração de água.

9.9 Áreas marginais contribuintes

Deve-se levar em consideração, quando do dimensionamento do sistema, a ocorrência das glebas marginais em cotas superiores às do leito da estrada. Em inúmeras situações, tais glebas podem inviabilizar ou onerar sobremaneira a implantação do sistema, visto que podem estar sofrendo processo de erosão, em função de diversos problemas, sendo o principal a compactação.

9.10 Sedimentos

Normalmente a implantação do sistema de bacias de captação e retenção pressupõe trabalhos de movimentação do solo no próprio leito da estrada, gerando assim a desestruturação do solo e a ocorrência de sedimentos ao longo dos trabalhos.Tais sedimentos, na ocorrência das primeiras chuvas, podem ser carreados para as bacias, podendo ocorrer aí a chamada "perenização", ou seja, a água retirada não infiltra, apenas evapora. Com isso, passa-se a ter problemas com essa "água parada", tais como a proliferação de insetos, como pernilongos, e vermes prejudiciais aos homens e aos rebanhos. Em virtude do exposto, é que se recomendam a limpeza e escarificação das bacias.

9.11 Problemas de infiltração

Em algumas situações, onde por motivos diversos opta-se pela implementação de bacias em solos com baixa velocidade de infiltração, deve-se procurar alterar o formato das mesmas para melhorar as condições de evaporação das águas armazenadas. Para tanto, deve-se procurar aumentar a superfície de exposição (espelho d'água) em detrimento da profundidade.

10 ALTERNATIVA AO USO DE BACIA

Uma opção técnica e economicamente exequível ao uso do Sistema de Bacias é o terraceamento.

Considerando-se uma estrada que cruza uma área devidamente terraceada, torna-se mais interessante reforçar os terraços para que os mesmos recebam as águas da estrada, ao invés de se implantarem bacias.

Quando as áreas marginais às estradas necessitam de terraceamento para o controle da erosão, esses terraços devem ser projetados com dimensões adequadas, para reter as águas da faixa imediatamente superior mais as advindas da estrada.

Em função da falta de disponibilidade de máquinas para a construção das bacias de captação e retenção, pode-se optar pela construção de segmentos de 50 a 100m de terraços, partindo da estrada e adentrando nas áreas marginais. Esses terraços deverão ter cota superior no inicio (na estrada), com declividade de 1% no leito da estrada, para evitar empoçamento, e deverá ter sua "ponta", no final, fechada.

Em situações onde as estradas são sustentadas por solos muito pouco permeáveis (Grupos C e D), as águas de enxurradas devem ser conduzidas disciplinadamente por canais escoadouros naturais ou artificiais, até um leito estável de drenagem natural.

11 CONCLUSÕES

Levando-se em consideração o comportamento dos Sistemas já implantados, nas mais diferentes regiões do Estado de São Paulo é que se propôs incluir modificações no conceito original de bacia de captação.Visa-se com isso colaborar para o aperfeiçoamento da tecnologia aplicada, tomando como parâmetros os dados disponíveis pela pesquisa, aliados a uma vivência prática.

O sistema mostra-se viável, desde que respeitadas as peculiaridades locais e as condicionantes de dimensionamento, posicionamento, locação, construção e manutenção das bacias de captação e retenção.

A tecnologia proposta não deve ser encarada como a solução definitiva para os problemas em estradas não pavimentadas, e sim como mais uma alternativa técnica e economicamente viável, que somada as já disponíveis, contribuirá para o máximo aproveitamento desses canais de escoamento de riquezas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRA, A. M. **Captação e aproveitamento de águas pluviais das estradas**; 2ª imp. Campinas, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1988. 12p. (Boletim Técnico, 185)

BERTOLINI, D.; DRUGOWICH M. I.; LOMBARDI NETO, F & BELLINAZZI JÚNIOR, R. **Controle de erosão em estradas rurais.** Campinas, SP. CATI/DEXTRU, (Boletim Técnico), 1992.

BERTONI, J. ; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F. & BENATTI JÚNIOR, R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agronômico.** Campinas, Instituto Agronômico, nov. 1972. 56p. (circular, 20). (2ª impressão: jan. 1982).

CORREA, R. O. - Comunicação Verba I- 1989. **Rendimento Operacional de Maquinário na Implantação de Sistemas de bacias de Captação em LR e Pml.**

LIMA, S. O. **O problema Erosão e as vias de comunicação.** In: Congresso Pan-Americano de Conservação do Solo Anais, São Paulo, 12 a 29/04/1966. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, Ministério da Agricultura. p. 977 a 1012.

LOMBARDI NETO, F; BELLINAZZI JÚNIOR, R; GALETI, P.A.; BERTOLINI. D.; LEPSCH. I.F. & OLIVEIRA, J.B. **Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços.** In: Lombardi Neto, F - Cati-Terraceamento Agrícola-Campinas,SP CATI/DEXTRU (Boletim Técnico) 1992.

PUPO, N. I. H. **Manual de Pastagens e Forrageiras; Formação, Conservação, Utilização**- Campinas,SP, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979. p53 a 57.

SANTOS, Á. R. dos; PASTORE, E. L.; AUGUSTO JÚNIOR, F. & CUNHA, M. A.; **Estradas Vicinais de Terra; Manual Técnico para Conservação e Recuperação**. Segunda Edição, São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.; 1988, 125p.

CONTROLE DE VOÇOROCAS

Dorival Bertolini (1)

Francisco Lombardi Neto (2)

1 INTRODUÇÃO

A voçoroca é a visão impressionante do fenômeno da erosão, muitas vezes usada pelos conservacionistas como um sintoma característico; deve-se, porém, ter o cuidado de não superestimá-la. Naturalmente, essa forma de erosão é muito importante como uma fonte de sedimentos para os córregos, porém, em termos de prejuízo para as terras agrícolas ou redução da produção das lavouras, geralmente não é muito importante, uma vez que a maioria das terras sujeitas a esse tipo de erosão são de pouca significância agrícola.

Esse tipo de erosão espetacular é muito popular em publicações de divulgação, mostrando áreas cortadas por profundas grotas interligadas. Essa situação, porém, é, em geral, encontrada em áreas de clima semi-árido, impróprias para uma agricultura intensiva, ou em solos com propriedades químicas e físicas adversas e de um potencial agrícola muito baixo.

O controle de voçoroca, além de difícil é muito caro, podendo até ser mais elevado que o próprio valor da terra. Naturalmente, deve-se fazer alguma coisa, principalmente pelo problema de sedimentação dos córregos e barragens. É essencial, todavia, efetuar as medidas de controle das voçorocas para prevenir a sua formação.

A voçoroca se forma quando a enxurrada se concentra em depressões malprotegidas e a água escorre por longos períodos em forma volumosa, adquirindo grande velocidade. À medida que essa ação progride, as grotas vão atingindo maior tamanho, chegando, às vezes, a ter vários quilômetros de comprimento, de 10 a 15 m de largura e 6 m ou mais de profundidade. O crescimento em comprimento é mais rápido que o transversal, em razão de que o volume de enxurrada que penetra na sua extremidade superior é maior que nos seus lados; o crescimento em profundidade é maior nas regiões de maior declividade.

O lavrador favorece a formação de grotas profundas nas suas terras pela maneira imprópria de localização e mau manejo dos desagues dos terraços ou canais escoadouros; sempre que possível, devem-se conduzir essas concentrações de enxurradas para as grotas naturais do terreno que estejam bem-estabilizadas.

(1) Engº Agrº, SAA/CATI/DEXTRU - CTRN
(2) Pesq. Científico, SAA/CPA/IAC - Seção de Conservação do Solo.

2 CLASSIFICAÇÃO DAS VOÇOROCAS

As voçorocas são classificadas pela sua profundidade e pela área da sua bacia. Podemos considerar que são profundas quando têm mais de 5m de profundidade; médias, quando têm de 1 a 5m, e pequenas, com menos de 1m. Pela área da bacia, elas são consideradas pequenas quando a área de drenagem é menor que 2 hectares; médias, quando de 2 a 20 hectares, e, grandes, quando têm mais de 20 hectares.

A maioria dos trabalhos de controle de voçorocas consiste em disciplinar o escorrimento da água superficial e subterrânea, quando presente, e em estabilizar a superfície das grotas por meio de terraplenagem e de vegetações.

Qualquer voçoroca, sem considerar o seu tamanho ou condição,geralmente recuperará uma cobertura vegetativa natural se for protegida adequadamente e estiver numa área cuja vegetação cresça rapidamente. A retenção da água que provoca a voçoroca, a proteção contra pastoreio, pisoteamento do gado e fogo e a remoção de outras causas prejudiciais geralmente resultam no crescimento da vegetação que recobre as grotas e diminui a erosão.

3 PROCEDIMENTO PARA CONTROLE DAS VOÇOROCAS

Qualquer que seja o processo de formação da voçoroca, o seu controle poderá ser feito através dos seguintes procedimentos básicos:

A) **Isolamento da área afetada com cerca**, para evitar o acesso de gado, trânsito de máquinas e veículos que podem favorecer a concentração da enxurrada e dificultar o desenvolvimento da vegetação (Figura 1).

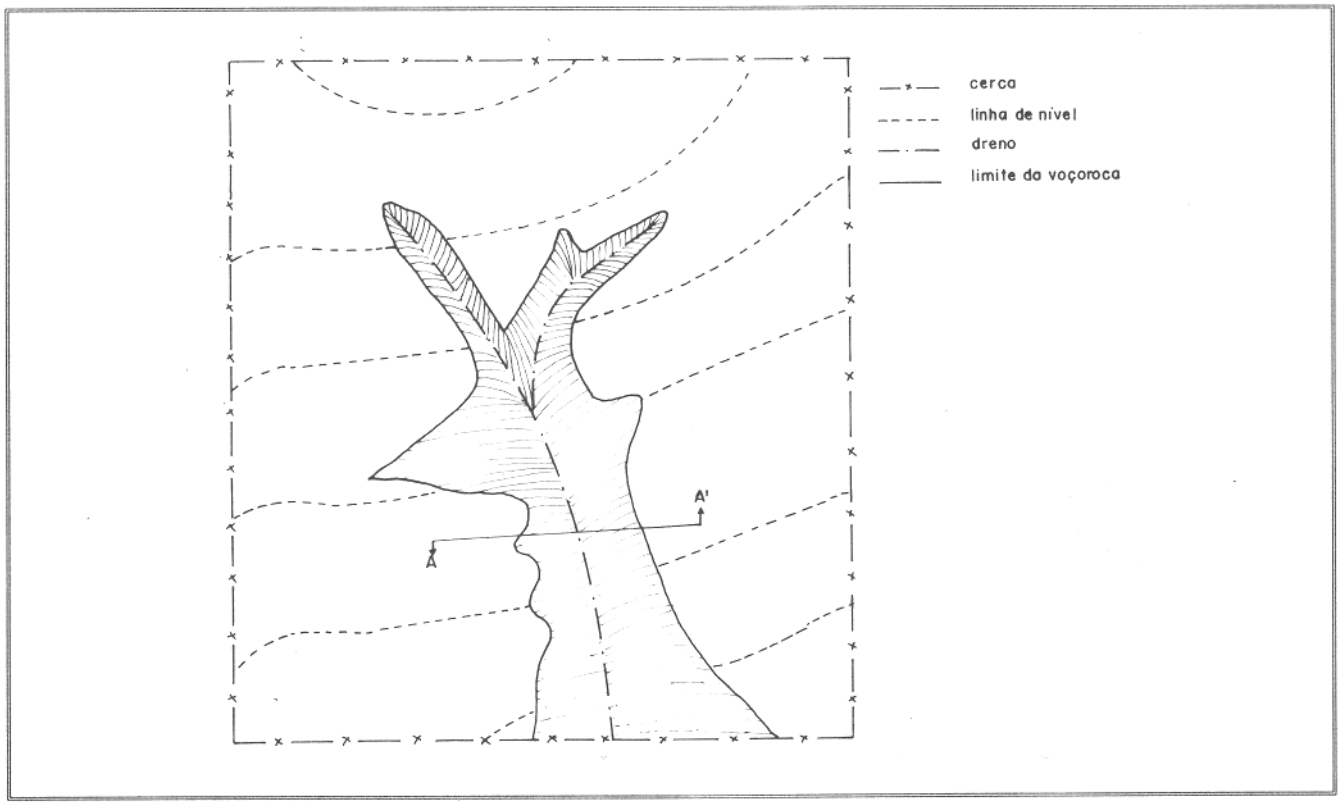


FIGURA 1- Isolamento de área com voçoroca

B) **Drenagem da água subterrânea**: toda vez que a voçoroca atinge o lençol freático aparece uma mina de água subterrânea, que, para o sucesso do controle da voçoroca, essa água deve ser captada e conduzida para fora da voçoroca até um leito de drenagem estável, o que pode ser feito com dreno de pedra ou feixes de bambu (Figura 2).

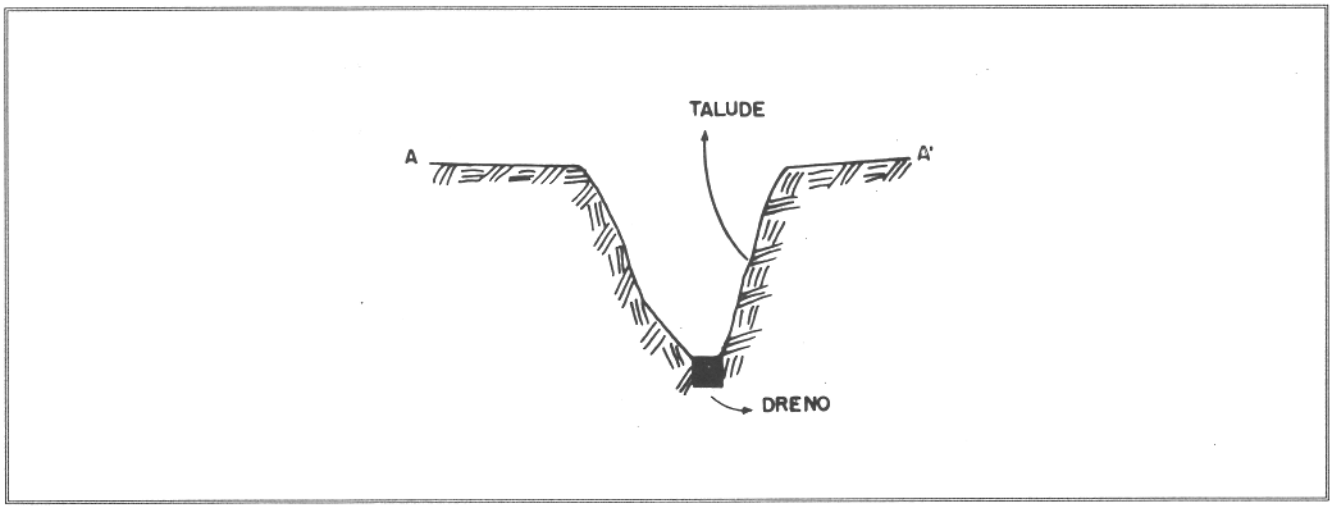


FIGURA 2 - Drenagem de água subterrânea de voçoroca

C) **Controle da erosão em toda bacia de captação de água da voçoroca**: para evitar que a enxurrada tenha na voçoroca um canal escoadouro. Isso pode ser conseguido com sistema de terraceamento, canais escoadouros ou divergentes, plantio em nível, cobertura vegetal ou outras práticas que deverão ser implantadas em todas as áreas a montante e laterais, formando a bacia de captação da voçoroca (Figura 3).

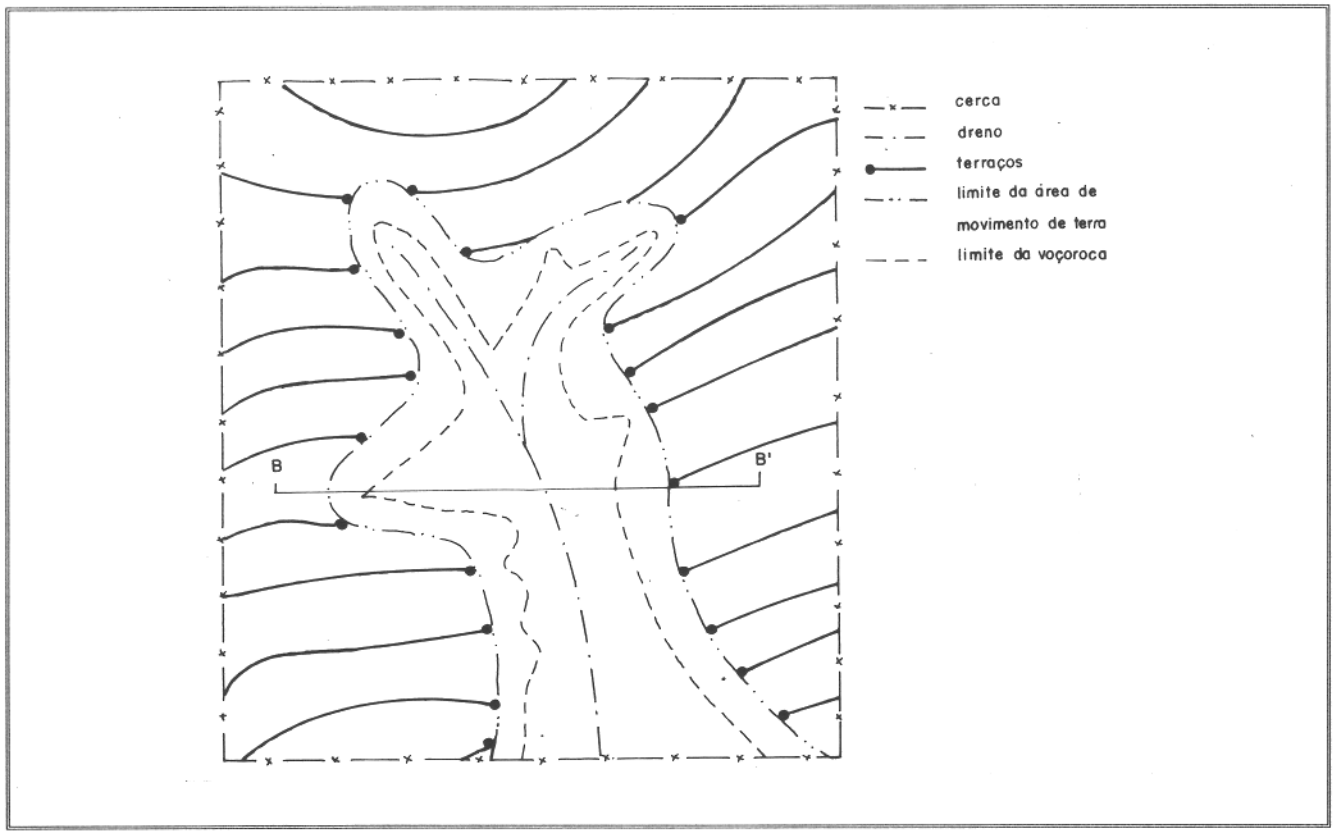
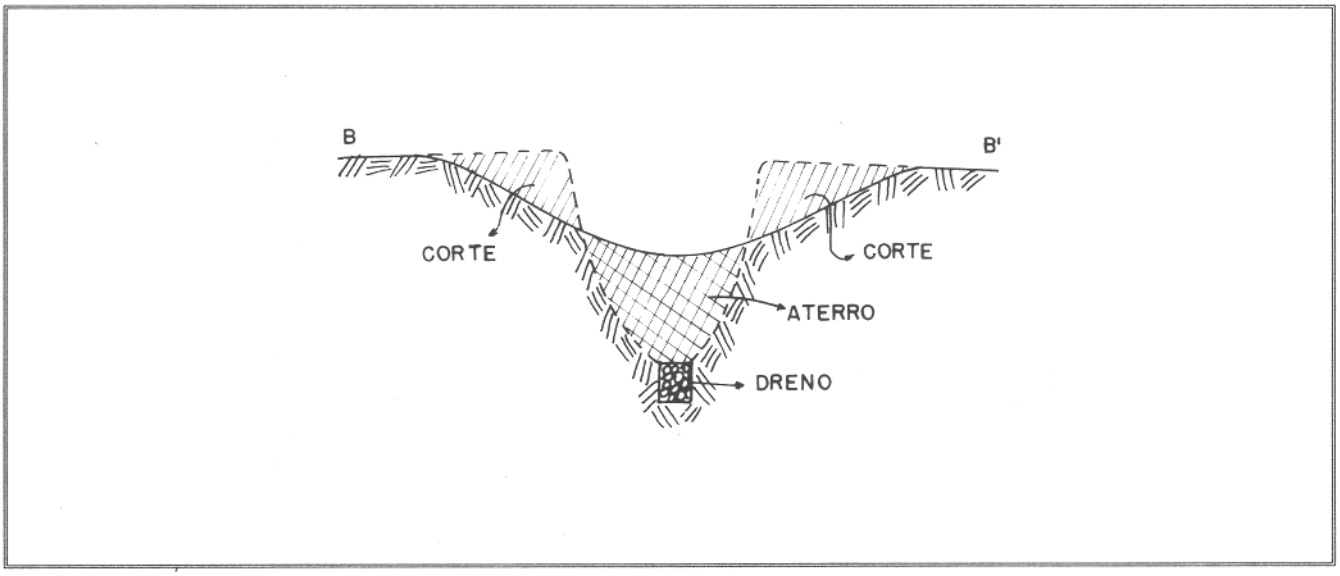


FIGURA 3 - Controle de erosão na bacia de captação de água da voçoroca.

D) **Suavização dos taludes laterais da voçoroca:** geralmente, os flancos das voçorocas são muito íngrimes, havendo necessidade de se fazer uma suavização para se terem taludes mais suaves, com relação 3:1, ou menos, a fim de facilitar a implantação da vegetação protetora do solo (Figura 4).



FIGUAR 4 - Suavização dos taludes laterais da voçoroca.

E) **Construção de paliçadas ou pequenas barragens**: de espaço em espaço no interior da voçoroca. Essas estruturas podem ser feitas com madeira, pedra, galhos ou troncos de árvores, entulho ou terra, cuja finalidade é apenas de evitar que a água superficial se escoe com velocidade suficiente para produzir erosão no interior da voçoroca. Caso haja água subterrânea na voçoroca deve se ter o cuidado de drená-la ou deixá-la com drenagem livre ao construir esses obstáculos (Figura 5 e 6).

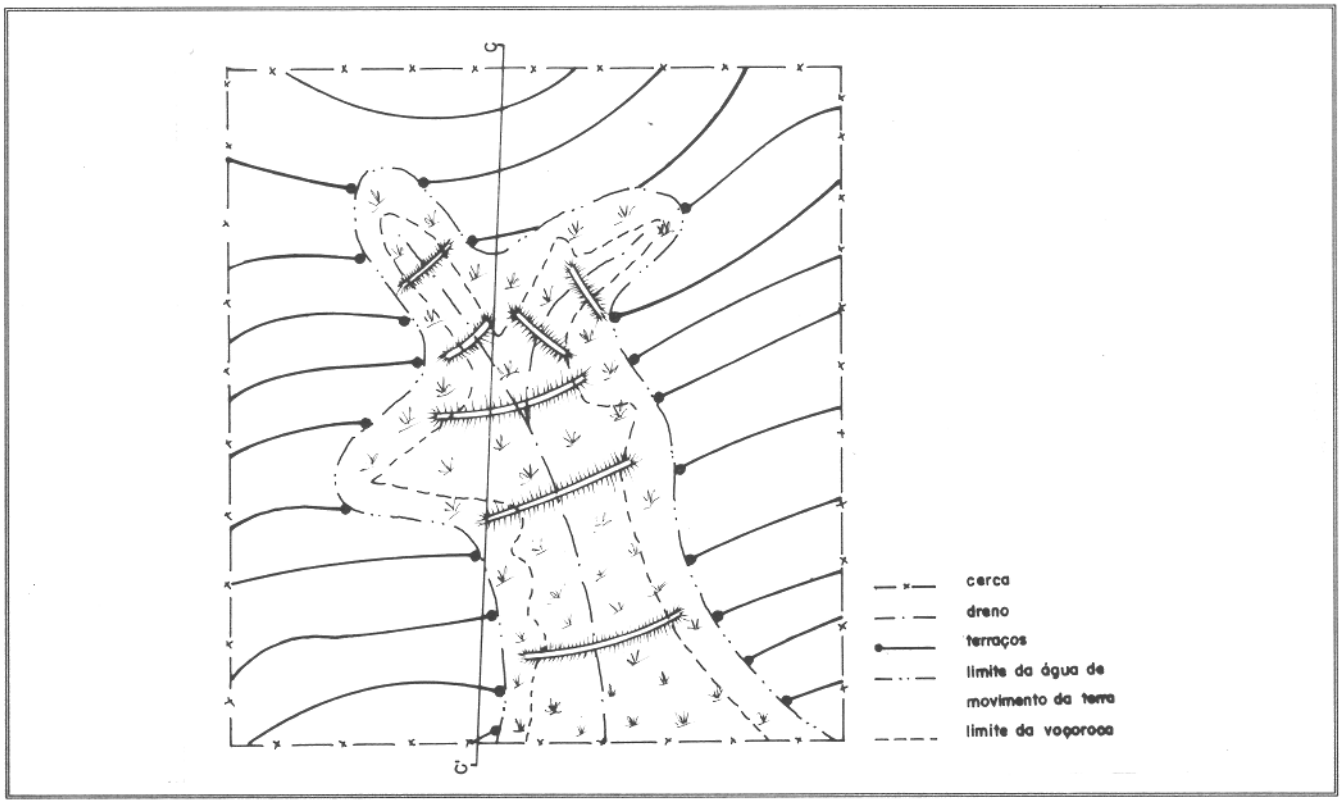


FIGURA 5 - Construção de paliçadas no interior da voçoroca.

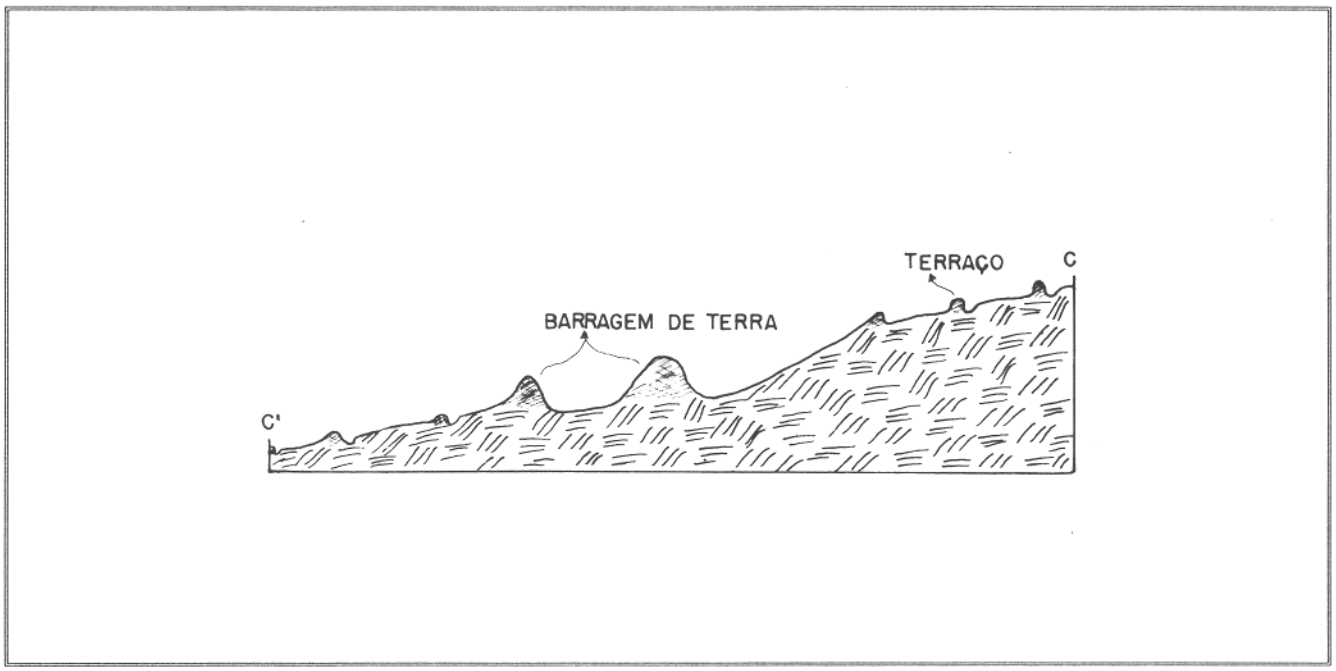


FIGURA 6 - Construção de pequena barragem no interior da voçoroca.

F) **Vegetação da Voçoroca:** deve ser feita com plantas rústicas que desenvolvam bem em solos erodidos, proporcionem boa cobertura do solo e tenham um sistema radicular abundante. As vegetações mais usadas na proteção de área com voçoroca são as gramíneas, algumas leguminosas e essências florestais. Entre as gramíneas têm-se: grama-batatais (*Paspalum notatum*), grama-seda (*Cynodum dactylon*),capim-quicuio(*Pennisetum clandestinum*) e a braquiária (*Bracchiaria sp*); entre as leguminosas: o cudzu(*Pueraria thunbergiana*) e as diversas espécies de Lespedeza spp, e entre as essências florestais: o pinus e o eucalipto.

Se as medidas descritas forem adotadas, o processo erosivo estabiliza-se e a natureza começa a reconstituir o solo.Dada a complexidade, a demora e o custo para corrigir o efeito desse tipo de erosão, melhor seria a adoção de medidas preventivas, como o uso da terra, segundo sua capacidade de uso, e impedimento da concentração de enxurradas, muitas vezes canalizadas pelas estradas e pavimentação urbana, que provocam voçorocas, assumindo em certos casos proporções assustadoras com controle díficil e oneroso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, A.F.F. de, e BERTOLINI, D. **Controle da Erosão**. Campinas, Secretaria da Agricultura-CATI-COT. 1978. Bol.Téc. 93. 46p.

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**, Piracicaba. Livroceres.1985.392p.

POLITANO, W., LOPES, L.R. e AMARAL, C. **O papel das estradas na economia rural.** São Paulo, Nobel, 1989. 78p.

MANEJO DA ÁGUA

Klaussner Bertini [1]

Sérgio Basílio Moreira de Barros [1]

Fernando Mendes Kroll [1]

1 INTRODUÇÃO

A água e o solo constituem recursos naturais renováveis à disposição em uma propriedade agrícola, mas requerem um manejo adequado para que sejam duradouros.No que concerne à água, nem sempre apresenta-se em quantidade e qualidade que preencham as necessidades. Sua distribuição durante o ano apresenta-se variável, chegando a ser escassa no inverno e extremamente abundante no verão.Essa situação precisa e deve ser enfocada da melhor forma possível, de modo, que dela dependa o sucesso no uso dos recursos naturais renováveis solo-água.

Com esse enfoque são apresentadas a seguir algumas técnicas e sugestões que auxiliarão no planejamento e utilização da água, nas fases de captação, abastecimento e distribuição; também serão apresentados alguns cálculos e dados que orientarão na escolha e aquisição dos diversos materiais disponíveis no mercado.

2 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO

A determinação da vazão do córrego ou da fonte de água deve ser feita antes da elaboração de um projeto de irrigação, de retificação de um rio de obras contra inundação, de produção de energia, ou distribuição equitativa de água, evitando-se, assim, a sua falta ou excesso.

Na determinação da vazão de um curso dágua, existem vários métodos, adiante descritos sucintamente, porém uns mais precisos que outros.

O presente trabalho tem dois objetivos: o primeiro é colocar os métodos mais práticos e simples para a determinação da vazão ao alcance de todos os técnicos, e o segundo é fazer com que todos aqueles que necessitam de, em seus trabalhos, determinar a vazão ou calcular o volume d'água armazenada o façam usando corretamente as unidades de medição de água.

2.1 Métodos de determinação

2.1.1 Método direto

É o mais usado na determinação da vazão de pequenos cursos d'água.Além de ser fácil, é também o mais exato de todos.

---

(1) Engº Agrº, SAA/CATI - DEXTRU/CTRN - Grupo Técnico de Manejo de Água

Consiste em recolher a água que verte de uma bica, previamente instalada no leito do córrego com seu regime normal, em recipiente de capacidade conhecida, registrando-se o tempo gasto para enchê-lo (Figura 1).

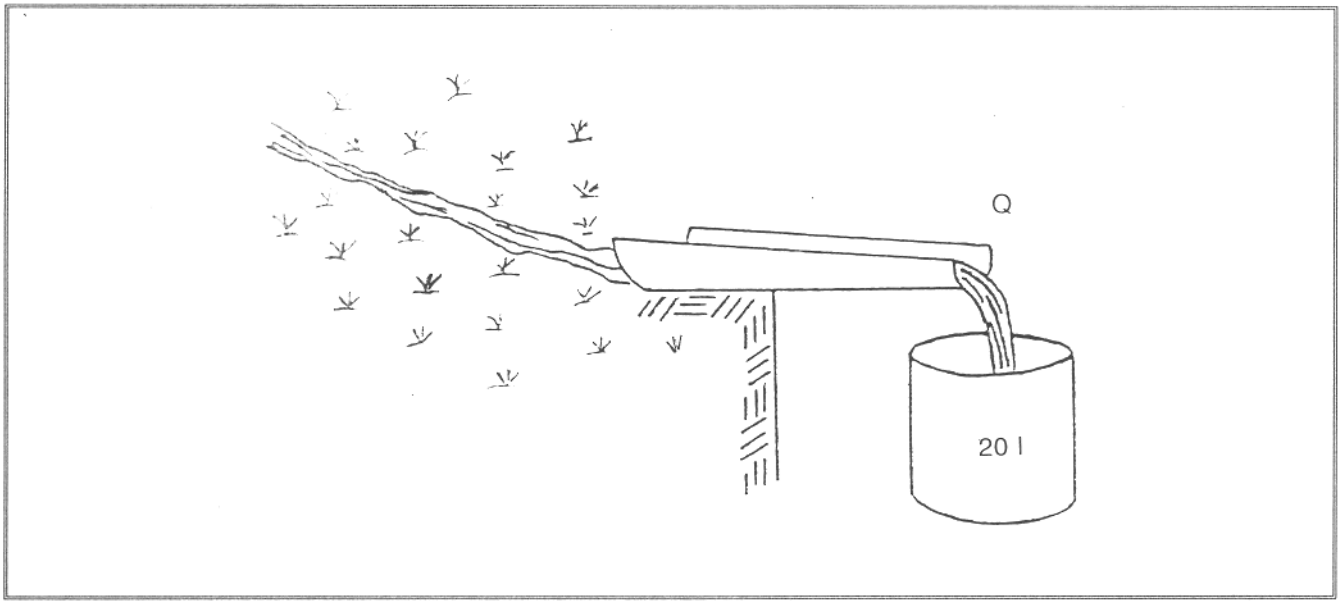


FIGURA 1 - Determinação direta da vazão de pequenos cursos d' água.

Repete-se essa operação várias vezes por dia e em horários, dias ou meses diferentes. A vazão será a média dessas medidas.

A vazão é expressa pela relação:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Onde: Q = vazão em litros por segundo
V = volume em litros(recipiente)
t = tempo em segundos

Exemplificando: para encher o recipiente de 20 litros, gastaram-se 8 segundos; numa segunda determinação, gastaram-se 10 segundos, e, finalmente, na terceira leitura, o tempo necessário foi de 12 segundos.

Somando os volumes, têm-se:

20 + 20 + 20 = 60 litros

Somando os tempos das leituras, têm-se:

8 + 10 + 12 = 30 segundos

Substituindo na fórmula esses valores, acham-se:

$$Q = \frac{60\ l}{30\ seg.} = 2\ litros\ por\ segundo$$

Q = 2 *l*/seg., que é a vazão do corrego.

Quando o corrego é grande, a determinação da vazão pelo método direto pode ser feita dividindo-se o curso do córrego em duas ou mais correntes, recolhendo separadamente a água de cada parte em recipientes separados (Figura 2). A determinação das vazões parciais Q_1 e Q_2 é feita igualmente ao exemplo anterior. A vazão total Q é a soma das vazões parciais Q_1 e Q_2.

$$Q = Q_1 + Q_2$$

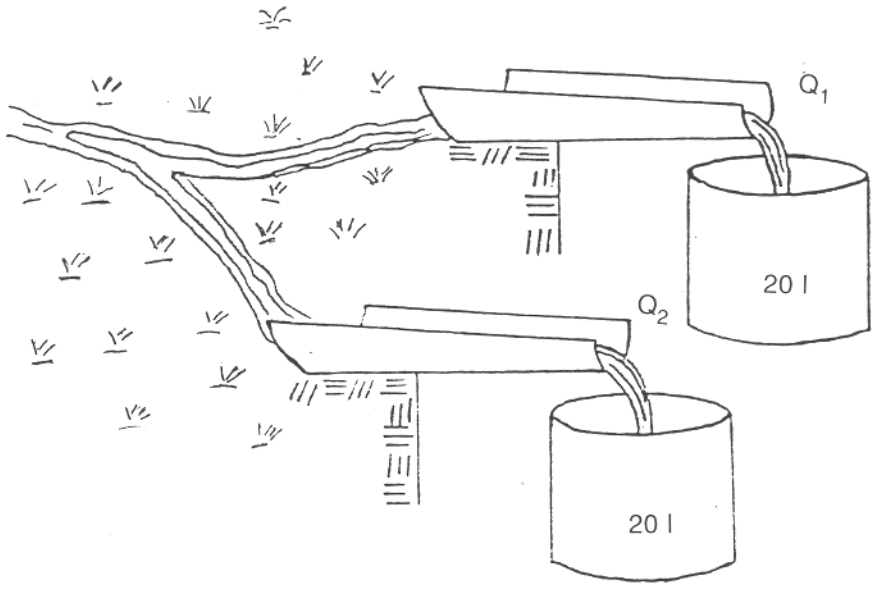


FIGURA 2 - Determinação da vazão pelo método direto(córrego grande).

2.1.2 Método do vertedouro

Vertedouro é um anteparo construído de madeira ou metal, possuindo na sua borda superior uma abertura, de forma variada, onde a água é forçada a escoar.

Esse dispositivo colocado de forma correta no leito do córrego, a fim de interceptá-lo, torna possível determinar a vazão em função da largura da base da soleira do vertedouro e a espessura da lâmina d' água.

O vertedouro, segundo sua forma, pode ser retangular, triangular ou trapezoidal, sendo a primeira a mais usada (Figura 3).

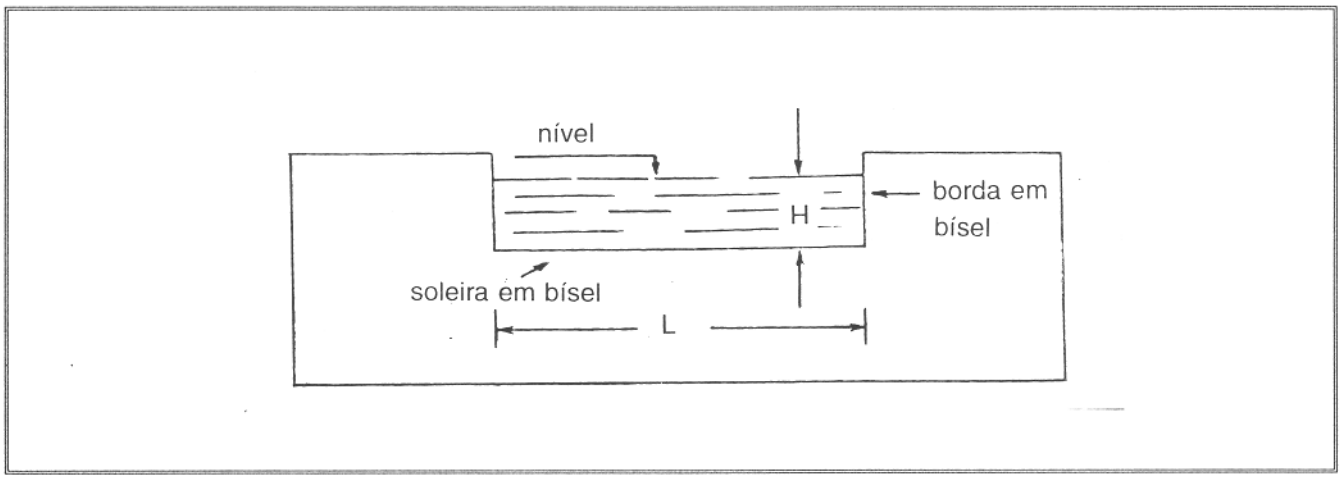


FIGURA 3 - Vertedouro de forma retangular.

O vertedouro de forma triangular (Figura 4) é desprovido de soleira, sendo mais comum aquele que possui o ângulo de 90°.

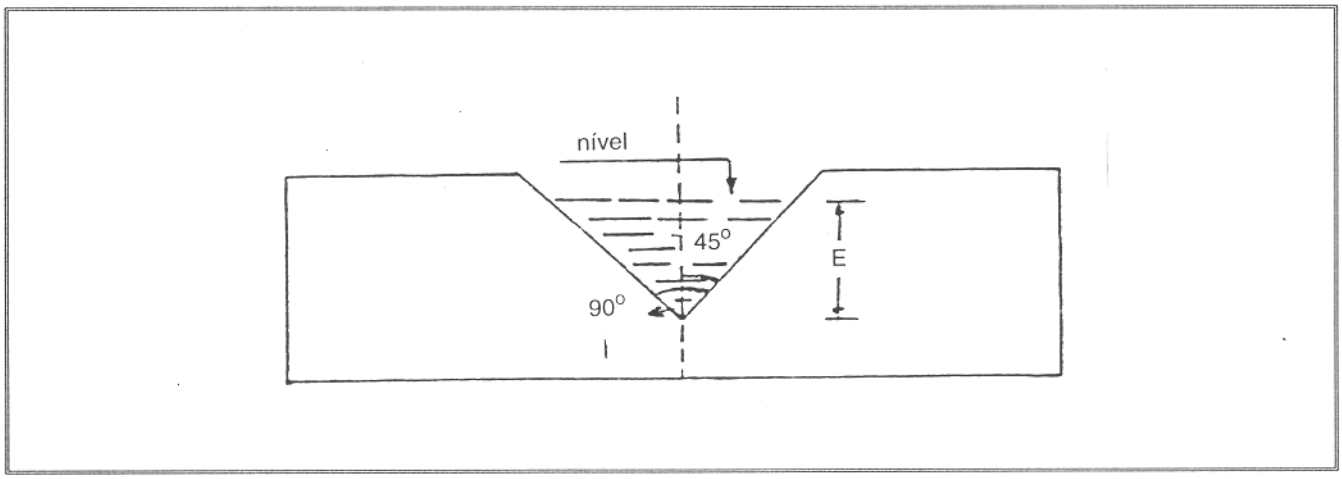


FIGURA 4 - Vertedouro de forma triangular de 90°.

O vertedouro de forma trapezoidal, mais conhecido e usado, é o Cipoletti, cujas bordas são inclinadas na razão de 4:1, sendo 4 na vertical e 1 na horizontal (Figura 5).

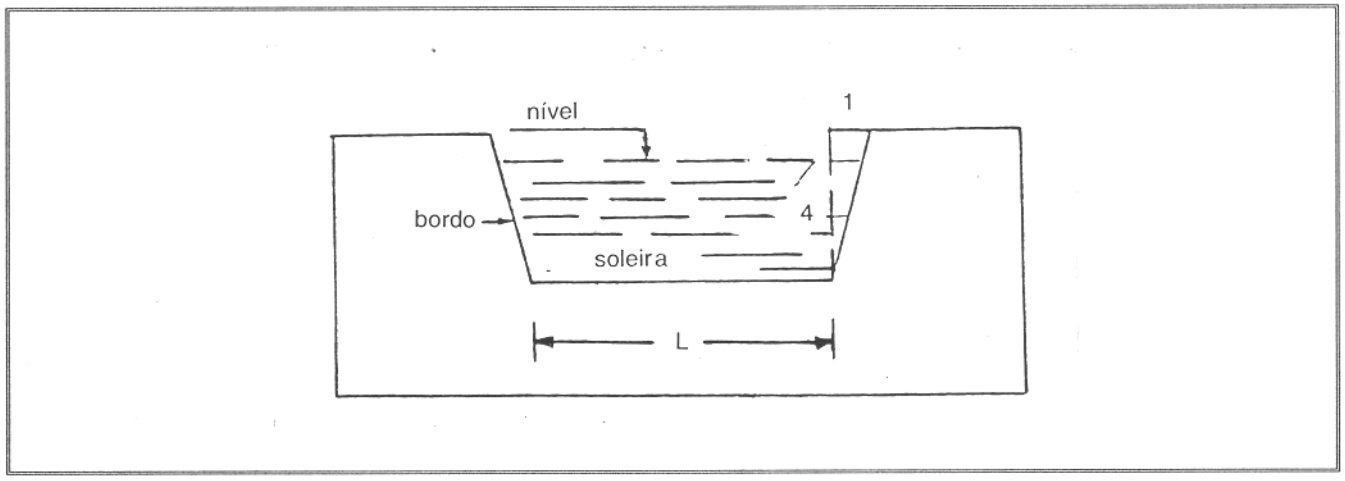


FIGURA 5 - Vertedouro de forma trapezoidal - Cipoletti

Tanto a soleira quanto as bordas de um vertedouro são feitas em bisel, com ângulo bem-agudo, para diminuir o atrito. O ideal mesmo é colocar uma lâmina de metal na madeira do vertedouro, fazendo com que a água toque apenas a parte delgada do metal (Figura 6).

Se a parede for espessa, a vazão será diferente porque passa colada a ela.

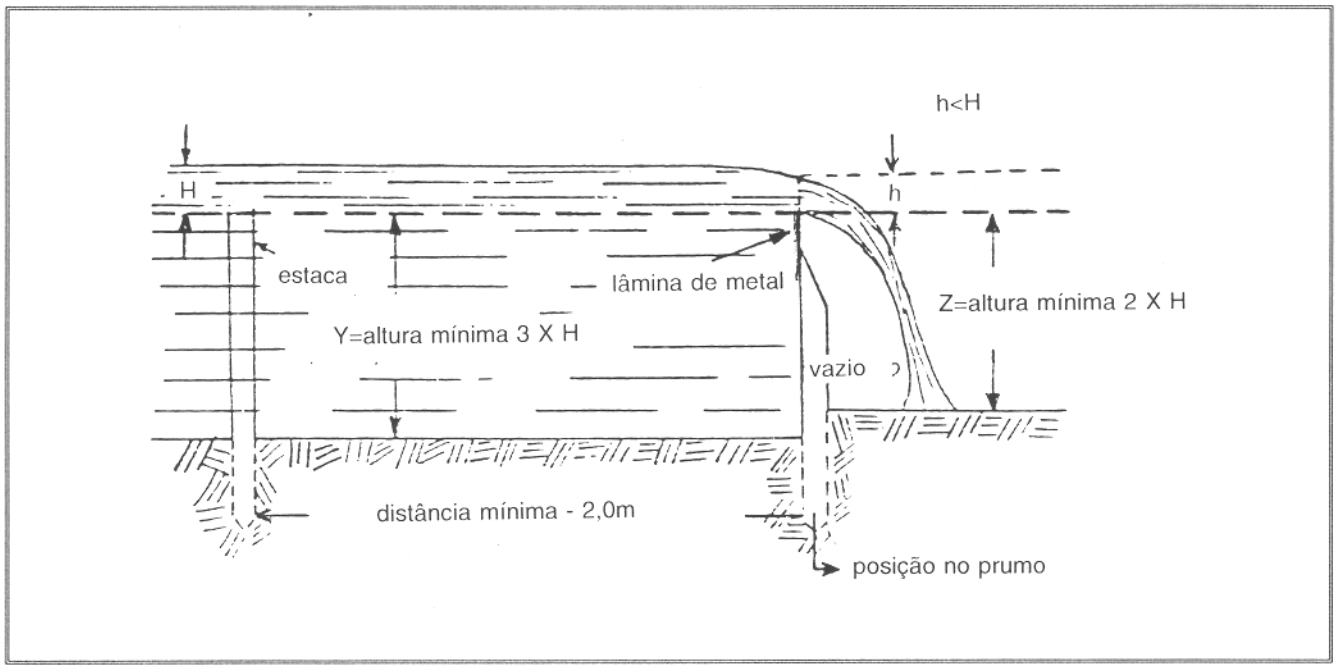


FIGURA 6 - Instalação de vertedouro.

A altura H da lâmina d'água deve ser medida num ponto situado a mais de 2 metros do lado de montante da soleira.

A altura h da lâmina d'água é sempre menor que H, devido ao achatamento que a corrente sofre ao passar sobre a soleira.

Para os vertedouros de forma retangular, o cálculo da vazão é obtido com as seguintes fórmulas:

Fórmula 1:

$$Q = 1{,}84 \times (L - 0{,}2H) \times H^{3/2}$$

Onde:
Q = vazão em metros cúbicos por segundo
L = largura da soleira em metros
H = altura da lâmina d'água, sobre a soleira, medida em metros, porém, tomada a mais de 2 metros a montante do vertedouro.

Nessa fórmula, é considerada a contração da lâmina d'água, devido às bordas do vertedouro não serem o prolongamento das margens do córrego, em conseqüência, os filetes d'água sofrem uma contração ao se aproximarem da soleira.

Quando a largura da soleira for igual a largura do córrego, o fator de correção, que é 0, 2H, será eliminado e a fórmula passa a ser:

Fórmula 2:

$Q = 1,84 \times L \times H^{3/2}$

Os vertedouros sem contração lateral comumente são usados para canais.

Substituindo os valores dados em metros, nas fórmulas citadas, obtém-se a vazão em metros cúbicos por segundo, que, multiplicando por 1000, dá a vazão em litros por segundo (Quadro 1).

A forma retangular do vertedouro é a mais usada por ser de construção simples(Figura 3).

QUADRO 1 - Vazão em litros por segundo para vertedouro retangular

L / H	0,04	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,50	2,00
0,04	1,4	2,8	4,2	5,6	7,0	8,4	11,2	14,0	21,0	28,0
0,05	2,0	4,0	8,0	8,0	10,0	12,0	16,0	20,0	30,0	40,0
0,06	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0	15,6	20,4	26,0	39,0	52,0
0,07	3,3	6,6	9,9	13,2	16,5	19,8	26,4	33,0	49,5	66,0
0,08	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0	32,0	40,0	60,0	80,0
0,09	-	9,6	14,4	19,2	24,0	28,8	38,4	48,0	72,0	91,0
0,10	-	11,4	16,8	24,4	28,0	33,6	44,8	56,0	84,0	104,0

H- altura lâmina dágua- metros

L- largura da soleira- metros

Cuidados na instalação do vertedouro

— Escolher uma parte do córrego que seja reta para formar um lago mais ou menos comprido.

— A instalação de vertedouro deve ser transversal ao córrego e com as extremidades engastadas nos barrancos.

— A soleira deve ficar rigorosamente em nível, depois de assentado o vertedouro.

— A face do vertedouro deve ficar a prumo.

— A distância y, que vai da soleira do vertedouro ao fundo do lago, deve ser três vezes maior que a altura da lâmina d'água (Figura 6).

— As bordas do vertedouro devem ficar a uma distância mínima do córrego, igual a duas vezes a altura da lâmina d'água (Figura 7).

— O importante depois da instalação do vertedouro é que não haja vazamento, forçando toda água a escoar pela abertura do mesmo.

— Uma estaca é cravada a uma distância mínima de dois metros, a montante do vertedouro d'água. A parte superior da estaca deve ficar no mesmo nível da soleira.

— A soleira deve ficar elevada em relação ao fundo do córrego, fazendo com que a lâmina d'água deixe um vazio, entre o lado a jusante do vertedouro e a lâmina que se escoa através da abertura(Figura 6). Quando não existir esse vazio, o vertedouro trabalha submerso, dando, portanto, grande erro na determinação da vazão (Figura 8).

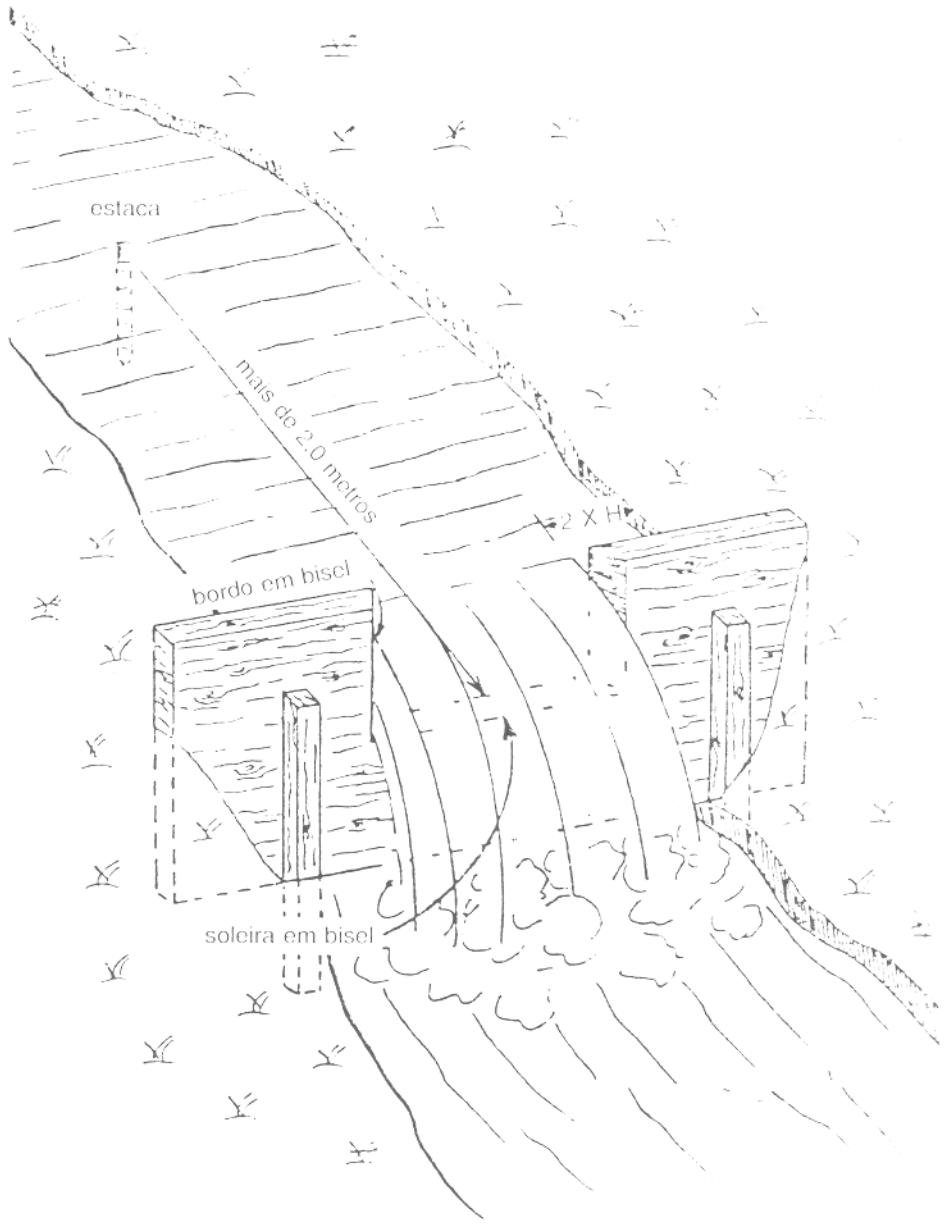


FIGURA 7 - Instalação de um vertedouro(vista de frente).

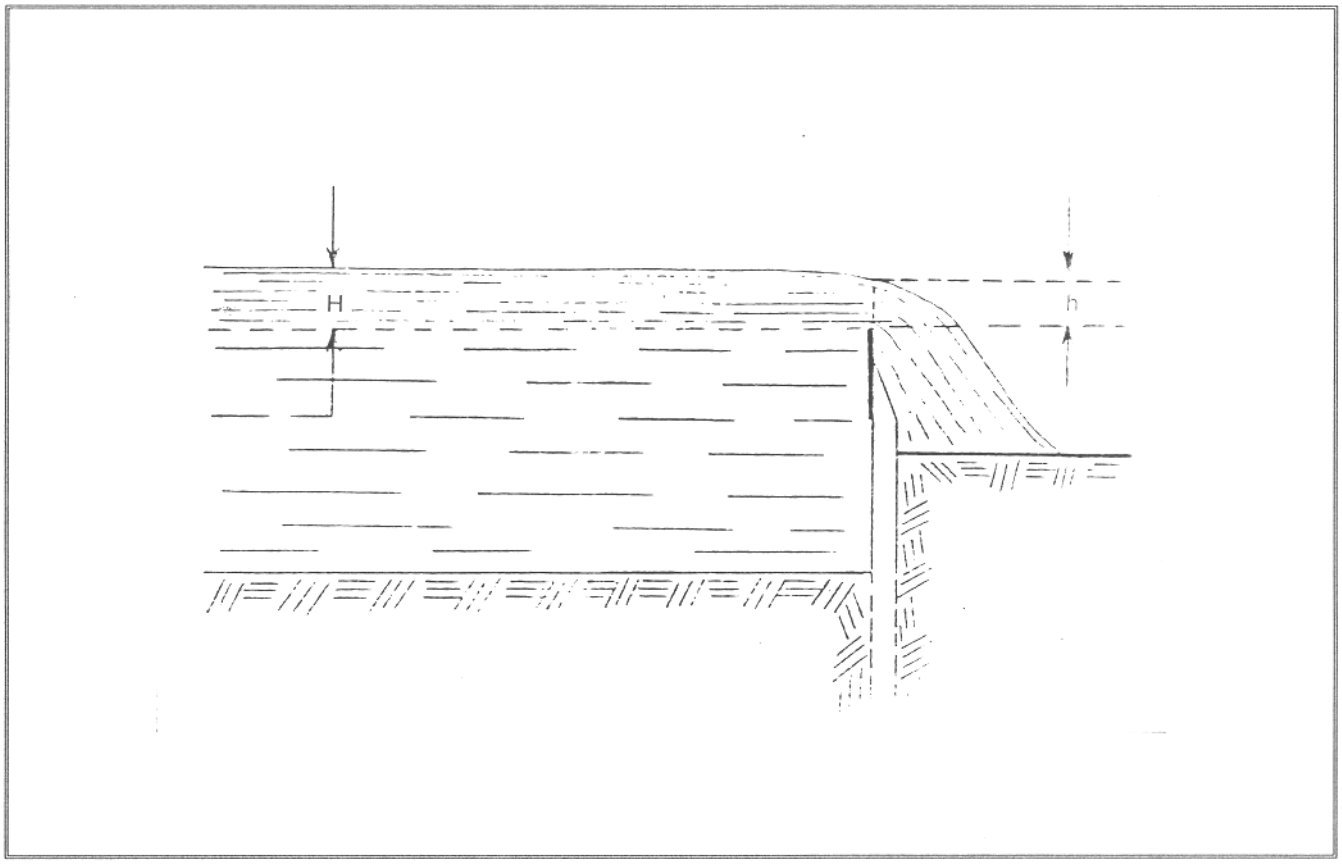


FIGURA 8 - Vertedouro trabalhando submerso.

2.1.3 Flutuador

O método do flutuador serve para determinar a vazão de um córrego ou um rio não com muita precisão, pois a velocidade da corrente é tomada na superfície, o que não é correto.

Esse método é usado quando a determinação da vazão for inviável por outros métodos. Para o seu uso, determina-se a seção transversal média de um trecho do córrego e a velocidade média da corrente.

O trecho do córrego escolhido deve ser uniforme, isento de curvas, com margens paralelas e de profundidade constante, podendo-se melhorá-lo em determinados casos, retificando-o e, nesse trecho, tiram-se seções transversais de 2 em 2m, de 5 em 5m, ou qualquer outra medida, para calcular a área da seção do córrego.

Como uma série de seções transversais do córrego, calcula-se a seção média que é representada - Sm.

Com auxílio de um flutuador, que pode ser de cortiça, garrafa vazia fechada ou qualquer material que flutue, acha-se a velocidade da corrente, anotando-se também o tempo gasto para o flutuador percorrer a distância, previamente determinada numa das margens por meio de marcos (Figuras 9 e 10).

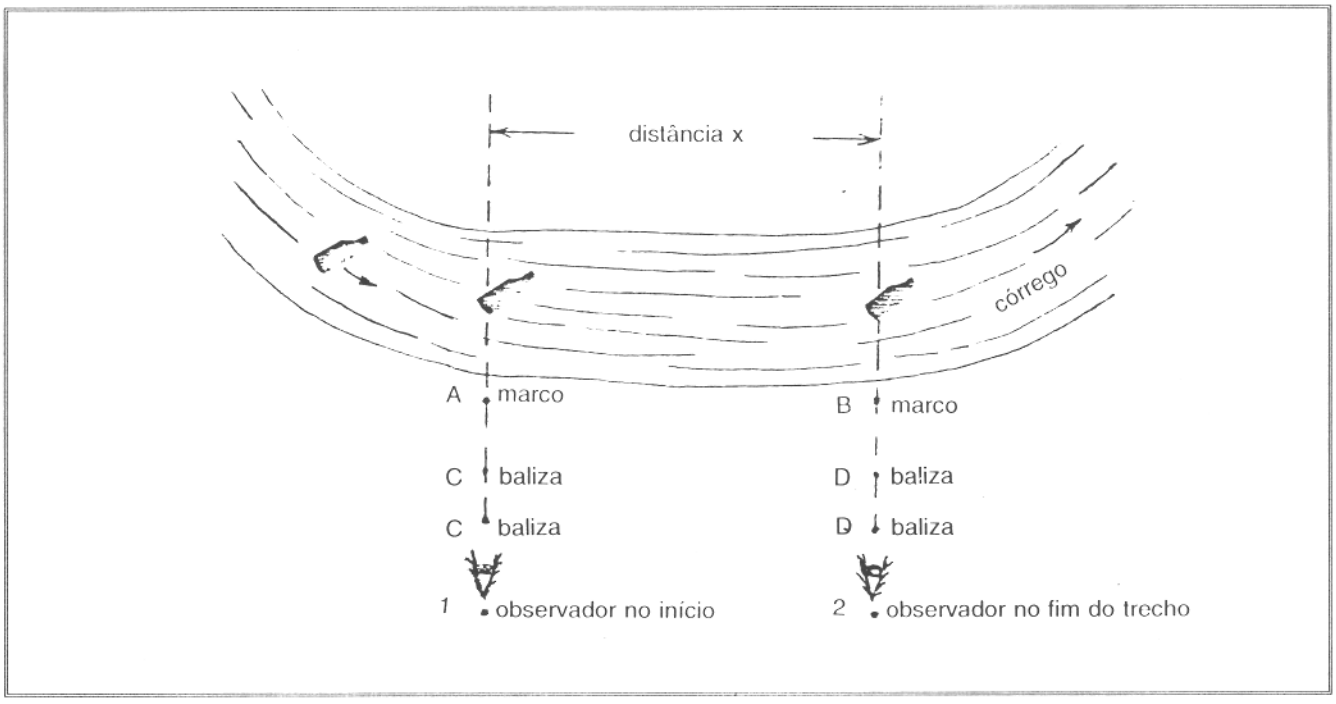


FIGURA 9 - Trecho do rio para avaliação através do método do flutuador.

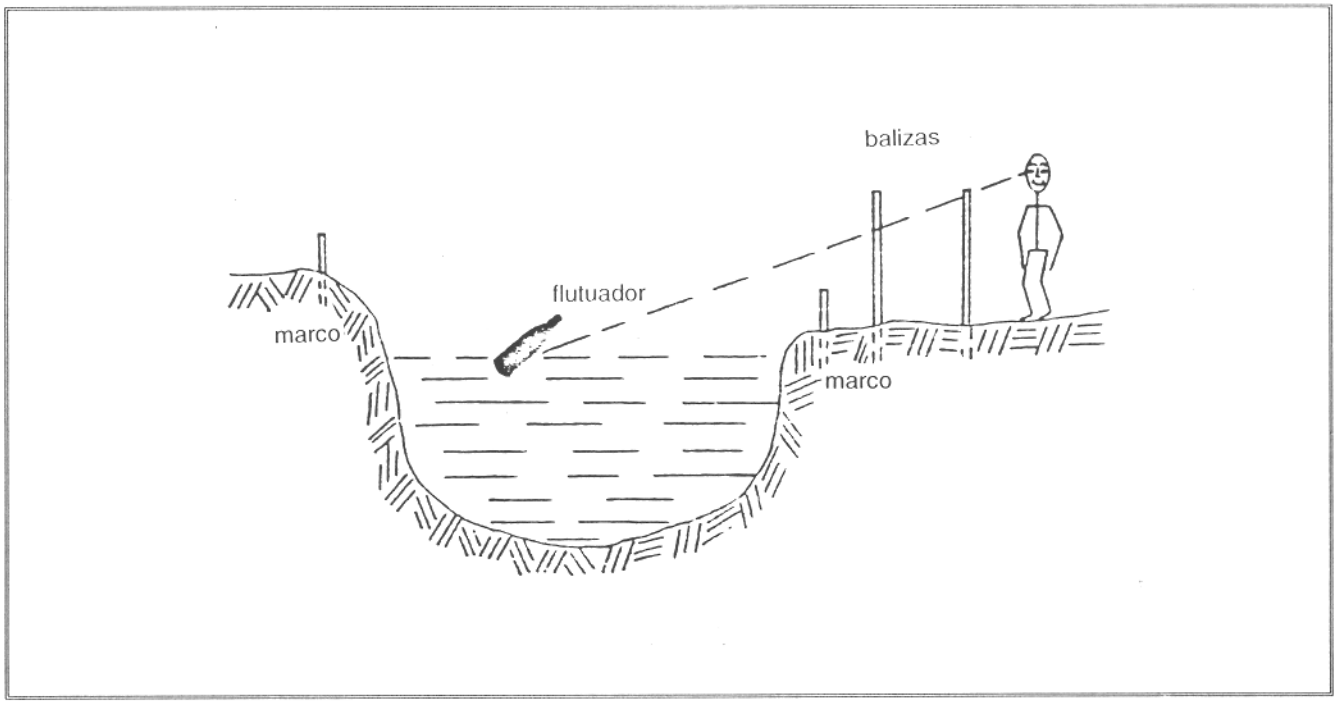


FIGURA 10 - Seção transversal do córrego.

Solta-se um flutuador no córrego, acima do ponto A, representando pelo marco A cravado na margem.

O observador com o cronômetro na mão fica no ponto 1, atrás das balizas C. Quando o flutuador cruzar a linha de visada, formada pelas balizas C e o marco A, o tempo será cronometrado.

Depois, o observador se desloca para o ponto 2, e, quando o flutuador atingir a linha formada pelas balizas D e o marco B, o tempo será registrado. Nesse tempo, o flutuador percorre a distância X(Figura 9).

A velocidade da corrente é medida várias vezes, e a velocidade média é representada por Vm.

A vazão Q do córrego será dada pela fórmula seguinte:

$Q = Sm \times Vm$

Onde:
Q = metros cúbicos por segundo
Sm = seção média em metros quadrados
Vm = velocidade média em metros por segundo

3. CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA

3.1 Captação de água

3.1.1 Fontes de captação

a) Subterrâneas

b) Superficiais

a) **Nas fontes de captação subterrânea, a água é obtida através de:**

— poços escavados ou comuns

— poços perfurados ou tubulares

— poços artesianos não jorrantes

— poços artesianos jorrantes

Os poços escavados ou comuns são os mais rudimentares e consistem na abertura de uma cisterna por processos manuais. O seu diâmetro e a profundidade são variáveis, e geralmente a vazão do poço é pequena.

Os perfurados ou tubulares são abertos horizontalmente em forma de galeria, atingindo muitos metros de comprimento. Tem a vantagem de não armazenar a água, pois é escavado com pequeno desnível, deixando a água fluir livremente.

Os poços artesianos são hoje os mais importantes. Para a sua perfuração, geralmente, necessita de uma prospecção para indicar com maior segurança o lugar mais indicado. São perfurados mecanicamente por métodos de percussão ou de rotação.

Na maioria dos casos, produzem água abundante, límpida, de boa qualidade e de difícil poluição.

A retirada da água de poços não jorrantes pode ser feita por bomba de profundidade, instalada no interior do poço, que trabalha completamente submerso, ou através de compressor instalado fora do poço, introduzindo no seu interior a tubulação de ar comprimido e a tubulação por onde a água é recalcada.

Os poços artesianos jorrantes diferenciam do anterior por não necessitar de mecanismos para a retirada da água, pois ela flui naturalmente pela boca do poço. Eles são raramente encontrados.

Como os poços artesianos são de grande profundidade, as suas vazões não variam com a estação climática.

b) As fontes, quando **superficiais**, fornecem água através de correntes, lagos ou represas.

As correntes são representadas pelas nascentes, córregos e rios.

As águas captadas nas fontes superficiais estão mais sujeitas à poluição, exigindo a sua filtragem ou mesmo tratamento mais adequado.

Das fontes superficiais, as nascentes, quando bem-captadas, são as mais indicadas para o abastecimento de água de uma propriedade agrícola, devido à sua qualidade (conhece a vazão, e é mais econômico).

As cabeceiras das nascentes devem ser protegidas e isoladas do restante da gleba de uma propriedade, impedindo o pastoreio de animais ou passagem de máquinas sobre a área de captação, bem como a instalação de residências, estábulos, pocilgas, galinheiros, etc., principalmente, do lado a montante.

Quando a água for obtida por meio de captação das nascentes e as instalações estiverem localizadas em cotas acima da saída, haverá necessidade de recalcar a água para caixas ou depósitos construídos na parte mais elevada do terreno, em relação aos pontos de abastecimentos.

As vantagens das nascentes, quando bem-protegidas, é de fornecerem água considerada potável, podendo ser utilizada até para o consumo humano, desde que não provenha de terrenos impróprios.

As águas dos córregos e rios podem ser captadas e armazenadas em açudes, porém são impedidas para o consumo humano, servindo mais para a irrigação, ao dessedentamento de animais e à limpeza das instalações.

As águas captadas dos córregos e rios tornam-se mais duvidosas quando provêm de propriedades vizinhas ou mesmo atravessando cidades onde, geralmente, recebem despejos de esgotos.

3.1.2 Qualidade da água

Seja qual for a fonte de captação, a água para fins de abastecimento deve ser de boa qualidade, apresentando paladar agradável, bem arejada, não pesar no estômago, ser imputrescível e livre de germes patológicos. As águas dos córregos e rios são boas quando não infectadas ou alteradas durante o seu percurso.

Água parada de lagoas e pântanos e onde diversos materiais orgânicos estão em putrefação é de má qualidade e deve ser evitada para o abastecimento.

Segundo resolução nº 20 de 18 de junho de 1986 (CONAMA - Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente) estabeleceu a seguinte classificação das águas doces, salinas e salobras do Território Nacional.

ÁGUAS DOCES

Classe Especial - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção;

b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

Classe 1 - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário(natação, esqui aquático e mergulho);

d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;

e) à criação natural e/ou intensiva(aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 2 - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à recreação de contato primário(esqui aquático, natação e mergulho);

d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;

e) à criação natural e/ou intensiva(aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 3 - águas destinadas:

a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;

b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;

c) à dessedentação de animais.

Classe 4 - águas destinadas:

a) à navegação;

b) à harmonia paisagística;

c) aos usos menos exigentes.

ÁGUAS SALINAS

Classe 5 - águas destinadas:

a) à recreação de contato primário;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à criação natural e/ou intensiva(aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 6 - águas destinadas:

a) à navegação comercial;

b) à harmonia paisagística;

c) à recreação de contato secundário.

ÁGUAS SALOBRAS

Classe 7 - águas destinadas:

a) à recreação de contato primário;

b) à proteção das comunidades aquáticas;

c) à criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 8 - águas destinadas:

a) à navegação comercial;

b) à harmonia paisagística;

c) à recreação de contato secundário.

Para efeito dessa Resolução, são adotadas as seguintes definições:

a) **Classificação:** Qualificação das águas doces, salobras e salinas com base nos usos preponderantes (sistema de classe de qualidade).

b) **Enquadramento:** estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo.

c) **Condição:** qualificação do nível de qualidade apresentado por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada.

d) **Efetivação do Enquadramento:** conjunto de medidas necessárias para colocar e/ou manter a condição de um segmento de corpo d'água em correspondência com a sua classe.

e) **Águas Doces:** águas com salinidade igual ou inferior a $0,5^{o}/_{oo}$.

f) **Águas Salobras:** águas com salinidade variando entre 0,5 e 30 $^{o}/_{oo}$.

g) **Águas Salinas:** águas com salinidade igual ou superior a 30 $^{o}/_{oo}$.

Para as águas de Classe Especial, são estabelecidos os limites e/ou seguinte condição:

Coliformes: para o uso de abastecimento sem prévia desinfecção, os coliformes totais deverão estar ausentes em qualquer amostra.

Para as águas de Classe 1, são estabelecidos os limites e/ou condições seguintes:

a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

d) corantes artificiais: virtualmente ausentes;

e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

f) coliformes: para o uso de recreação de contato primário, deverá ser obedecido o Artigo 26 desta resolução. As águas utilizadas para a irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvem rentes ao solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver na região meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de 1.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

g) DBO $_{5\ dias}$ a 20^0C até 3 mg/l02;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/ℓO_2;

i) turbidez: até 40 unidades nefelométricas de turbidez (UNT);

j) cor: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt// ;

l) pH: 6,0 a 9,0;

m) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos):

Alumínio	0,1 mg// Al
Amônia não ionizável	0,02 mg/l NH_3
Arsênio	0,05 mg// eAs
Bário	1,0 mg// Ba
Berílio	0,1 mg// Be
Boro	0,75mg// B
Benzeno	0,01 mg//
Benzo-a-pireno	0,00001 mg//
Cádmio	0,001 mg// Cd
Cianetos	0,01 mg// CN
Chumbo	0,03 mg// Pb
Cloretos	250 mg// Cl
Cloro residual	0,01 mg// Cl
Cobalto	0,2 mg// Co
Cobre	0,02 mg// Cu
Cromo trivalente	0,05 mg// Cr
Cromo hexavalente	0,05 mg// Cr
1,1 dicloroeteno	0,0003 mg//
1,2 dicloroetano	0,01 mg//
Estanho	2,0 mg// Sn
Índice de fenóis	0,001 mg// C_6H_5OH
Ferro solúvel	0,3 mg// Fe
Fluoretos	1,4 mg// F
Fosfato total	0,025 mg// P
Lítio	2,5 mg// Li
Manganês	0,1 mg// Mn

Mercúrio	0,0002 mg// Hg
Níquel	0,025 mg// Ni
Nitrato	10 mg// N
Nitrito	1,0 mg// N
Prata	0,01 mg// Ag
Pentaclorofenol	0,01 mg//
Selênio	0,01 mg// Se
Sólidos dissolvidos totais	500 mg//
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg// LAS
Sulfatos	250 mg// SO_4
Sulfetos (com H_2S não dissociado)	0,002 mg// S
Tetracloroetano	0,01 mg//
Tricloroeteno	0,03 mg//
Tetracloreto de carbono	0,003 mg//
2,4,6 triclorofenol	0,01 mg//
Urânio total	0,02 mg// U
Vanádio	0,1 mg// V
Zinco	0,18 mg// Zn
Aldrin	0,01 ug//
Clordano	0,04 ug//
DDT	0,002 ug//
Dieldrin	0,005 ug//
Endrin	0,004 ug//
Endossulfan	0,056 ug//
Epóxido de heptacloro	0,01 ug//
Heptacloro	0,01 ug//
Lindano (gama-BHC)	0,02 ug//
Metoxicloro	0,03 ug//
Dodecacloro + Nonacloro	0,001 ug//
Bifenilas policloradas (PCB's)	0,001 ug//
Toxafeno	0,01 ug//
Demeton	0,1 ug/l
Gution	0,005 ug//
Malation	0,1ug//
Paration	0,04 ug//
Carbaril	0,02 ug//
Compostos organofosforados e carbamatos totais	10,0 ug// em Paration
2,4 - D	4,0 ug//
2,4,5 - TP	10,0 ug//
2,4,5 - T	2,0 ug//

Para as águas de classe 2, são estabelecidos os mesmos limites ou condições da classe 1,com exceção dos seguintes:

a) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processos de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

b) coliformes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Art. 26 desta Resolução. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

c) cor: até 75 mg Pt/l

d) turbidez: até 100 UNT;

e) $DBO_{5\ dias}$ a 20°C até 5 mg// O_2;

f) OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg// O_2.

Para as águas de classe 3, são estabelecidos os limites ou as seguintes condições:

a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

b) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

c) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

d) não será permitida a presença de corantes artificiais que não sejam removíveis por processos de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

e) substâncias que formem depósitos objetáveis: virtualmente ausentes;

f) número de coliformes fecais até 4.000 por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês; no caso de não haver, na região, meios disponíveis para o exame de coliformes fecais, o índice limite será de até 20.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês;

g) $DBO_{5\ dias}$ a 20°C até 10 mg// O_2;

h) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg// O_2.

i) turbidez: até 100 UNT;

j) cor: até 75 mg Pt/l;

l) pH: 6,0 a 9,0

m) substâncias potencialmente prejudiciais (teores máximos):

Alumínio	0,1 mg// Al
Arsênio	0,05 mg// As
Bário	1,0 mg// Ba
Berílio	0,1 mg// Be
Boro	0,75 mg// B
Benzeno	0,01 mg//
Benzo-a-pireno	0,00001 mg//
Cádmio	0,01 mg// Cd
Cianetos	0,2 mg// CN
Chumbo	0,05 mg// Pb
Cloretos	250 mg// Cl
Cobalto	0,2 mg// Co
Cobre	0,5 mg// Cu
Cromo trivalente	0,5 mg// Cr
Cromo hexavalente	0,05 ng// Cr
1,1 dicloroeteno	0,0003 mg//

1,2 dicloroetano	0,01 mg//
Estanho	2,0 mg// Sn
Índice de fenóis	0,3 mg// C_6H_5OH
Ferro solúvel	5,0 mg// Fe
Fluoreto	1,4 mg// F
Fosfato total	0,025 mg// P
Lítio	2,5 mg// Li
Manganês	0,5 mg// Mn
Mercúrio	0,002 mg// Hg
Níquel	0,025 mg// Ni
Nitrato	10mg// N
Nitrito	1,0 mg// N
Nitrogênio amonical	1,0 mg// N
Prata	0,05 mg// Ag
Pentaclorofenol	0,01 mg//
Selênio	0,01 mg// Se
Sólidos dissolvidos totais	500 mg//
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg// LAS
Sulfatos	250 mg// SO_4
Sulfetos (como H_2S não dissociado)	0,3 mg// S
Tetracloroeteno	0,01 mg//
Tricloroeteno	0,03 mg//
Tretracloreto de carbono	0,003 mg//
2,4,6 triclorofenol	0,01 mg//
Urânio total	0,02 mg// U
Vanádio	0,1 mg//V
Zinco	5,0 mg// Zn
Aldrin	0,03 ug//
Clordano	0,3 ug//
DDT	1,0 ug//
Dieldrin	0,03 ug//
Endrin	0,2 ug//
Endossulfan	150 ug//
Epóxido de heptacloro	0,1 ug//
Heptacloro	0,1 ug//
Lindano (gama-BHC)	3,0 ug//
Metoxicloro	30,0 ug//
Dodecacloro + Nonacloro	0,001 ug//
Bifenilas policloradas (PCB's)	0,001 ug//
Toxafeno	5,0 ug//
Demeton	14,0 ug//
Gution	0,005 ug//
Malation	100,0 ug//
Paration	35,0 ug//
Carbaril	70,0 ug//
Compostos organofosforados e carbamatos totais em Paration	100,0 ug//
2,4 — D	20,0 ug//
2,4,5 — TP	10,0 ug//
2,4,5 — T	2,0 ug//

Para as águas de classe 4, são estabelecidos os limites ou as seguintes condições:

a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
b) odor e aspecto: não objetáveis;
c) óleos e graxas: toleram-se iridescências;
d) substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;
e) índice de fenóis até 1,0 mg// C_6H_5OH;
f) OD superior a 2,0 mg// O_2, em qualquer amostra;
g) pH: 6 a 9.

3.2 Armazenamento de Água

Quando fica constatada que a vazão de uma fonte de captação é insuficiente, em determinado período, para um uso desejado, estamos diante de um problema de armazenamento de água.

3.2.1 Armazenamento em açudes

Se a água provém de córregos ou rios, o seu armazenamento é feito em açudes formados com as construções de barragens, localizadas em pontos pré-determinados, que possam permitir a elevação do nível d'água, até uma cota, que facilite o abastecimento por gravidade.

Dependendo da topografia, a água do açude necessita de bombeamento para atingir o ponto a ser abastecido.

3.2.2 Armazenamento em caixas d'água

Quando a água provém de nascentes, o seu armazenamento deve ser feito em caixas de concreto, tijolos, ferro, etc., completamente fechadas para preservar a boa qualidade da água.

Dependendo da topografia do terreno, o abastecimento com águas de nascentes pode ser feito por gravidade. Na maioria dos casos, há necessidade de bombeamento da água para outro depósito, construído em lugar adequado.

3.3 Abastecimento de água

O abastecimento tem por finalidade fornecer água de boa qualidade às residências, às instalações e aos rebanhos de uma propriedade agrícola. A distribuição é feita por meios artificiais, de forma a assegurar o seu consumo de maneira regular.

Uma das vantagens apresentadas, por um sistema de abastecimento de água, é a de permitir um melhor manejo das pastagens. As divisões dos pastos serão feitas em função da água levada aos bebedouros e não somente em função dos corregos e açudes, situados quase sempre na parte mais baixa do terreno.

Com elevação da água para depósitos instalados, em cotas mais altas, é possível abastecer de água potável as residências e instalações, utilizando um único sistema de abastecimento.

Quanto às dificuldades, parece ser complicado o abastecimento por necessitar de várias formas de equipamentos mecânicos e hidráulicos. Exige ainda perfeito conhecimento da quantidade de água e o tipo de abastecimento que se pretende fazer.

O maior entrave é o custo inicial, na maioria das vezes, muito elevado.

Para elaboração de um projeto de abastecimento, a instalação deverá ser a mais eficiente, adaptável e econômica possível.

Eficiente: para distribuir a água simultaneamente e continuadamente em todos os pontos projetados.

Adaptável: de forma a poder distribuir a água para outros fins e outras exigências.

Econômico: para fornecer, com o mínimo de despesas, a quantidade de água necessária.

A. Projeto de abastecimento

Um projeto é constituido por três sistemas:

- Sistema de sucção

- Sistema de recalque

- Sistema de distribuição

O **sistema de sucção** necessariamente consta de uma tubulação de sucção e de uma válvula de pé. A água do manancial é aspirada pela bomba através da tubulação de sucção. O seu comprimento é medido pela distância compreendida entre a entrada da bomba e um ponto situado abaixo do nível dinâmico do manancial.

A válvula de pé, também conhecida por "sapo"ou "cebola", tem por função manter a tubulação de sucção, sempre cheia de água quando a bomba não estiver funcionando. Na mesma peça, existem crivos para impedir a entrada de material estranho no corpo da bomba (Figura 11).

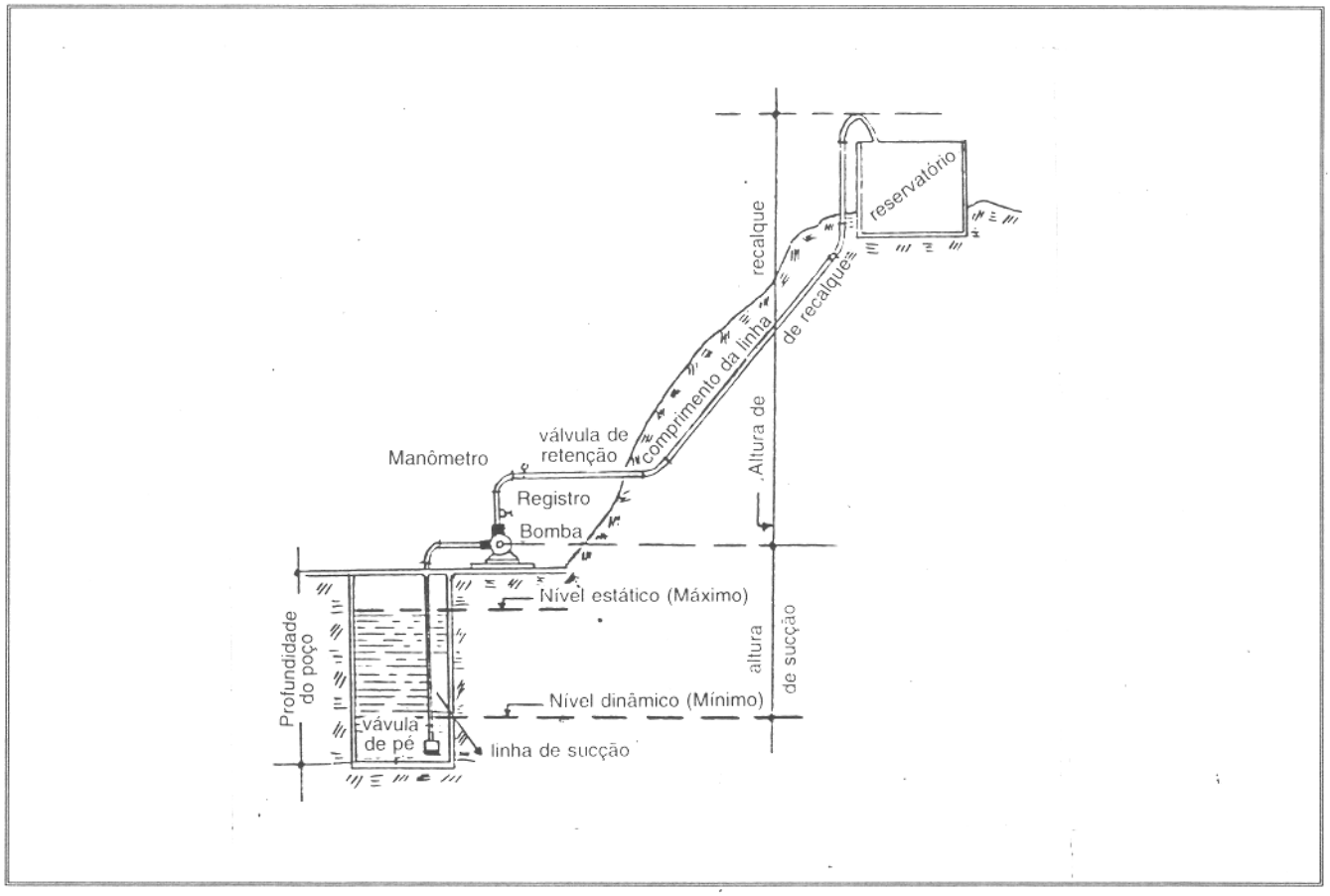


FIGURA 11- Esquema do sistema de sucção.

O **sistema de recalque** consta de um equipamento mecânico ou hidráulico e de uma linha de canos.

O equipamento é um conjunto de motor e bomba que pode ser movimentado por energia elétrica, a óleo diesel ou à gasolina.

O equipamento hidráulico é aquele em que a energia motora é gerada pela água do local, podendo ser uma roda d'água ou aríete.Em certas regiões, utiliza-se a energia do vento.

A linha de canos ou a tubulação de recalque transporta a água impelida pela bomba até a entrada da caixa d'água ou depósito, localizado na parte mais alta do terreno.

Um sistema de recalque, acionado por equipamentos mecânicos, necessita de manômetro de pressão, de válvula de retenção, de registro de gaveta e um quadro geral de comando.

O sistema de distribuição é formado por um conjunto de reservatórios e encanamentos com registros, boias, torneiras e bebedouros. O seu comprimento é a distancia que vai da saída da caixa até o último ponto de abastecimento.

B. Dados necessários

Na elaboração de um projeto, é indispensável a obtenção de alguns dados, que podem ser conseguidos no campo ou no escritório:

- Finalidade do abastecimento

- Água necessária (Quadro 2)

- Diferença de nível

- Comprimento da tubulação

- Diâmetro dos tubos

QUADRO 2- Consumo de água por dia

	litros/dia
homem	100 a 250
vaca estabulada	100 a 120
vaca em regime de pasto	70 a 80
cavalo	30 a 40
porco	5
carneiro	5
galinha	0,15 a 0,25

Antes do inicio da elaboração de um projeto, há interesse em se definir a **finalidade do abastecimento**, se para animais em regime de pasto ou estábulos, se para consumo humano ou para fins de limpeza.

O cálculo da água necessária é feito de acordo com as exigências do projeto, levando-se em conta o consumo por cabeça e o número de animais ou pessoas.

Entende-se por **diferença de nível** a distância vertical entre dois pontos situados em cotas diferentes.O desnível pode ser determinado por vários processos.O mais exato é do nivelamento e contra nivelamento, com auxílio do nível ótico de precisão, envolvendo cálculo de caderneta de levantamento.

Quando a inclinação do terreno for uniforme, a determinação poderá ser feita com bastante aproximação, com aparelho chamado clinômetro ou com o nível de borracha. Determinando a porcentagem de declive conhecendo a distancia entre os dois pontos, conclui-se facilmente qual é a diferença de nível.

Em mapas de levantamentos topográficos planialtimétricos ou de restituição de fotografias aéreas, obtém-se diretamente a diferença de nível entre dois pontos determinados.

Comprimento é a distância que separa dois pontos extremos de uma tubulação, e a sua determinação pode ser feita diretamente no campo ou em mapas.

O **diâmetro da linha de recalque** é escolhido, visando não sobrecarregar o motor. Conforme a vazão exigida, o tempo de operação, a distância, o desnível, pode-se determinar o diâmetro da tubulação de acordo com o material de fabricação, se de ferro fundido, ferro galvanizado, polietileno, etc.

O diâmetro dos tubos da linha de distribuição é determinado em relação à vazão, ao desnível e à distância.

A linha de sucção terá um diâmetro ligeiramente maior que o diâmetro da tubulação de recalque.A bomba funciona melhor quanto menor for a altura da sucção.

3.4 Cálculos

3.4.1 Cálculo da linha de recalque

Para o cálculo da linha de recalque, num projeto de abastecimento, necessitam-se dos seguintes dados:

- Diferença de nível

- Comprimento

- Quantidade de água necessária

Exemplificando:

Diferença de nível - 45 m

Comprimento - 620 m

Quantidade de água necessária para dar de beber a 250 cabeças(Quadro 2), tem-se:

250 x 80 = 20.000 litros

Como o tempo de operação foi pré-fixado em 2 horas por dia, a vazão será:

$$\frac{20.000}{2 \times 60} = 166 \text{ litros/minuto ou } 9.960 \text{ litros/hora}$$

Para escolher o diâmetro da tubulação, supondo ser ela de ferro,precisa-se trabalhar com os seguintes dados: vazão, diferença de nível e comprimento da linha de recalque.

Mediante o uso da Tabela 1, entra-se pela coluna de vazão em litros por minuto. Encontrando a vazão de 180 litros por minuto, que é mais próxima de 166, seguindo para a direita encontra-se a perda de carga de 5,5 metros, correspondente ao diâmetro de 2 polegadas.

TABELA 1 - Perdas de pressão em metros d'água para cada 100 metros de tubo de ferro

Vazão	Diâmetro													Vazão
	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	
l/min														l/min
10	3,20	0,85	0,27	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
15	6,80	1,70	0,55	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
20	12,00	2,90	0,90	0,47	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	20
25	19,00	4,50	1,50	0,65	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	25
30	(25,00)	6,00	2,00	0,85	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-	30
40	40,00	10,00	3,20	1,40	0,35	0,13	-	-	-	-	-	-	-	40
50	63,00	15,00	5,00	2,00	0,55	0,20	-	-	-	-	-	-	-	50
60	-	(22,00)	7,00	2,90	0,75	0,27	-	-	-	-	-	-	-	60
70	-	25,00	8,50	3,50	0,90	0,35	0,14	-	-	-	-	-	-	70
80	-	35,00	12,00	4,80	1,30	0,45	0,18	-	-	-	-	-	-	80
90	-	45,00	15,00	6,50	1,70	0,60	0,25	-	-	-	-	-	-	90
100	-	50,00	(17,00)	7,00	1,90	0,65	0,28	-	-	-	-	-	-	100
120	-	-	25,00	10,00	2,60	0,95	0,40	0,10	-	-	-	-	-	120
150	-	-	35,00	(15,00)	3,80	1,40	0,55	0,14	-	-	-	-	-	150
180	-	-	-	22,00	5,50	2,00	0,80	0,20	-	-	-	-	-	180
210	-	-	-	30,00	7,50	2,60	1,10	0,27	0,10	-	-	-	-	210
240	-	-	-	-	(10,50)	3,50	1,50	0,35	0,13	-	-	-	-	240
270	-	-	-	-	13,00	4,50	1,80	0,45	0,15	-	-	-	-	270
300	-	-	-	-	16,00	5,50	2,20	0,55	0,18	-	-	-	-	300
360	-	-	-	-	22,00	(7,50)	3,00	0,75	0,25	0,10	-	-	-	360
420	-	-	-	-	-	10,00	4,00	0,95	0,35	0,14	-	-	-	420
500	-	-	-	-	-	13,00	5,00	1,30	0,45	0,19	-	-	-	500
600	-	-	-	-	-	19,00	(7,50)	1,90	0,65	0,27	-	-	-	600
700	-	-	-	-	-	-	10,00	2,40	0,80	0,35	-	-	-	700
800	-	-	-	-	-	-	14,00	3,20	1,20	0,50	0,13	-	-	800
900	-	-	-	-	-	-	17,00	(4,00)	1,50	0,60	0,15	-	-	900
1000	-	-	-	-	-	-	-	4,50	1,70	0,70	0,18	-	-	1000
1200	-	-	-	-	-	-	-	6,50	2,30	1,00	0,25	-	-	1200
1400	-	-	-	-	-	-	-	9,00	3,00	1,30	0,32	0,11	-	1400
1600	-	-	-	-	-	-	-	11,00	(3,80)	1,50	0,40	0,13	-	1600
1800	-	-	-	-	-	-	-	-	5,00	2,00	0,50	0,18	-	1800
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	6,00	2,50	0,60	0,20	-	2000
2500	-	-	-	-	-	-	-	-	10,00	(4,00)	1,00	0,33	0,15	2500
3000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,50	1,50	0,50	0,20	3000
3500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,50	2,00	0,60	0,25	3500
4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(2,50)	0,80	0,33	4000
5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,50	1,30	0,50	5000
6000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,50	1,70	0,70	6000
7000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,90	-	7000
8000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,20	-	8000
9000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(1,60)	-	9000
10000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,90	-	10000
11000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,30	-	11000
12000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,70	-	12000
13000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,00	-	13000
14000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,50	-	14000

Os valores entreparenteses são as perdas máximas admissíveis em tubos de sucção

Essa perda de carga é referente a cada 100 metros de tubo de ferro.No comprimento total da linha será:

$$\frac{5,5 \ x \ 620,0}{100} = 34,10 \ m$$

Com esses dados, pode-se calcular a altura manométrica.

A altura manométrica é a soma de todas as perdas de carga e a diferença de nível. A altura manométrica total é representada por H.M.

H.M.=	perda de carga na linha	34,10 m
	sucção	3,00 m
	pressão na saída	4,00 m
	diferença de nível	45,00 m
	soma	86,10 m

TABELA 2 - Perdas de pressão em peças tubulares, somando à extensão da tubulação os seguintes comprimentos para cada peça

	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
Curva 45°	0,15	0,20	0,27	0,33	0,45	0,60	0,75	1,05
Curva 90°	0,40	0,50	0,75	0,90	1,20	1,50	2,00	2,80
Cotovelo	1,15	1,55	2,20	2,65	3,70	4,60	6,00	8,50

TABELA 3 - Perdas de pressão em peças válvulas Gate, T e válvula de retenção, somando à extensão da tubulação os seguintes comprimentos para cada peça

	5"	6"	8"	10"	12"
	m				
Válvula gate	1,40	1,75	2,50	3,25	4,15
Peça T	3,70	4,70	6,60	8,80	11,00
Válvula retenção	11,00	14,00	20,00	28,00	37,00

3.4.2 Cálculo do motor

Para o cálculo do motor, faz-se uso da Tabela 4, na qual entra-se pela coluna de altura manométrica, 86,10m (próximo de 90,00m) associada à vazão por hora de 9.960 litros (próximo de 11.800 litros) e, voltando para a esquerda, chega-se na coluna de potência C.V., onde é encontrado o número de cavalos do motor, 7 1/2 C.V., e, na outra coluna, o modelo da bomba, conforme o fabricante, neste caso é 75 JY 7- bomba de 7 estágios.

Pode-se, ainda, calcular a potência motor aplicando a fórmula:

$$H.P. = \frac{Vazão \ l/seg. \ x \ H.M. \ em \ metros}{75 \ x \ \% \ rendimento}$$

$$H.P. = \frac{2,8 \ x \ 86,10}{75 \ x \ 0,45} = 7,0 \ H.P.$$

O rendimento é variável de acordo com a fabricação. No exemplo, fixou-se em 45%.

TABELA 4 - Características da bomba.

Modelo da Bomba	CV	Altura manométrica total - (metros)																	Diâmetro cano	Altura máxima sem vazão (metros)
		14	18	22	26	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	115	130	Suc. Desc. (polegadas)	
		Vazão - (litros/hora)																		
1JV3	1	8,200	7,800	7,300	6,500	5,500	3,500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 ½ 1	41
1JV5	1	-	-	-	6,850	6,300	5,500	4,500	3,250	-	-	-	-	-	-	-	-	-		52
1,5JV3	1 ½	10,800	10,200	9,500	8,700	7,900	6,800	5,400	3,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 1 ¼	50
1,5JV5	1 ½	-	-	-	-	7,250	6,750	6,150	5,600	4,900	4,200	3,100	-	-	-	-	-	-	1 ½ 1	65
2JV3	2	13,000	12,600	11,900	11,100	10,200	7,800	6,900	4,600	1,800	-	-	-	-	-	-	-	-	2 1 ¼	52
3JV3	3	-	-	13,800	13,100	12,400	11,500	10,400	9,100	7,400	5,000	-	-	-	-	-	-	-		61
2JV5	2	-	-	-	-	-	8,400	7,650	7,100	6,450	-	5,000	2,800	-	-	-	-	-	1 ½ 1	75
3JV5	3	-	-	-	-	-	9,400	8,800	6,300	7,800	-	6,700	5,500	3,800	-	-	-	-	2 1 ¼	93
5JV5	5	-	-	-	-	-	14,800	14,200	13,400	12,800	-	11,200	9,600	7,800	5,600	-	-	-		102
5JV6	5	-	-	-	-	-	-	-	-	12,500	-	11,600	10,400	9,200	7,800	6,000	-	-		115
7,5JV7	7 ½	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,900	12,900	12,000	11,800	10,000	6,900	4,800		141

Quando as condições topográficas do terreno forem mais favoráveis e o plano de abastecimento de água for mais modesto ou para pequena exploração, o recalque da água poderá ser feito através de equipamentos hidráulicos, como aríete e a roda d'água.

A roda d'água serve para acionar uma bomba de pistão simples ou duplex, construída de ferro e que substitui o aríete com muita vantagem.

Enquanto o aríete somente recalca parte da mesma água com que é acionado, a roda d'água, acoplada a uma bomba, pode funcionar com água de um córrego e recalcar outra água limpa de nascente.

A Tabela 5 fornece a vazão necessária para movimentar a roda d'água e a altura de elevação da água para abastecimento.

A Tabela 6 dá a produção da roda d'água em litros por hora, de acordo com o passo do excêntrico da bomba, de acordo com o número de rotações da roda por minuto e de acordo com o tipo de bomba.

TABELA 5 - Água disponível para acionar a roda d'água

Vazão	Altura de Elevação Tipo da Bomba	
	P.M. 37	P.M. 44
l /seg.	m	m
1	15	-
2	30	20
3	40	30
4	55	40
5	65	50
6	75	60
7	85	65
8	90	70
9	95	75
10	100	80

TABELA 6 - Produção da roda d'água em litros por hora

Passo do Excêntrico	Rotação por minuto da roda hidráulica	Tipo da Bomba	
		P.M. 37	P.M. 44
cm		l /h	l /h
7	10	90	120
	15	135	180
	20	180	240
	25	225	300
	30	270	360
8	10	100	144
	15	150	216
	20	200	288
	25	250	360
	30	300	432
9	10	115	162
	15	172	243
	20	230	324
	25	287	405
	30	345	486
10	10	130	180
	15	190	270
	20	250	360
	25	320	450
	30	380	550

Esta tabela aplica-se a elevação de 20m. Para desnível superior descontar de produção 0,5% por metro excedente.

Quando o equipamento hidráulico para recalque da água for aríete, faz-se o estudo com auxílio das Tabelas 7 e 8. Nelas obtêm-se, respectivamente, o diâmetro dos tubos de recalque e adução, em função da vazão da nascente em litros por minuto; relação entre a altura(H) a que se quer elevar a água, e queda (h) necessária para acionar o aríete e o comprimento do tubo de adução(*l*) em metros.

TABELA 7 - Diâmetro dos tubos de adução e recalque em função da vazão da nascente (equipamento: aríete)

Vazão	Diâmetro tubo adução	Diâmetro tubo recalque
l /min	polegada	polegada
3 - 7	3/4	3/8
6 - 15	1	1/2
11 - 26	1 1/4	1/2
22 - 53	2	3/4
45 - 94	2 1/2	1

TABELA 8 - Relação entre a altura (H) a que se deve elevar a água e queda (h) necessária para acionar o aríete e o comprimento (l) do tubo de adução

Altura elevação H	Queda h	Comprimento tubo de adução l
m	m	m
6	1,0	9 a 12
9	1,2	9 a 12
12	1,6	12 a 15
15	2,1	12 a 15
18	2,4	18 a 22
24	3,2	18 a 22
30	4,0	24 a 30

A Tabela 9 dá a relação entre as alturas h:H e o rendimento do aríete

TABELA 9 - Relação entre as alturas h:H e o rendimento do aríete

Relação h:H	Rendimento
	%
1:2	70
1:3	57
1:4	47
1:5	40
1:6	38
1:7	36

4.3 Cálculo da linha de distribuição

A linha de distribuição de água é aquela que fica compreendida entre o reservatório e as instalações e bebedouros.

Há necessidade de conhecer:

- o comprimento
- a diferença de nível entre o reservatório e o ponto a ser abastecido
- quantidade de água

Com esses elementos e com o auxílio de tabelas, determina-se o diâmetro da linha de distribuição.

Exemplo:

- comprimento 980m
- diferença de nível 32m
- vazão . . . . . 30 litros/minuto

Com esses dados, quer se saber qual é o diâmetro da tubulação, fabricada com um determinado material.

Consultando a Tabela 10 de perda de carga para tubos de polietileno, tem-se:

Para um tubo de diâmetro de 1/2 polegada e vazão Q = 30 litros por minuto, verifica-se que essa vazão não existe na coluna Q da tabela 7, o que indica ser o diâmetro de 1/2 polegada insuficiente para transportar aquela quantidade de água.

TABELA 10 - Perdas de cargas para tubos de polietileno

Vazão	Diâmetro																		Vazão
	1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"		3"		4"		5"		
	J	V	J	V	J	V	J	V	J	V	J	V	J	V	J	V	J	V	
l /min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	l/min
3	0,90	23,08	-	-	-	-													3
4	1,55	30,77	-	-	-	-													4
5	2,35	38,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
6	3,20	46,15	0,70	21,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
7	4,25	53,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
8	5,40	61,54	1,20	28,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8
9	6,80	69,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
10	8,20	76,92	1,80	35,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10

Continuação da tabela 10

12	11,15	92,31	2,45	42,86	0,75	24,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12
Vazão	Diâmetro																		Vazão
	1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"		3"		4"		5"		
	J	V	J	V	J	V	J	V	J	V	J	V	J	V	J	V	J	V	
l /min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	m/mx100	m/min	l /min
14	14,15	107,69	3,20	50,00	0,88	28,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
16	19,70	123,08	4,10	57,14	1,10	32,65	0,38	21,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16
18	-	-	5,00	64,29	1,35	36,73	0,45	23,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
20	-	-	6,00	71,43	1,65	40,82	0,52	26,32	0,22	17,86	-	-	-	-	-	-	-	-	20
25	-	-	8,70	89,29	2,35	51,02	0,77	32,89	0,32	22,32	-	-	-	-	-	-	-	-	25
30	-	-	11,70	107,14	3,20	61,22	1,07	39,47	0,47	26,79	-	-	-	-	-	-	-	-	30
35	-	-	15,30	125,00	4,20	71,43	1,42	46,05	0,65	31,25	-	-	-	-	-	-	-	-	35
40	-	-	-	-	5,30	81,63	1,85	52,63	0,85	35,71	0,23	20,41	-	-	-	-	-	-	40
45	-	-	-	-	6,50	91,84	2,30	59,21	1,05	40,18	0,32	22,96	-	-	-	-	-	-	45
50	-	-	-	-	7,80	102,04	2,75	65,79	1,26	44,64	0,42	25,51	-	-	-	-	-	-	50
55	-	-	-	-	9,30	112,25	3,20	72,37	1,52	49,11	0,50	28,06	-	-	-	-	-	-	55
60	-	-	-	-	-	-	3,80	78,95	1,80	53,57	0,57	30,61	-	-	-	-	-	-	60
65	-	-	-	-	-	-	4,30	85,53	2,10	58,04	0,65	33,16	-	-	-	-	-	-	65
70	-	-	-	-	-	-	5,00	92,11	2,40	62,50	0,75	35,71	-	-	-	-	-	-	70
75	-	-	-	-	-	-	5,52	98,68	2,70	66,96	0,85	38,27	-	-	-	-	-	-	75
80	-	-	-	-	-	-	6,35	105,26	3,00	71,43	0,95	40,82	0,13	18,10	-	-	-	-	80
85	-	-	-	-	-	-	7,15	111,84	3,30	75,89	1,07	43,37	-	-	-	-	-	-	85
90	-	-	-	-	-	-	7,95	118,42	3,65	80,36	1,20	45,92	-	-	-	-	-	-	90
95	-	-	-	-	-	-	8,75	125,00	4,00	84,82	1,32	48,47	-	-	-	-	-	-	95
100	-	-	-	-	-	-	-	-	4,35	89,29	1,45	51,02	0,20	22,62	-	-	-	-	100
110	-	-	-	-	-	-	-	-	5,20	98,22	1,60	56,12	-	-	-	-	-	-	110
120	-	-	-	-	-	-	-	-	6,00	107,14	1,95	61,22	0,30	27,15	-	-	-	-	120
130	-	-	-	-	-	-	-	-	6,80	116,07	2,30	66,33	-	-	-	-	-	-	130
140	-	-	-	-	-	-	-	-	7,60	125,00	2,65	71,43	0,36	31,67	-	-	-	-	140
150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,97	76,53	-	-	-	-	-	-	150
160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,35	81,63	0,47	36,20	0,12	20,38	-	-	160
170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,70	86,73	-	-	-	-	-	-	170
180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,15	91,84	0,57	40,72	0,15	22,93	-	-	180
190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,60	96,94	-	-	-	-	-	-	190
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,00	102,04	0,69	45,25	0,18	25,48	-	-	200
210	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,45	107,14	-	-	-	-	-	-	210
220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,82	49,77	0,21	28,03	-	-	220
240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,95	54,30	0,24	30,57	-	-	240
260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,09	58,82	0,28	33,12	-	-	260
280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,23	63,35	0,32	35,67	-	-	280
300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,40	67,87	0,37	38,22	-	-	300
320	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,57	72,40	0,42	40,75	-	-	320
340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,75	76,92	0,47	43,31	-	-	340
360	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,95	81,45	0,52	45,86	-	-	360
380	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,15	85,97	0,57	48,41	-	-	380
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,37	90,50	0,63	50,96	-	-	400
440	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,84	99,55	0,76	56,05	-	-	440
480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,88	61,15	-	-	480
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,14	28,29	500
520	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	66,24	-	-	520
560	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,17	71,34	-	-	560
600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,30	76,43	0,19	33,96	600
640	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,46	81,53	-	-	640
680	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,63	86,62	-	-	680
700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25	39,62	700
720	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,80	91,72	-	-	720
760	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,00	96,82	-	-	760
800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	44,14	800
840	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,40	107,01	-	-	840
900	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,40	50,93	900
920	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,82	117,20	-	-	920
1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,48	56,59	1000
1100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,58	62,25	1100
1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,68	67,91	1200
1300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,78	73,57	1300
1400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,90	79,23	1400
1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,02	84,89	1500
1750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,33	99,04	1750
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,68	113,19	2000

Para um diâmetro maior, o de 3/4", na coluna Q de 30 litros por minuto, tem-se uma perda de carga de 11,70m para cada 100 metros de tubo.O comprimento da linha de distribuição, sendo 980 metros, a perda de carga é:

$$\frac{980 \times 11,70}{100} = 114,66 \textit{ metros}$$

Com a diferença de nível entre os dois pontos extremos da linha de distribuição, nesse exemplo, é de 32m; conclui-se que o diâmetro de 3/4" é também insuficiente para transportar 30 litros de água por minuto.

Para uma tubulação com diâmetro de 1 1/4 de polegada, tem-se, na tabela 10, na coluna Q correspondente, a vazão de 30 litros por minuto, a perda de carga é de 1,07 para cada 100 metros de tubo.A perda de carga na linha de distribuição é:

$$\frac{980 \times 1,07}{100} = 10,48 \textit{ metros}$$

Como a diferença de nível é de 32 metros, conclui-se que o diâmetro de 1 1/4 de polegada é mais que suficiente para o fim proposto e cuja velocidade da água no cano é de 39,47 metros por minuto.

Desejando maior economia, pode-se tentar utilizar o tubo de uma polegada de diâmetro.

Na coluna Q de vazão, igual a 30 litros por minuto, a perda de carga é de 3,20 para cada 100 metros de tubo.A perda de carga total na linha é de:

$$\frac{980 \times 3,20}{100} = 31,36 \textit{ metros}$$

Conclui-se com isso, que o tubo com diâmetro de uma polegada é suficiente para transportar 30 litros de água por minuto, porém estará trabalhando no seu limite máximo, não permitindo acrescentar qualquer curva ou conexão na linha de distribuição (Tabela 11).

TABELA 11- Perdas de carga para adaptadores e outras conexões*.

Diâmetro	Adaptadores	Outras conexões
	metros	metros
1/2"	3,355	1,525
3/4"	4,575	2,135
1"	6,100	3,050
1 1/4"	8,235	3,965
1 1/2"	10,375	4,880
2"	13,420	6,100
3"	18,910	8,845
4"	27,450	12,505
6"	42,700	18,910

Para calcular a perda de carga total da tubulação, adicionar para cada 10 conexões, o número de metros indicado na coluna respectiva,* ***Adaptadores ou Outras Conexões**, ao comprimento da tubulação.*

4 IRRIGAÇÃO

A irrigação vem tomando maior incremento no Estado de São Paulo por se constituir num fator capaz de promover o aumento de produtividade de algumas das culturas.

Para que apresente resultados compensadores, é preciso escolher o método mais adequado e, dentro desse método, o melhor sistema aconselhado para cada tipo de cultura e de solo.

4.1 Métodos de irrigação

De acordo com o volume de água disponível, com a cultura e área a serem irrigadas e com o tipo de solo, os métodos de irrigação podem ser assim classificados:

- por submersão
- por infiltração
- por subirrigação
- por aspersão
- localizada

4.1.1 Irrigação por submersão

O método de **irrigação por submersão**, também chamado de **inundação**, é aquele no qual a aplicação da água é feita diretamente na superfície do terreno. A água cobre o terreno, formando um lençol líquido estacionado, ou que se desliza lentamente, dispondo de tempo suficiente para penetrar no solo.

Nesse método, é previsto um sistema de drenagem, a fim de retirar do terreno irrigado a água em excesso, sem contudo provocar a erosão.

Quando a vazão de um córrego for grande, esse método é interessante porque poderá ser aplicado em áreas extensas.É relativamente de fácil execução, econômico e de resultados seguros.

A irrigação por submersão poderá ser feita através de vários sistemas:

a) sistema de escorrimento ou transbordamento
b) sistema de faixas
c) sistema de tabuleiros
d) sistema de bacias

A) **Sistema de escorrimento ou transbordamento:** consiste em inundar o terreno com água corrente, proveniente de pequenos canais locados quase em nível (0,5%). Esses canais são alimentados com água que verte de um canal mestre, situado na parte mais alta do terreno a ser irrigado. Os pequenos canais são distanciados um do outro de 15 a 45 metros e, neles, são feitas aberturas a determinadas distâncias, por onde a água passa e se espalha pela superfície do terreno (Figura 12).

Esses canais são adaptados para terrenos de topografia irregular com pequena declividade, mas com depressões e elevações; são adequados para onde não se necessite fazer economia de água e onde semeiam-se as culturas a lanço.

É um sistema bom para os primeiros anos de irrigação, quando não se dispuser de tempo suficiente para preparar todo o terreno para aplicação de outro sistema. Funciona relativamente bem,podendo em certos casos substituir a irrigação por aspersão que é mais dispendiosa. Contudo, apresenta muito desperdício de água, usa consideráve! mão-de-obra na condução da água para as partes mais altas, havendo ainda necessidade de prevenção contra o encharcamento das partes mais baixas.

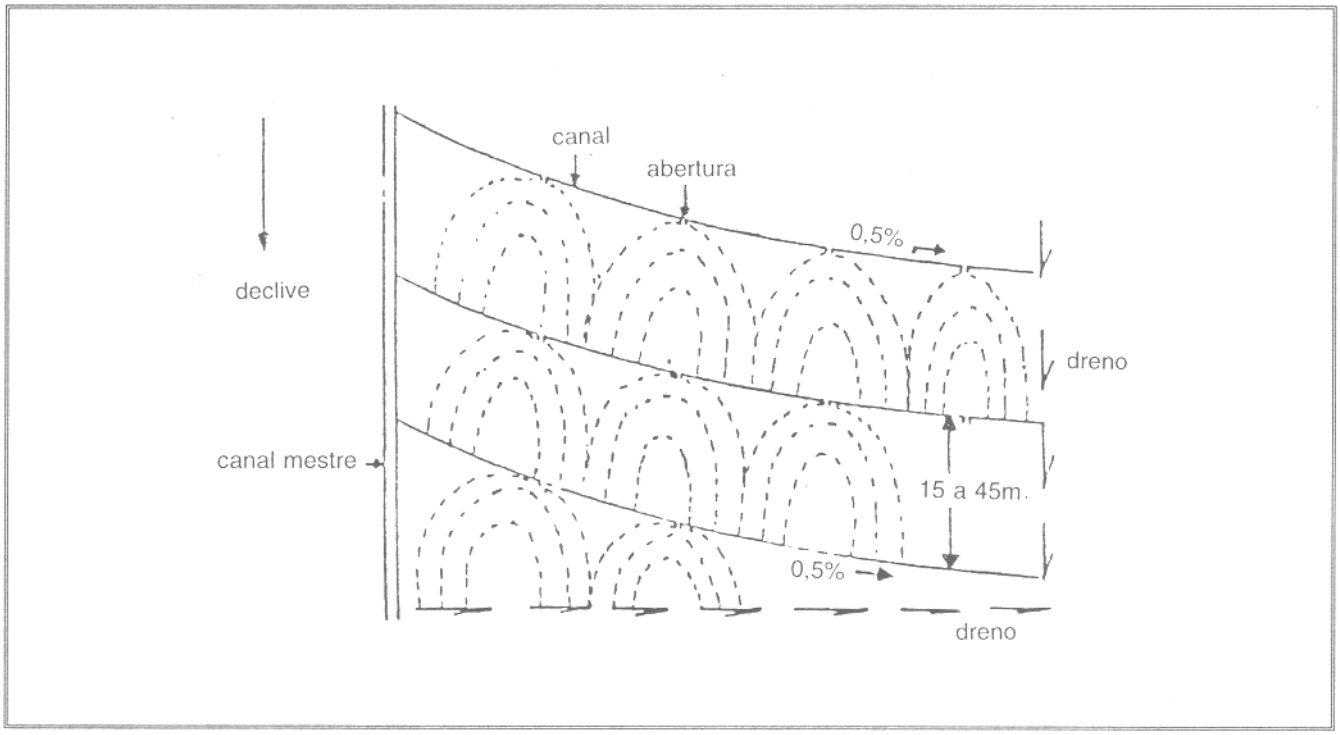


FIGURA 12- Sistema de escorrimento.

B) **Sistema de faixas**: é o sistema de faixas mais perfeito que o anteriormente descrito, exigindo, porém, um terreno uniforme, em nível num sentido e com queda no outro sentido(Figura 13).

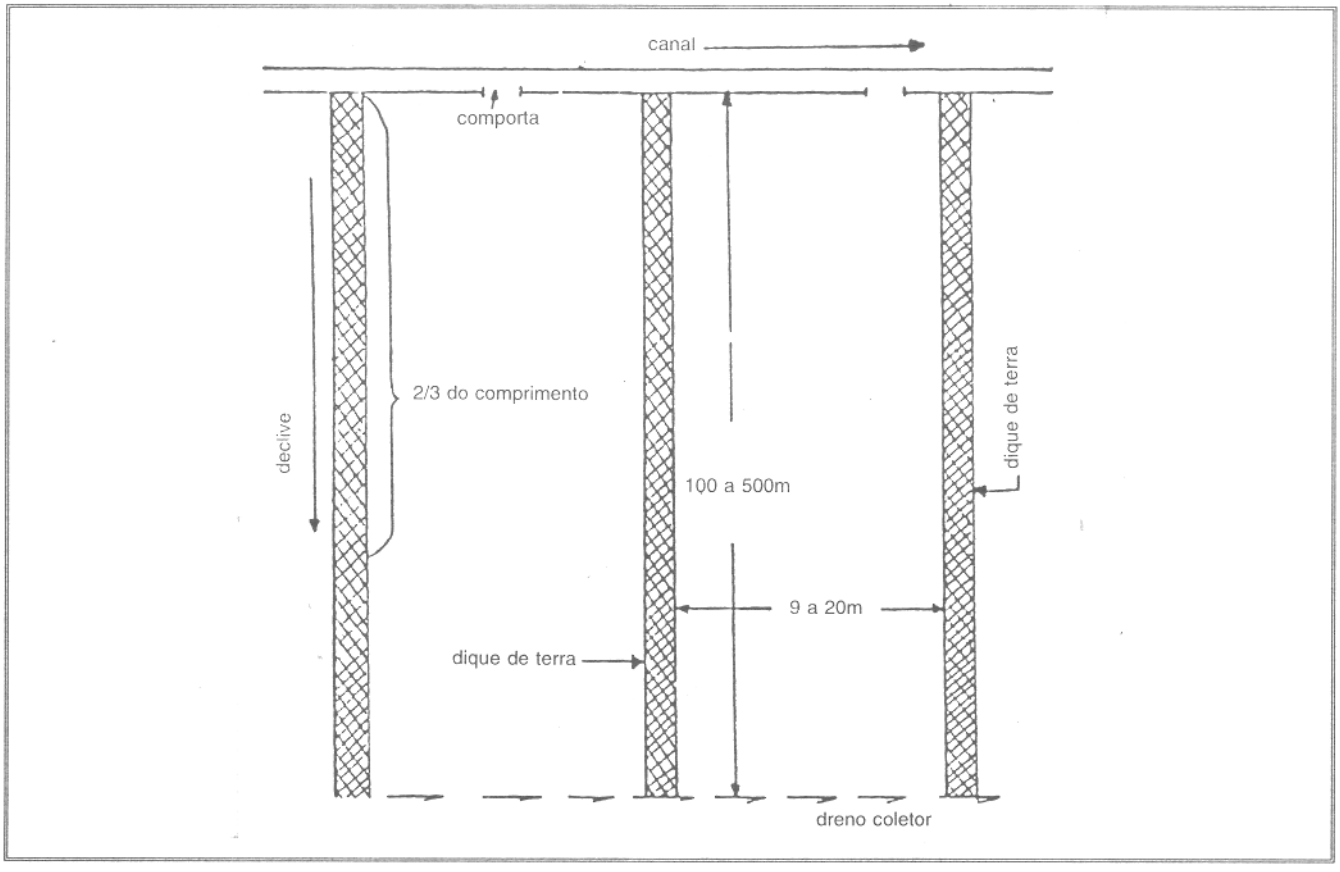


FIGURA 13- Sistema de faixas.

Esse sistema consiste em dividir o terreno em faixas que vão de 9 a 20 metros de largura e comprimento variável de 100 a 500 metros. As faixas, sempre que possível, deverão ter a forma retangular. Essas faixas são limitadas lateralmente por pequenos diques de terra. Na parte superior, passa o canal alimentador, munido de comportas, por onde entra a água em cada faixa.

A água, entrando pela comporta, invade o terreno, deslizando lentamente em forma de lençol líquido, até atingir o extremo inferior da faixa, onde existe um dreno coletor que recolhe o excesso de água.

Na prática, a comporta é fechada quando o lençol de água atinge 2/3 do comprimento da faixa, pois a água ainda em movimento atinge a parte final do terreno, umedecendo-o.

O tamanho das faixas é ajustado de acordo com a vazão disponível da fonte d'água, exigindo muita água e bom preparo do terreno.

C) Sistema de tabuleiros: o sistema de tabuleiros é usado na irrigação do arroz; e consiste na divisão do terreno, em compartimentos, de fundo plano com pequeno declive.A água entra nos tabuleiros e cobre o terreno com um lençol d'água mais ou menos espesso, que é retido pelos diques de terra que formam o compartimento.

Esse sistema é usado para terrenos de várzea plana, de preferência argilosa. Há grande perda de água por evaporação e do excesso na sua aplicação.Quando a várzea é formada por solo arenoso, é preciso fazer tabuleiros menores, para evitar maior consumo de água, devido à perda por percolação.

A área do tabuleiro depende: da conformação topográfica e tipo de solo, podendo ter até 2,5ha. Não deve ser exageradamente grande, pois a formação de ondas, pelo vento, pode prejudicar as culturas.

A largura do tabuleiro é limitada pela altura máxima do lençol d'água. Os diques que contornam os tabuleiros têm geralmente 2 a 2,5m de base e 0,25 a 0,30m de altura. Os taludes devem ter uma inclinação de 4:1, para permitir a passagem de máquinas de tabuleiro para outro. São construídos nos dois sentidos em relação ao declive longitudinal e transversalmente (Figura 14).

Na construção dos diques transversais, tanto o superior quanto o inferior, a distância vertical entre eles deve ser de 0,06 a 0,12 metros.

Se o desnível entre dois diques for de 0,10m e a lâmina d'água, na parte mais alta do fundo do tabuleiro for de 0,05m, conseqüentemente a lâmina d'água, na parte mais baixa do tabuleiro terá a espessura de 0,15m. Esses são os valores mais recomendados para a cultura de arroz irrigado.

Os diques que delimitam a área a ser irrigada devem ter as dimensões ampliadas e a construção mais reforçada.

Quanto ao modo de alimentação, os tabuleiros podem ser dispostos em:

- série
- paralelo

Nos tabuleiros em série, o canal principal está situado na parte mais alta dos tabuleiros superiores e, na parte mais baixa dos tabuleiros inferiores passa uma vala de drenagem (Figura 14).

A água entre os tabuleiros produz o alagamento e passa de um para outro através de comportas, que não devem ficar situadas na mesma linha, evitando a formação de correntes que provocam erosão. A água passa de um tabuleiro para os demais em forma de "chicana" e, no final, o excedente é recolhido pelo dreno coletor, situado na parte mais baixa dos últimos tabuleiros. Quando se usa a alimentação em série, há mais economia de água (Figura 14).

Na alimentação dos tabuleiros em paralelo, o canal principal é construído, quase em nível, na parte mais alta do terreno.

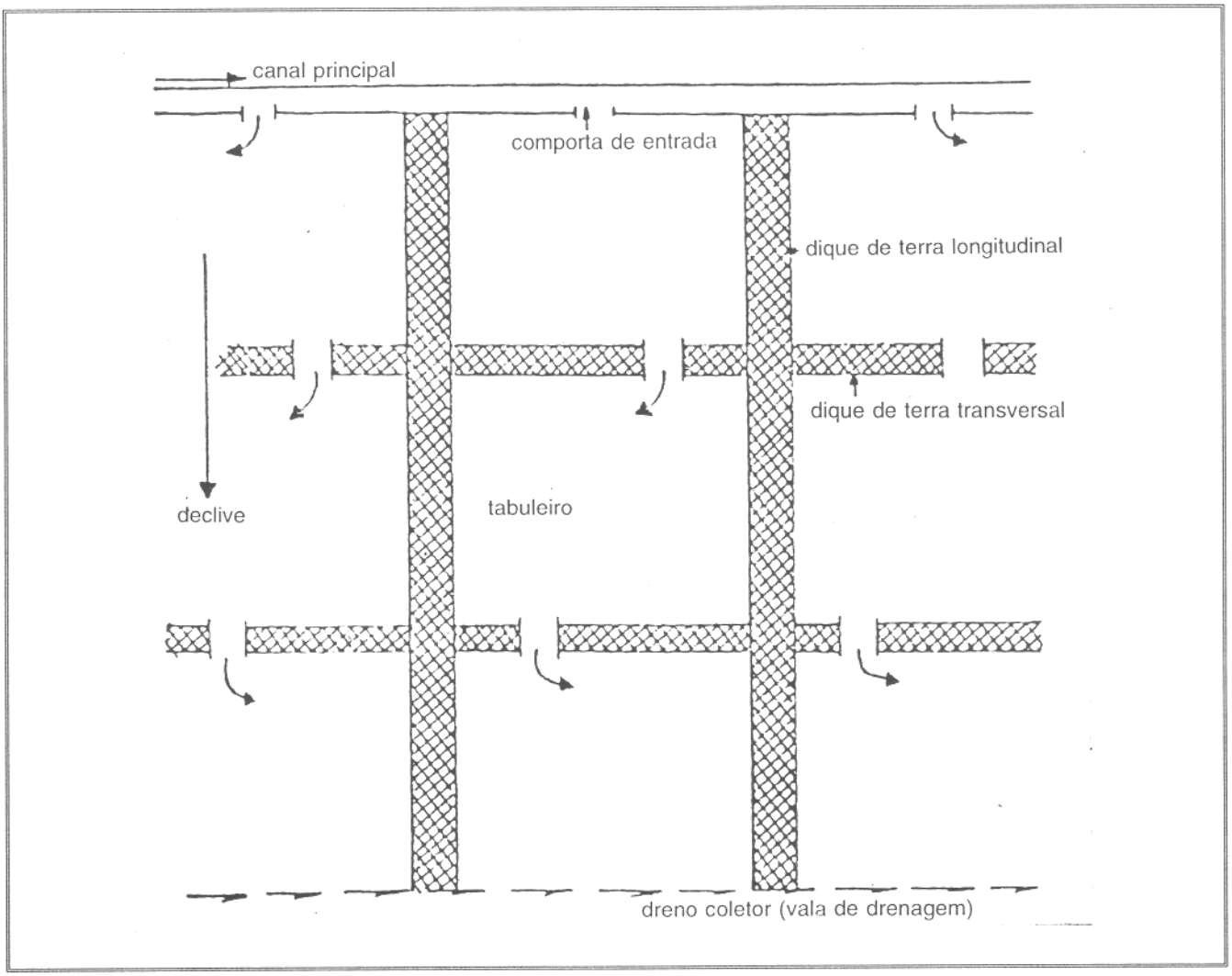


FIGURA 14- Sistema de tabuleiros em série.

Do canal principal, tiram-se os canais alimentadores que seguem a direção geral do declive. Em cada tabuleiro existe uma entrada de água que parte do canal alimentador (Figura 15).

A necessidade de água para irrigação por submersão é da ordem de 2,5 litros por segundo e por hectare. A alimentação em paralelo consome mais água, porque não passa de um tabuleiro para outro. Uma vez umedecido o terreno, o excesso de água vai diretamente para o dreno coletor.

Quanto ao modo de conduzir a irrigação, a inundação dos tabuleiros pode ser contínua e intermitente.

É contínua quando a água de irrigação permanece sobre o terreno por vários dias, até quando houver necessidade de enxugo. Serve somente para culturas de plantas semi-aquáticas.

É intermitente quando o lençol d'água permanece no tabuleiro apenas para umedecer o terreno, sendo retirada logo em seguida. Nesse caso, a irrigação é feita com mais freqüência.

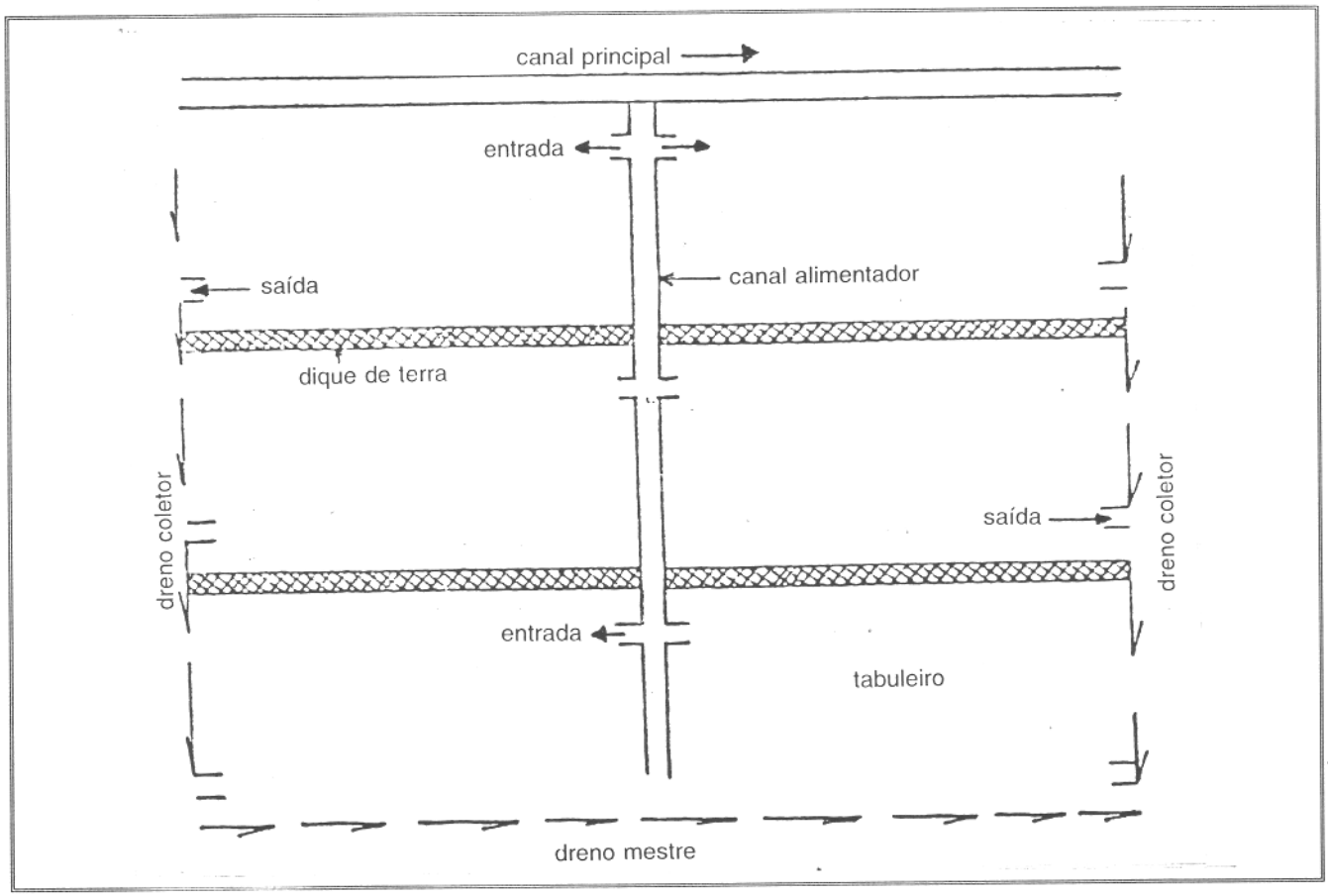


FIGURA 15 - Sistema de tabuleiros em paralelo.

D) **Sistema de bacias:** é o sistema de tabuleiros adaptados para irrigação de pomares.

Ao redor de cada planta é construído um pequeno tabuleiro (bacia), fechado por diques de terra, lembrando sempre de deixar uma porção de terra junto ao tronco da árvore, evitando que a água atinja diretamente a planta.

A distribuição de água às bacias é feita individualmente. Consta em se locar um canal principal na parte mais alta do terreno; deste saem os canais alimentadores, fazendo com que cada um distribua a água a duas linhas de plantas, uma de cada lado (Figura 16).

Para solos arenosos, esse sistema permite melhor distribuição de água. Serve para solos de baixa permeabilidade, porque a água permanece sem sair até que seja absorvida.

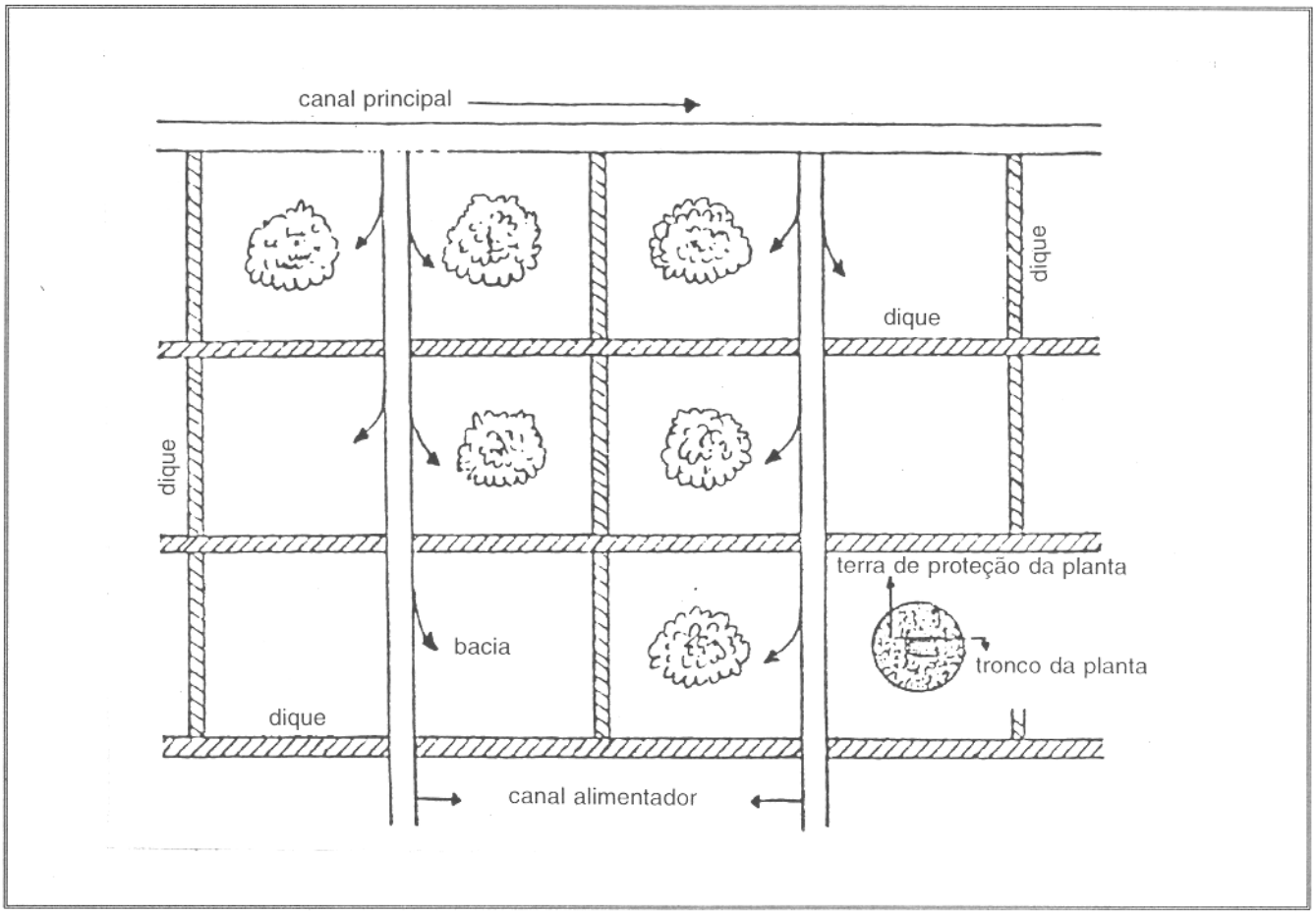


FIGURA 16 - Sistema de bacias.

4.1.2 Irrigação por infiltração

O **método de irrigação por infiltração** é aquele em que apenas parte do terreno é molhado. A água caminha lentamente por capilaridade, completando, assim, o umedecimento do solo.

Quando se tem uma pequena fonte de água para irrigação, esse método pode ser usado devido à necessidade de economia de água. É usado quando as culturas são feitas em linha, adaptando muito bem em terrenos com grandes variações de declividade ou de queda uniforme com pequena declividade.

A irrigação por infiltração pode ser feita por dois sistemas:

- sulcos
- leivas ou canteiros

A) **Sistema de sulcos:** é o mais comum para as culturas em linha, como, por exemplo, a cana, batatinha, árvores frutíferas, plantas hortícolas, etc.

Nesse sistema, a água é aplicada ao solo por meio de sulcos, onde é feita a plantação, ou ao lado das linhas de plantas. O umedecimento produzido por um sulco caminha lateralmente através do solo até encontrar o umedecimento produzido pelo sulco vizinho.

Nos sulcos de irrigação, a declividade pode variar de 1 a 3%, dependendo da natureza do solo. Quando o terreno é muito permeável, deve-se dar maior declividade aos sulcos para que a água possa fluir satisfatoriamente.

O comprimento do sulco também é em função do tipo do solo, sendo maior em solo argiloso e menor em solo arenoso. Pode variar de 90 a 150m. Em um terreno muito permeável, onde a infiltração é muito grande, haverá um excesso de água no início do sulco, enquanto que no outro extremo haverá deficiência. Para corrigir esse defeito da irrigação, costuma-se diminuir o comprimento dos sulcos, dar-lhe maior declividade e usar maior fluxo de água (Figura 17).

Quando o terreno é argiloso os sulcos devem ter comprimento máximo; declividade menor e o fluxo de água também menor para facilitar a infiltração da água no solo.

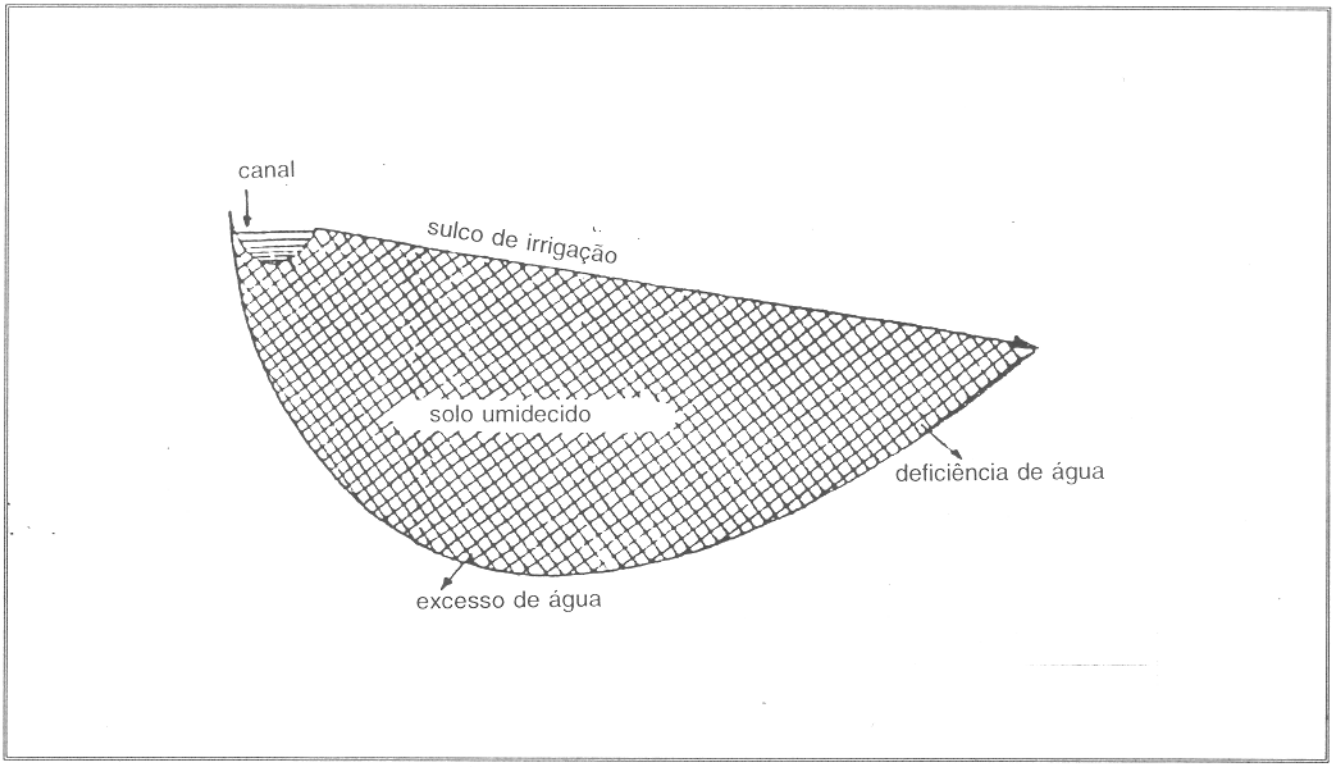


FIGURA 17- Distribuição da água no sistema de sulcos.

Esse sistema apresenta, quando não bem-estruturado, um grande inconveniente que é a erosão.

Como esse sistema é usado para culturas plantadas em linha, o espaçamento entre os sulcos dependerá do espaçamento das plantas. Geralmente, os sulcos distanciam de 0,50m a 1,00m. No caso de plantações com grande espaçamento (laranja, por exemplo), fazem-se dois ou três sulcos, entre as plantas. No início da plantação, quando as plantas ainda não tiverem o seu sistema radicular formado, basta usar os sulcos que estão próximos das raízes.

A profundidade dos sulcos recomendada varia de 0,20 a 0,30m para as plantas de raízes profundas, e 0,10 a 0,15m para as plantas de raízes superficiais.

A distribuição dos canais e sulcos de irrigação deve ser planejada sobre uma planta planialtimétrica do terreno. O canal mestre passará na parte mais alta da área a irrigar e sua declividade varia de 0,5 a 1% (Figura 18).

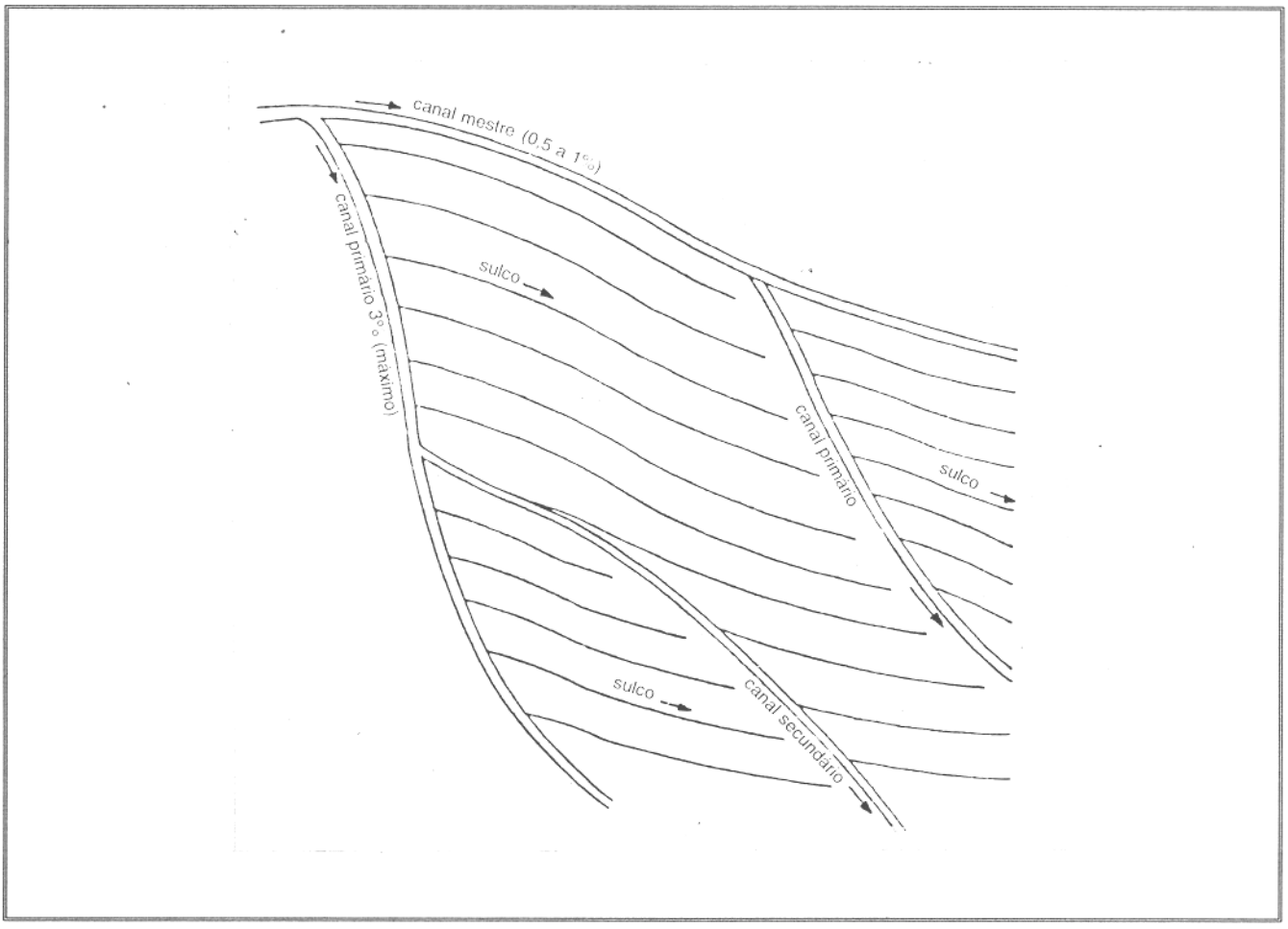


FIGURA 18 - Sistemas de sulcos.

Do canal mestre saem canais primários, com declividade máxima de 3%.

Quando os canais primários são muito distanciados um do outro, dificultando a distribuição de água, deriva-se um outro canal distribuidor (canal secundário).

A derivação da água dos canais primário ou secundário, para os sulcos, é geralmente feita com auxílio da enxada, retirando ou colocando terra, para permitir ou impedir a passagem da água. Outros meios podem ser usados, como instalação de comportas, manilhas, calhas, tubos, sifões, etc.

B) **Sistema de leivas ou canteiros:** esse sistema consiste na modificação do sistema de irrigação por sulcos. É aplicado para culturas hortícolas quando plantadas em terreno plano.

O terreno, deve ser preparado levantando-o em forma de leivas, o que pode ser feito com arado e depois acertar os canteiros com o auxílio da enxada (Figura 19).

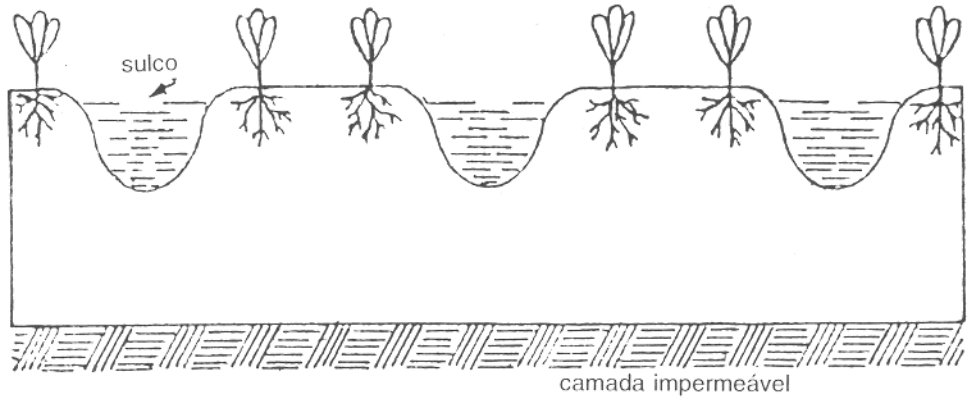


FIGURA 19 - Sistema de leivas.

Comumente, nesses canteiros são feitas duas linhas de plantas. A água é conservada no espaço entre os canteiros e chega até a raiz das plantas por capilaridade.

A vantagem é de não haver endurecimento da parte superior do solo.

4.1.3 Irrigação por subirrigação

É caracterizada pela aplicação de água sob a superfície do solo. É adotada quando um solo permeável se assenta sobre uma camada impermeável, situada a uma profundidade de 0,50m ou pouco mais, e, além dessa condição exigida, o terreno deve possuir topografia uniforme e declividade moderada. A água aplicada acumula-se sobre a camada impermeável e sobe até a zona das raízes (Figura 20).

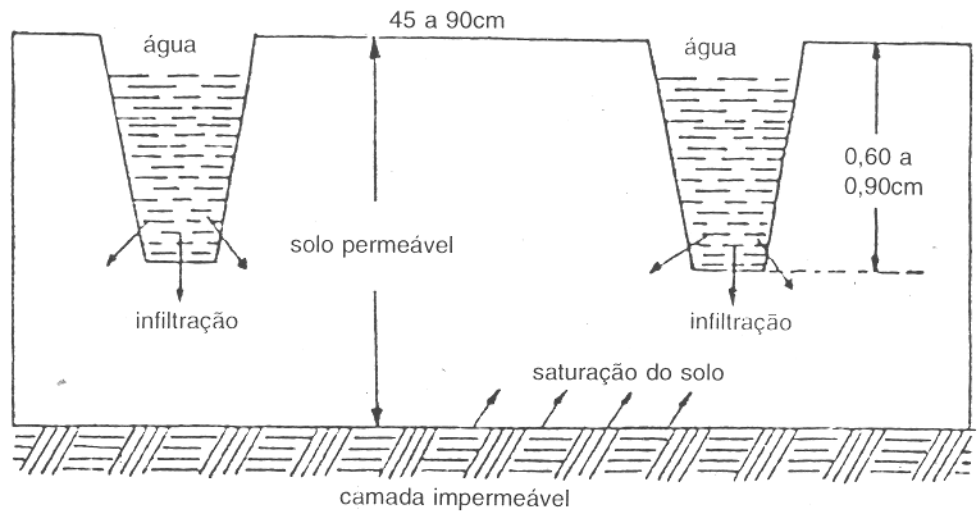


FIGURA 20 - Sistema de subirrigação natural.

A subirrigação pode ser feita por dois sistemas: natural e artificial.

A **subirrigação natural** é o sistema no qual a água é conduzida em canais cuja profundidade varia de 0,60 a 0,90m e a largura, na parte mais profunda, não deve ser inferior a 0,30m, sendo espaçados um do outro de 0,45m a 0,90m. A água vai-se acumulando sobre a camada impermeável até atingir a zona das raízes.

Esse é um sistema que consome grande volume d'água, sendo portanto muito grande o perigo de encharcamento do terreno cultivado.

A **subirrigação artificial** é o sistema no qual a água é conduzida através de canos perfurados, instalados sob a superfície do solo, devendo permanecer fechada a extremidade final, ajusante, propiciando o umedecimento do terreno, pelo extravasamento da água pelos furos. Esse sistema pode ser usado na drenagem, da mesma área, bastando interromper a entrada de água na canalização e abrir a extremidade final, para deixar o encanamento, que é perfurado. Deve-se recolher o excesso de água, drenando o solo (Figura 22).

O assentamento da linha de tubos deve ser feito com pequeno desnível, no sentido da entrada da água para a extremidade de saída, na qual está instalado um registro (Figuras 21 e 22).

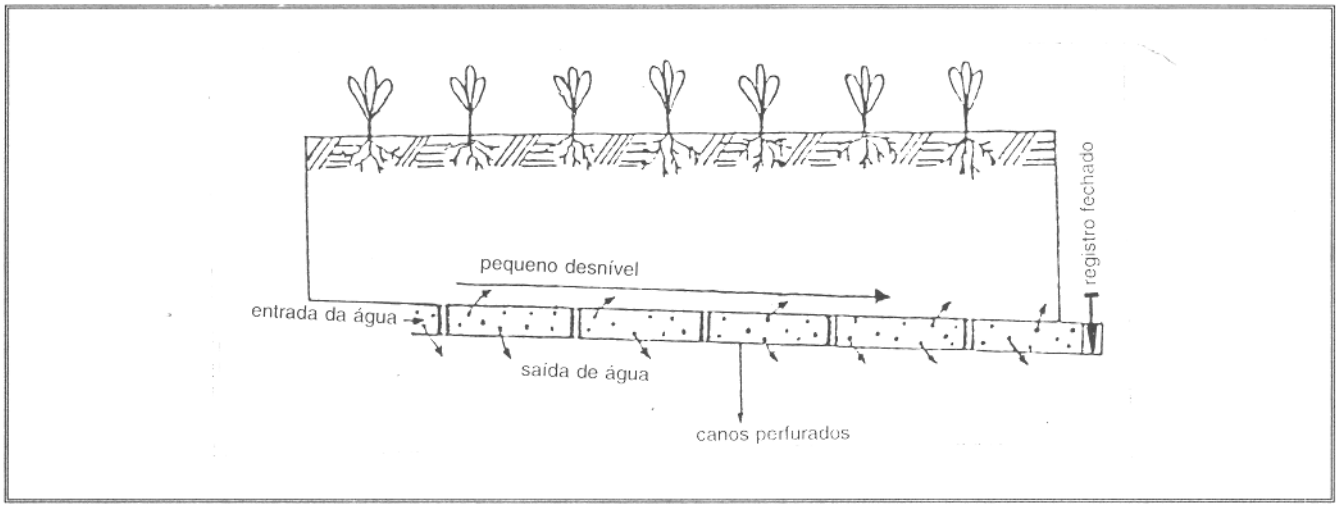


FIGURA 21 - Sistema de subirrigação artificial(quando irrigado).

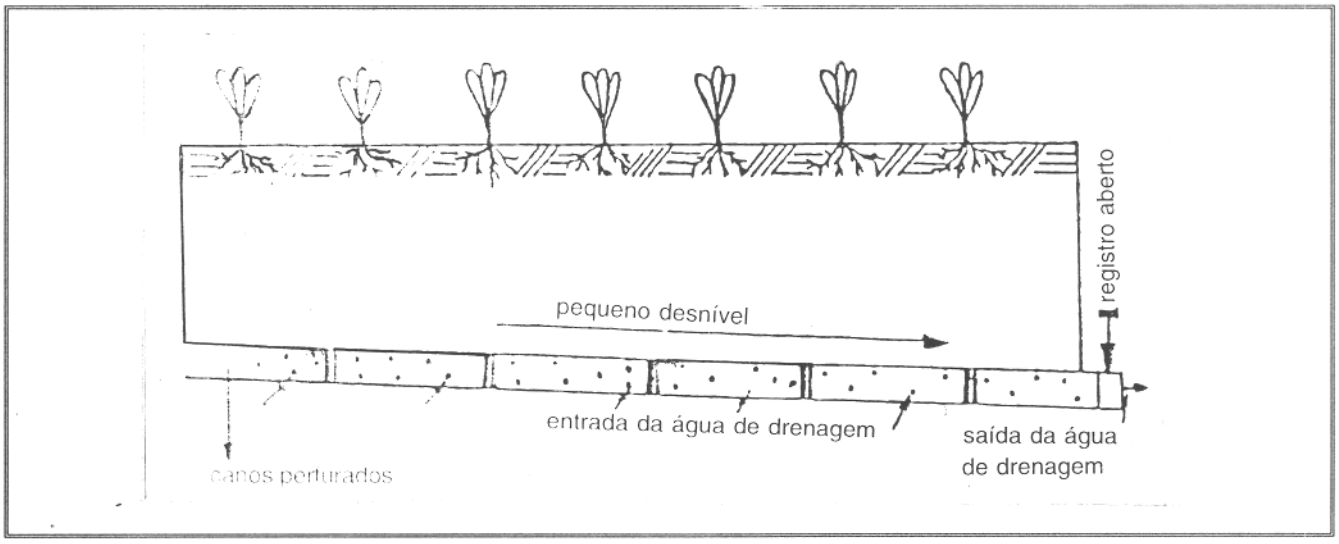


FIGURA 22 - Sistema de subirrigação artificial(quando drenado)

Apesar de ser um sistema que serve para irrigar ou drenar um terreno, é dispendioso, sendo viável somente para pequenas áreas, além de outros inconvenientes, como a deslocação do tubo de sua posição normal e obstrução dos tubos, devido à invasão de raízes através dos furos da tubulação.

Em regiões onde a água de irrigação ou subsolo contém grandes quantidades de sais, a prática da subirrigação pode salinizar o solo, tornando-o improdutivo, devido ao afluxo de sais das camadas inferiores.

4.1.4 Irrigação por aspersão

O método de irrigação por aspersão é o que mais se assemelha com a chuva, por que a água é aplicada ao solo por cima.

Com a água aplicada dessa forma, as folhas das plantas são lavadas criando ao redor das mesmas um ambiente úmido que diminui a transpiração.

É um método que não exige preparo algum do terreno. Pode ser aplicado em terreno de topografia irregular e mesmo acidentado, ou em terreno de alta permeabilidade, que dificulta o emprego de outros métodos.

A água é conduzida sob pressão em tubulação especial e distribuída sobre o terreno por meio de aspersores, necessitando do auxílio de motores e bombas.

A irrigação por aspersão é aconselhada para culturas de alto valor econômico e quando a fonte de água disponível for pequena. É o metodo que apresenta maior eficiência na aplicação da água.

O equipamento de irrigação por aspersão está mais aperfeiçoado, devido ao emprego de tubos fabricados com materiais leves: alumínio, plástico, aço e luvas de acoplamento rápido.

O metodo de irrigação por aspersão possui vários sistemas:

- Móvel ou Portátil
- Semifixo
- Fixo ou Permanente
- Autopropelido
- Pivô Central

O **sistema é movel** quando o equipamento é completamente removível de um lado para outro, para abranger toda a gleba planejada.Tanto a linha principal como a lateral tem seus aspersores ligados por meio de acoplamento rápido.

A sua instalação é feita totalmente sobre a superfície do terreno.

O **sistema semifixo** usa o equipamento de irrigação que tem uma parte fixa, enterrada ou não, e outra parte móvel, que geralmente é a linha lateral e os aspersores.

O **sistema fixo** é aquele em que o equipamento de irrigação na sua totalidade fica assentado em local definitivo. Pode ser enterrado ou não. Quando é enterrado, as luvas de união, tanto da linha principal como da linha lateral e dos aspersores, devem ser fixas.

Para esse sistema, o equipamento pode ser construído com materiais de diversas qualidades, dispensando, portanto, a condição de ser leve.

Um equipamento de irrigação, quanto ao modo de aspergir a água, pode ser por aspersores e tubos perfurados.

Quando o sistema é dotado de aspersores, estes podem ser instalados diretamente sobre a linha lateral ou na extremidade da haste, que pode ser curta, média ou longa.

Quando a irrigação é por meio de tubos perfurados, a aspersão da água é feita através de pequenos orifícios abertos na linha lateral.

De acordo com a pressão com que funciona, o sistema de irrigação pode ser de alta pressão e de baixa pressão.

É de **alta pressão** quando os aspersores trabalham acima de 40 libras por polegada quadrada.

É de **baixa pressão** quando os aspersores trabalham abaixo de 15 libras por polegada quadrada. Está enquadrado nessa classificação o sistema de irrigação através de canos perfurados.

Sistema autopropelido: esse sistema consta de um conjunto motobomba, uma tubulação fixa, uma tubulação flexível (mangueira) e um aspersor tipo canhão, que é montado sobre carreta quatro-rodas.

A carreta que sustenta o aspersor é ancorada em um ponto do terreno, por meio de um cabo de aço, que é recolhido lentamente por uma turbina, situado na base do aspersor, que funciona com a própria pressão da água de irrigação.

O conjunto motobomba é fixo e instalado junto ao manancial. A parte da tubulação fixa é enterrada, deixando registros com hidrantes em pontos pré-estabelecidos no terreno.

A tubulação flexível, que é uma mangueira para alta pressão, tem uma extremidade acoplada ao hidrante e a outra base do canhão hidráulico, que está montado sobre a carreta.

A mangueira é disposta sobre a superfície, de modo que fique dobrada na metade do seu comprimento. Essa disposição permite que o canhão autopropelido, quando em funcionamento, vá distendendo a mangueira até o seu comprimento total. Nesse ponto o conjunto é desligado automaticamente.

Esse sistema é empregado para grandes áreas e exige topografia suave e uniforme e os talhões e carreadores planejados de acordo com o alcance do aspersor.

Sistema pivô central totalmente automatizado, com capacidade de irrigar até 140ha.

É indicado para áreas planas e levemente onduladas, operando em baixa, média e alta pressão, de acordo com a capacidade de infiltração da água no solo, podendo ser acionado por motor elétrico ou diesel (há necessidade de um gerador de eletricidade para acionar o motor-redutor das rodas das torres).

4.1.5 Irrigação localizada

A irrigação localizada é a de melhor eficiência, além de ser totalmente automatizada, sendo mais indicada para culturas perenes, pois não atrapalha os tratos culturais, diminuindo as perdas por percolação e evaporação, com um melhor aproveitamento dos adubos através da fertirrigação.

Gotejamento: o gotejador trabalha com pressão de 10m.c.a (metros de coluna de água), com vazão que pode variar de 1 a 4 litros de água por hora, mas requer uma perfeita manutenção dos filtros, pois qualquer partícula pode entupir o gotejador.

Microaspersão: a microaspersão trabalha com pressões de 10 a 20 metros de coluna de água e com vazões aoima de 70 litros de água por hora e são facilmente desmontáveis caso haja qualquer problema.

Vantagens da irrigação localizada:

- não necessita de muita mão-de-obra;
- os condutores são flexíveis, facilitando a instalação;
- assegura uma distribuição uniforme de fertilizantes;
- a zona das raízes permanece molhada;
- há maior economia da água;
- o espaço entre as linhas e plantas permanece seco reduzindo o desenvolvimento de ervas daninhas;
- não provoca erosão.

5 BARRAGEM DE TERRA

5.1 Finalidade

Ao se pretender construir uma barragem, é preciso definir qual a sua finalidade: armazenamento de água para fins de abastecimento; elevação da água até uma cota, que facilite a sua tomada para gerar energia, irrigação ou abastecimento; embelezamento; criação de peixes; regularização das enchentes, etc.

Por mais simples e modesta que seja, a construção não deve atender somente a um fim único. Convém tirar da construção o máximo aproveitamento, a fim de torná-la mais econômica. Quando a finalidade principal é o abastecimento de água, pode-se aproveitá-la conjuntamente como motivo paisagístico, para criação de peixes ou mesmo contra incêndios, em reflorestamento, desde que devidamente bem- localizada.

5.2 Escolha do local

A escolha do local para a construção de uma barragem é importante e devem ser muito bem estudadas a situação topográfica, a facilidade de construção, a melhor qualidade do terreno, onde assentará a obra e a proximidade de bom material a ser empregado na construção, etc.

5.3 Projeto

A) Determinação de dados

Na elaboração de um projeto para construção de barragens, há necessidade da determinação dos seguintes dados:

- vazão do córrego no seu regime normal;
- área da bacia hidrográfica;
- descarga máxima do córrego;
- levantamento do perfil do eixo da barragem.

A vazão do córrego que vai ser represado pode ser determinada por vários métodos: método direto; do vertedouro ou do flutuador.

A área da bacia hidrográfica pode ser conhecida por meio de levantamentos topográficos ou pela fotografia aérea, bastando, para esse caso, a demarcação do espigão-divisor na fotografia, por meio da estereoscopia, e posteriormente a determinação da área com o uso do planímetro.

Em casos excepcionais, a área da bacia hidrográfica pode ser feita, empiricamente, por estimativas.

A descarga máxima de um córrego é a sua vazão máxima após uma precipitação pluviométrica considerada de maior intensidade na região. A vazão pode ser determinada pela fórmula:

$$Q = \frac{A \times h}{t}$$

Onde:
Q = vazão em metros cúbicos por segundo
A = área da bacia hidrográfica em metro quadrado
h = altura da precipitação em metros
t = tempo de escoamento da enxurrada em segundos

Há necessidade do levantamento do perfil nivelado no local do eixo da barragem. Esse nívelamento pode ser feito de várias maneiras, e uma delas é a seguinte: uma vez determinada a posição do eixo, cravam-se duas estacas, uma em cada extremo, situadas na mesma cota, que correspondem à altura máxima do aterro, tomando a precaução para que essa cota coincida sempre com números inteiros de metros.

Depois de determinada a altura da barragem, o nivelamento do perfil é feito de metro em metro ou de dois em dois metros de distância vertical, partindo do córrego para as margens.

Em cada um desses pontos é cravada uma estaca. A distância horizontal entre as estacas é medida diretamente com a trena (Figura 23).

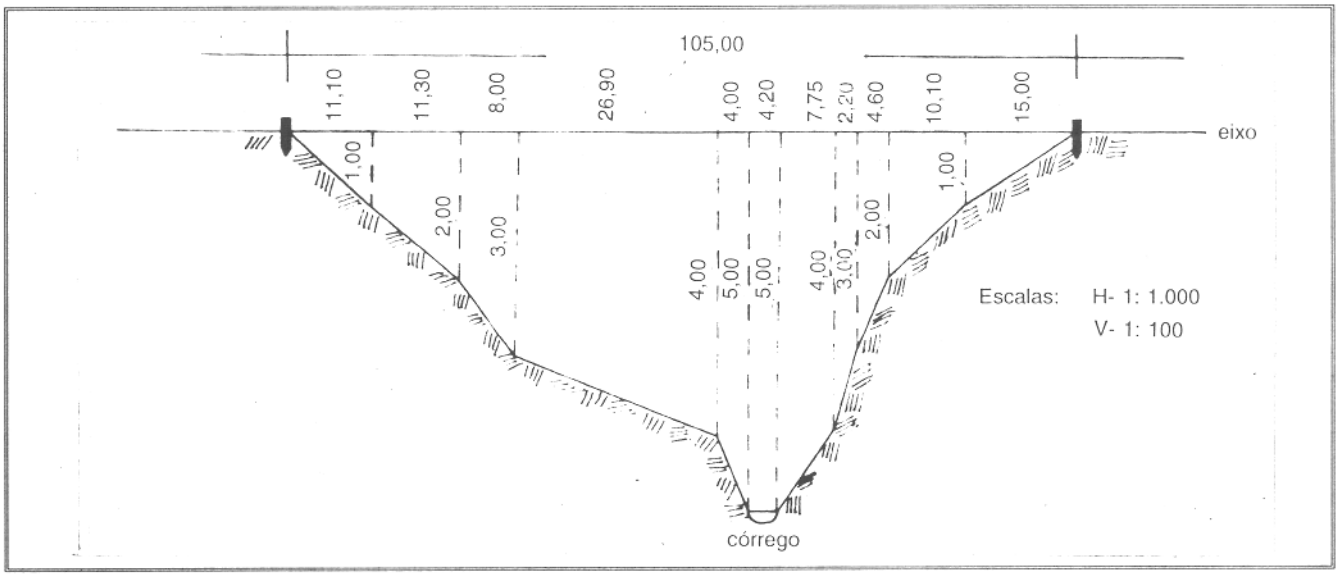


FIGURA 23 - Nivelamento do perfil da barragem.

B) Cálculos

Um projeto de barragem envolve os cálculos de:

- volume de terra
- volume de água
- extravasor

Partindo dos dados obtidos pelo perfil nivelado do eixo da barragem, o cálculo do volume de terra é fácil desde que se organize uma folha para cálculos, conforme o Quadro 3.

O cálculo do volume de água represada por uma barragem é feito com o auxílio de uma planta topográfica, planialtimétrica, cotada de metro em metro.

Na planta do levantamento determina-se o local exato do eixo, cujas extremidades alcançam uma cota pré-estabelecida que é a altura da barragem.

QUADRO 3 - Folha de cálculo do volume de terra de uma barragem

FOLHA DE CÁLCULO
LARGURA DA CRISTA - 6,00m (NÚCLEO)
ALTURA MÁXIMA - 5,00m
INCLINAÇÃO DOS TALUDES: MONTANTE 3:1 -
: JUSANTE 2:1 -

NÚCLEO

DISTÂNCIA x ALTURA MÉDIA =	ÁREA
11,10 x 0,50 =	5,55
11,30 x 1,50 =	16,95
8,00 x 2,50 =	20,00
26,90 x 3,50 =	94,15
4,00 X 4,50 =	18,00
4,20 X 5,00 =	21,00
7,55 X 4,50 =	33,97
2,20 X 3,50 =	7,70
4,60 X 2,50 =	11,50
10,10 X 1,50 =	15,15
15,00 X 0,50 =	7,50
SOMA	251,47

251,47 X 6,00 = 1.508,82 m^3

MONTANTE 3:1

DISTÂNCIA X ALTURA MÉDIA X AFASTAMENTO MÉDIO =	VOLUME
11,10 X 0,50 X 1,50 =	8,32
11,30 X 1,50 X 4,50 =	76,27
8,00 X 2,50 X 7,50 =	150,00
26,90 X 3,50 X 10,50 =	988,57
4,00 X 4,50 X 13,50 =	243,00
4,20 X 5,00 X 15,00 =	315,00
7,55 X 4,50 X 13,50 =	458,66
2,20 X 3,50 X 10,50 =	80,85
4,60 X 2,50 X 7,50 =	86,25
10,10 X 1,50 X 4,50 =	68,17
15,00 X 0,50 X 1,50 =	11,25
SOMA	2.486,34

2.486,34 : 2 = 1.243,17 m^3

JUSANTE 2:1

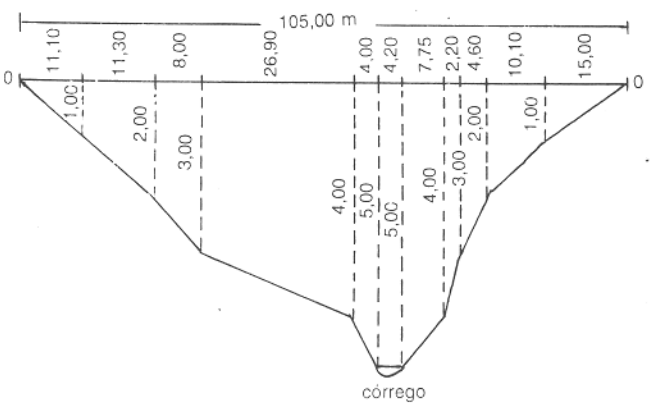
DISTÂNCIA X ALTURA MÉDIA X AFASTAMENTO MÉDIO =	VOLUME
11,10 X 0,50 X 1,00 =	5,50
11,30 X 1,50 X 3,00 =	50,85
8,00 X 2,50 X 5,00 =	100,00
26,90 X 3,50 X 7,00 =	659,05
4,00 X 4,50 X 9,00 =	162,00
4,20 X 5,00 X 10,00 =	210,00
7,55 X 4,50 X 9,00 =	305,77
2,20 X 3,50 X 7,00 =	53,90
4,60 X 2,50 X 5,00 =	57,50
10,10 X 1,50 X 3,00 =	45,45
15,00 X 0,50 X 1,00 =	7,50
SOMA	1.657,52

1.657,52 : 2 = 828,76 m^3

- ÁREA DE PROJEÇÃO DO ATERRO (SAIA) 1.458,43 m^2
- ESPESSURA DA LIMPEZA X 0,20
  291,68 m^3
- VALA DE FUNDAÇÃO

comprimento	105,00 m
largura	4,00 m
profundidade média	1,00 m

- VOLUME DA FUNDAÇÃO 105,00 X 4,00 x 1,00 = 420,00 m^3



- VOLUME DE TERRA -

NÚCLEO	1,508,82 m^3
MONTANTE	1,243,17 m^3
JUSANTE	828,76 m^3
FUNDAÇÃO	420,00 m^3
PROJEÇÃO DO ATERRO (SAIA)	291,68 m^3
SOMA	4.292,43 m^3
COMPACTAÇÃO 40%	1.716,97 m^3
TOTAL	6.009,40 m^3

PERFIL DO EIXO DA BARRAGEM - ESCALAS: H - 1:1.000; V - 1:100

ORGANIZADO PELO ENG.º AGR.º KLAUSSNER BERTINI - COT - CATI

A linha d'água assinalada na planta (Figura 24), sempre que possível, deve ficar um metro abaixo da crista do aterro.

Partindo da linha de nível, de cota mais baixa, neste caso a cota é 100, acham-se as áreas delimitadas pelas linhas com o auxílio do planímetro.

O volume parcial de água é obtido pela multiplicação da altura entre duas curvas de nível consecutivas, pela semi-soma das suas áreas respectivas. O volume total, em metros cúbicos, é determinado pela soma dos volumes parciais.

No cálculo do extravasor ou ladrão de uma barragem, é preciso considerar a vazão ou descarga máxima do córrego após uma precipitação excessiva.

Aplicando a fórmula de LESBROS, determina-se o tamanho da soleira do extravasor.

$$L = \frac{Q}{0{,}35H\ \sqrt{2gH}}$$

Onde:

L = soleira em metros
H = altura da lâmina d'água em metros
Q = vazão em metros cúbicos por segundo

Para facilidade dos cálculos, pode-se organizar uma tabela para cálculo da soleira do extravasor (Tabela 12).

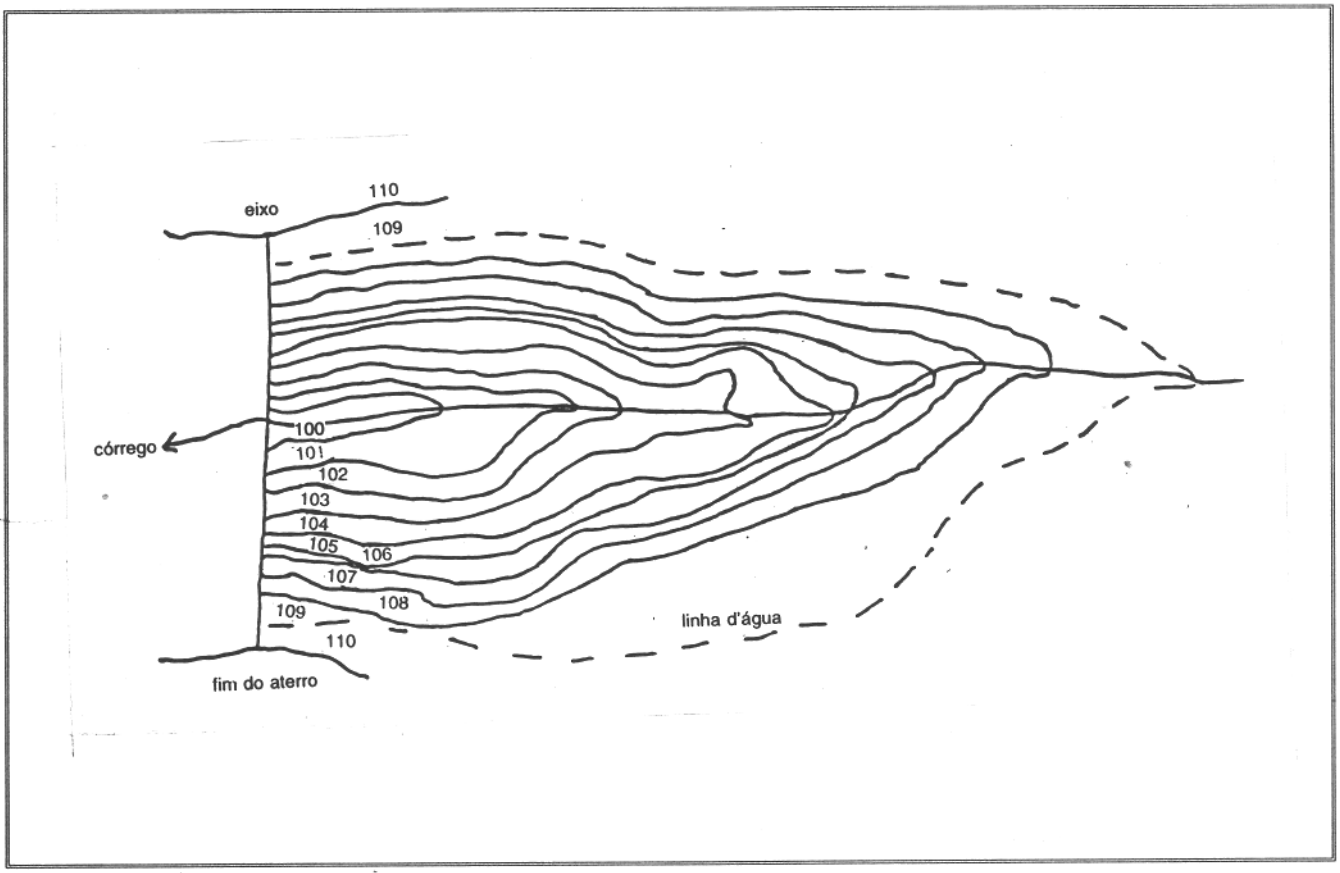


FIGURA 24 - Planta do levantamento da linha d'água para cálculo do volume de água da barragem.

TABELA 12 - Tabela para cálculo da soleira do extravasor pela fórmula de LESBROS.

Q	H	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
0,10	-	0,72	0,39	0,26	0,18	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-
0,20	-	1,44	0,78	0,51	0,36	0,28	0,22	-	-	-	-	-	-	-
0,30	-	2,17	1,18	0,77	0,55	0,41	0,33	0,27	-	-	-	-	-	-
0,40	-	2,89	1,57	1,04	0,73	0,55	0,44	0,36	0,30	-	-	-	-	-
0,50	-	3,61	1,96	1,28	0,91	0,69	0,55	0,45	0,38	0,32	-	-	-	-
1,00	-	7,22	3,93	2,55	1,82	1,39	1,10	0,90	0,76	0,64	0,46	-	-	-
2,00	-	-	7,86	5,10	3,64	2,78	2,20	1,80	1,52	1,28	0,92	0,70	-	-
3,00	-	-	11,79	7,65	5,47	4,17	3,31	2,70	2,27	1,93	1,40	1,05	0,84	0,68
4,00	-	-	-	10,21	7,30	5,56	4,41	3,61	3,02	2,58	1,85	1,40	1,11	0,91
5,00	-	-	-	12,76	9,12	6,94	5,51	4,51	3,78	3,22	2,31	1,76	1,39	1,14
6,00	-	-	-	-	10,95	8,33	6,61	5,41	4,54	3,87	2,77	2,11	1,67	1,37
7,00	-	-	-	-	12,77	9,72	7,72	6,31	5,29	4,52	3,23	2,46	1,95	1,60
8,00	-	-	-	-	14,50	11,11	8,81	7,22	6,05	5,16	3,70	2,91	2,23	1,82
9,00	-	-	-	-	-	12,50	9,92	8,12	6,80	5,81	4,16	3,16	2,56	2,05
10,00	-	-	-	-	-	13,90	11,02	9,02	7,56	6,45	4,62	3,51	2,79	2,28
15,00	-	-	-	-	-	-	16,53	13,53	11,34	9,68	6,93	5,27	4,18	3,42
20,00	-	-	-	-	-	-	-	18,04	15,12	12,90	9,24	7,03	5,58	4,56
25,00	-	-	-	-	-	-	-	-	18,90	16,13	11,55	8,78	6,97	5,70

$$L = \frac{Q}{0{,}35H\sqrt{2gH}}$$

Onde:

L= soleira em metros

H= altura da lâmina d'água em metros

Q= vazão em m3/segundo

C) Construção

Feita a demarcação do eixo e das projeções dos taludes, pode-se iniciar a construção da barragem, realizando os passos a seguir descritos: limpeza do terreno, fundação ou alicerce; limpeza do terreno na projeção do aterro; limpeza para caixa de empréstimo, transporte e compactação de terra, construção do extravasor e proteção da obra.

• Limpeza do terreno

Todo o terreno ocupado, tanto pela barragem quanto pela formação do açude, deve ser limpo de todo material resultante da roçada e derrubada de plantas situadas na área.

• Fundação ou alicerce

A fundação ou alicerce nada mais é que uma vala de mais ou menos 4 metros de largura por uma profundidade que atinja o subsolo firme e isento de material drenante.

A fundação deve abranger o comprimento total do aterro.

• Limpeza do terreno na projeção do aterro

A área onde se assentará a barragem deve ter a sua limpeza executada com relativos cuidados, como o da remoção de todo material orgânico resultante da deposição de plantas decompostas ou não.

• Limpeza para a caixa de empréstimo

Para a retirada do material a ser empregado na construção, é necessário remover a parte vegetal do solo. Não é tecnicamente indicado iniciar a construção de uma barragem, colocando material de má qualidade, como é o solo arável, na parte de maior responsabilidade da obra.

• Transporte e compactação da terra

O transporte da terra para a construção deve ser feito por máquinas adequadas a esse tipo de obra, permitindo a atribuição em camadas não superiores a 0,20m de espessura.

A uniformização na distribuição da terra facilita a sua compactação, com a própria máquina transportadora ou com auxílio do pé de carneiro.

Por ocasião do transporte, a terra deve ter um teor de umidade que propicie uma boa compactação.

• Construção do extravasor

Terminado o aterro, inicia-se imediatamente a abertura do alicerce para a construção do extravasor. De preferência, a construção deve ser de concreto ou alvenaria de tijolos, revestidos com argamassa de cimento e areia.

Quando a crista da barragem for utilizada como estrada de ligação entre os lados do açude, o extravasor será construído de modo que a sua parte superior seja carroçável, utilizando ponte de concreto ou de madeira.

A água que extravasa pelo ladrão não pode fluir por canais desprotegidos. É recomendado construir o canal de fuga também em concreto ou alvenaria.

O canal de fuga tem um desnível bem-acentuado. Compreende a distância que vai da saída do ladrão até o leito antigo do córrego represado.

• Proteção da obra

Terminada a construção da barragem, há necessidade de se protegerem os taludes com o plantio de grama e com a construção de quebra ondas; e a proteção da crista, drenando as águas pluviais sempre para o lado de montante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATHANASSOF, N. **Manual do criador de bovinos**, 2ª ed. Edições Melhoramentos, São Paulo, 1944, 764p.

BARRETO, G. B. **Irrigação: Princípios, métodos e prática**. Campinas, Instituto Agronômico, 1966, 147p.

BARROS, S. B. M. **O projeto não pode falhar**. Rev.Casa Agricultura, Ano 5, nº. 6, Nov/dez. 1983, CATI.

BARROS, S. B. M. **Irrigação Artificial**. Rev. Balde Branco, Ano XXI, nº. 257, março/86.

BERTINI, K. **Manejo da água** Boletim Técnico nº. 94, 3ª edição, CATI, Campinas, 1979.

CAMARGO,José Benedicto. **Irrigação**. Piracicaba, Tipografia Jornal de Piracicaba, 1948, 146p.

CARNEIRO, ORLANDO. **Construções Rurais**, 6ª ed. São Paulo, Empresa Gráfica Carioca S/A. 1961, 703p.

MAYER, RUY. **A técnica de regadio**, Lisboa, Gráfica Lisboense, 1945,345p.

PARSAHALL, R.L. **Measuring in irrigation channells**. Washington, D.C. 1932, Revista em 1941. U.S. Department of Agriculture nº 1683,30p.

DRENAGEM DE VÁRZEAS

Fernando Mendes Kroll [1]

1 INTRODUÇÃO

Consideram-se como várzeas solos aluviais e /ou hidromórficos, quase planos, geralmente com fertilidade elevada, facilmente irrigáveis, inundados temporariamente ou não, apresentando muitas vezes pH baixo e elevado teor de alumínio, além da umidade excessiva, necessitando de drenagem e calagem adequada.

O seu aproveitamento racional é a melhor opção para a grande maioria dos proprietários de terra com várzeas, pois, além de valorizarem a propriedade agrícola, oferecem condições de aumento da produtividade, permitindo obter até três culturas anuais por unidade de área.

2 POTENCIALIDADE DE VÁRZEAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

De acordo com levantamento efetuado pela Seção de Fotointerpretação do Instituto Agronômico de Campinas, somente no Estado de São Paulo existem 844.322 hectares de várzeas (Quadro 1).

Desse total é obvio que grande parte delas necessita de obras de saneamento, compreendendo dragagem, retificação de cursos de água e /ou construção de diques de proteção contra enchentes.

QUADRO 1- Área de várzeas cadastradas (acima de 20 hectares).

Zona hidrográfica	Bacia hidrográfica	Área de várzeas(ha)
Araçatuba	Alto Rio Paraná, bacia do baixo Rio Tietê, bacia do Rio São José dos Dourados e bacia do baixo Rio Grande	46.279
Ribeirão Preto	Médio Rio Grande, bacia do Rio Turvo, bacia do Rio Pardo e bacia do Rio Sapucaí	109.621
Mogi Guaçu	Bacia do Rio Mogi Guaçu	82.607
Presidente Prudente	Médio Rio Paraná, bacia do baixo Rio Paranapanema, bacia do Rio do Peixe e bacia do Rio Aguapeí ou Feio	114.598
Bauru	Médio Rio Tietê, bacia do Rio Jacaré Guaçu e bacia do Rio Jacaré Pepira	50.900
São Paulo	Bacia do alto Rio Tietê e bacia do Rio Piracicaba	89.478
Avaré	Alto Rio Paranapanema, bacia do Rio Pardo e bacia do Rio Itararé	59.797
Registro	Litoral Sul e bacia do Rio Ribeira	213.386
Taubaté	Litoral Norte, bacia do Rio Paraíba e bacia do Rio Sapucaí	77.656
Total		844.322

Engº Agrº - SAA/CATI/DEXTRU

Há, porém, inúmeras várzeas com fertilidade elevada, facilmente irrigáveis, livres de problemas de enchentes, necessitando de drenagem adequada para escoar o excesso de umidade.

Outras, pelas condições favoráveis de topografia, textura, estrutura e água abundante, favorecem a implantação de projetos de sistematização, com um mínino movimento de terra.

O agricultor que mostrar interesse em aproveitar as terras de várzeas deverá sempre solicitar a elaboração de um projeto técnico de uma equipe especializada em drenagem e irrigação.

3 ELABORAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

Para o técnico elaborar um projeto eficiente, necessita de que todos os dados e informações estejam ordenados e representados em mapas, perfis,orçamentos de investimento e custeio, acompanhados de um cronograma de utilização da terra e capacidade de pagamento.

O técnico responsável deverá então inspecionar a propriedade para verificar as possibilidades técnicas e econômicas para o seu aproveitamento obtendo as informações a seguir discriminadas.

3.1 Informações e orientações técnicas ao nível da propriedade.

Para a elaboração do projeto, o técnico deverá levantar os seguintes dados:

- nome do proprietário, residência e telefone;
- nome da propriedade, bairro e INCRA;
- área total da propriedade;
- mapa de uso atual da propriedade e da várzea;
- área aproximada da(s) várzea(s), e culturas implantadas e a implantar;
- problemas de enchentes, verificando as causas;
- experiência do agricultor em cultivo na várzea;
- máquinas e implementos existentes na propriedade e orientações sobre possíveis adptações para o cultivo na várzea;
- mão-de-obra disponível;
- planta topográfica quando houver ou fotografia aérea mostrando detalhes dos acidentes do terreno, corregos ou rios, estradas de ferro ou de rodagem, represas, etc., com vistas à sua melhor orientação;
- produtos químicos utilizados ou a utilizar;
- cartório de registro de imóveis e número do registro, para satisfazerem as exigências do DEPRN (Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais).

O técnico deverá orientar o agricultor sobre os custos médios de investimento e custeio e sobre o crédito rural,condições de pagamento, carência, juros, amortizações, etc. E informá-lo sobre quais empresas de mecanização implantam as obras de engenharia projetada e o preço cobrado por metro cúbico de terra escavada ou removida.

3.2 Observações sobre inspeção a várzeas

Deverão ser anotadas informações a respeito do sistema de abastecimento de água na propriedade, bem como um estudo sobre o solo.

Abastecimento de água -Deverão ser verificadas as condições das águas superficiais, subtetrâneas e as águas das chuvas.

Águas superficiais - rios, quedas, mananciais, açudes ou represas. Anotar:

- qualidade de água- observar e, se necessário, coletar amostras para analisar o grau de poluição;
- determinação da vazão- procurar o lugar adequado, preferencialmente na época mais seca do ano;
- abastecimento de água- verificar a possibilidade de construção da represa ou açude, a fim de armazenamento e captação de água;
- observar se a vazão não será prejudicada por grandes projetos de irrigação a montante;
- observar e orientar sobre o recalque da água dos rios para abastecimento através de motores elétricos, diesel, gasogênico ou biogás.

Águas subterrâneas - devem ser verificadas:

- capacidade e recarga do aqüífero
- viabilidade de exploração.

Águas de chuvas - regime, intensidade e épocas predominantes. Caso haja problemas de enchentes, colher informações do proprietário sobre a maior enchente verificada, vistoriando os locais onde a água penetra na várzea e orientá-lo sobre as obras de saneamento a serem realizadas, estimando o seu custo aproximado.

Estudo de Solo - É indispensável conhecer e anotar:

- fisiografia da zona- textura, estrutura, salinidade;
- características hidráulicas, tais como infiltração, permeabilidade e porosidade.

É necessário também conhecer a geologia dos solos nos seguintes aspectos: material de origem, material de constituição e estratos.

Também deve-se anotar em croqui a profundidade da camada impermeável e a profundidade do lençol freático por simples amostragem.

Tratando-se da fertilidade, tem-se encontrado uma grande variação através das análises químicas do solo. Para cada gleba, devem-se coletar amostras de solo para análises química e granulométrica.

3.3 Serviços de escritório

Ao voltar para o escritório, o agrônomo deverá analisar as viabilidades técnicas e econômicas para a elaboração do projeto.

Se o proprietário mostrou interesse no aproveitamento da várzea, o agrônomo deverá tomar as seguintes providências:

Encaminhar o parecer técnico, anexo 1, à sede do Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais (DEPRN) mais próxima para obter autorização de utilização de várzeas.

3.4 Materiais necessários

- nível de precisão com limbo graduado ou teodolito
- balizas, trados, miras e trenas;
- marretas, piquetes, estacas e lápis de cera;
- caderneta de nivelamento, folhas de papel quadriculado para croqui.

3.5 Estaqueamento da malha para nivelamento

Logo após a limpeza da área, o técnico deverá iniciar o piqueteamento da malha, que começa por uma linha básica(LB), de preferência reta de um extremo ao outro, passando na parte central da várzea.

A distância entre piquetes da malha deverá ser de 20 x 20m quando se desejam elaborar projetos de sistematização, e 20 x 20m, 20 x 40m, ou até 40 x 40m, dependendo do relevo da várzea, quando o projeto desejado for de drenagem.

Locam-se tantas linhas básicas paralelas e perpendiculares (LB_1), quantas forem necessárias. A eqüidistância das linhas básicas paralelas deverá ser múltiplo de 20m, ou seja, 80m, 120m ou 160m, dependendo da topografia do terreno. Nessas linhas básicas,fincam-se piquetes ao nível do solo e, ao seu lado (10cm), uma estaca de mais ou menos um metro para facilitar a localização do piquete.

O estaqueamento das demais linhas, não básicas, poderá, ser feito por simples balizamento. A numeração das estacas fica a critério de cada operador.

Anotam-se, por ocasião do estaqueamento, em croqui, todas as benfeitorias existentes, tais como drenos, estradas, canais de irrigação, açudes, etc., com suas respectivas distâncias. Anotam-se também as estacas da periferia da várzea, bem como as distâncias extraperímetro.

3.6 Levantamento altimétrico

O nivelamento deverá ser feito da seguinte forma: nivelar e contranivelar as linhas básicas, efetuando cuidadosamente as leituras para evitar possíveis erros. O nivelamento deverá partir de uma referência de nível (RN), cravado em um lugar fixo e protegido.

3.7 Determinação das cotas das niveladas e demais estacas

Convenciona-se estabelecer uma cota arbitrária ao RN, que no presente projeto será igual a dez metros. A partir dessa cota, calculam-se as demais para todos os pontos das niveladas básicas, obedecendo às seguintes fórmulas:

Cota + Visada de Ré = Altura do Instrumento . . . . . Fórmula I

Altura do Instrumento - Visada de Vante = Cota . . . . . Fórmula II

Não havendo erro de altimetria nas niveladas básicas, procede-se, por irradiação, à determinação das cotas das demais estacas, tomando-se o cuidado de efetuar as leituras de Ré sempre no mínimo em dois piquetes das niveladas básicas, em cada mudança do aparelho.

3.8 Tradagens

Por ocasião do levantamento, efetua-se também a tradagem próxima a cada estaca, para conhecer a profundidade da camada impermeável e detectar o tipo de solo. Anotam-se esses dados em croqui que, posteriormente, serão transferidos para a planta.

3.9 Desenho da Planta

Após anotados todos os detalhes de planimetria, altimetria e tradagem, elabora-se uma planta, usando papel vegetal milimetrado e escolhendo a escala mais conveniente (1:500, 1:1.000 ou 1:2.000).

A escolha da escala está relacionada com o tamanho da várzea, lembrando que não é conveniente usar escala que torne a planta muito pequena, pois dificulta o trabalho do projeto.

Sabendo-se que o espaçamento entre as estacas que formam a malha no campo foi de 20 x 20m, pelas dimensões da várzea usaremos a escala 1:1.000 (Figura 1) (Com Redução).

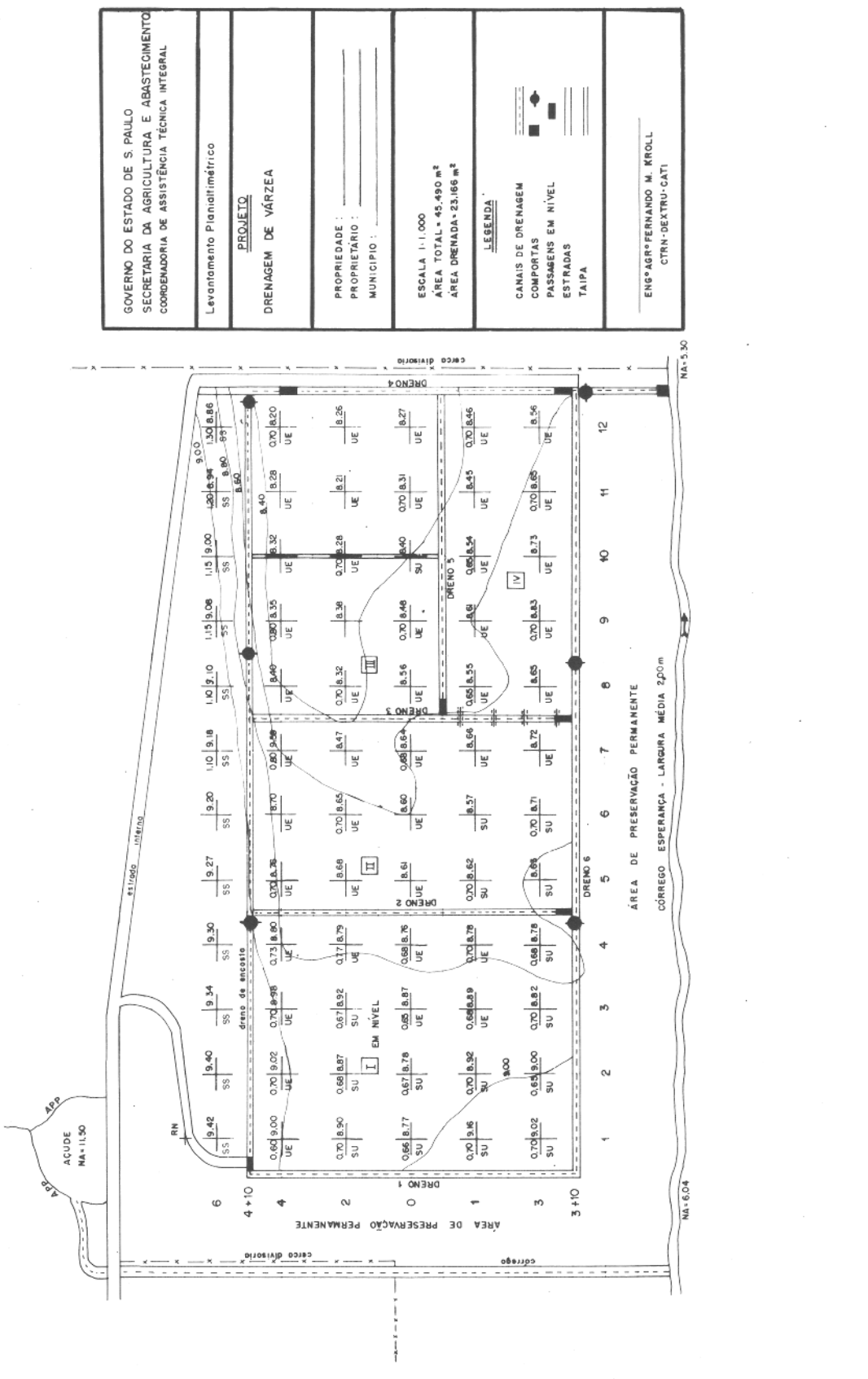


FIGURA 1 - Projeto de drenagem de várzea (com redução xerográfica).

Depois de fixado o papel milimetrado, o primeiro passo será transpor os dados da caderneta de campo e do croqui para a planta, observando suas respectivas distâncias.

Para o "batismo"das estacas, não se escreve o número delas dentro da planta. Utilizam-se as margens da folha, fazendo uso do sistema de coordenadas.

Convenciona-se representar cada piquete ou estaca da seguinte forma: usar o canto superior direitopara anotar a **cota topográfica** (CT) e o canto superior esquerdo para a profundidade da **camada de impedimento** (CI), conforme ilustra a Figura 2.

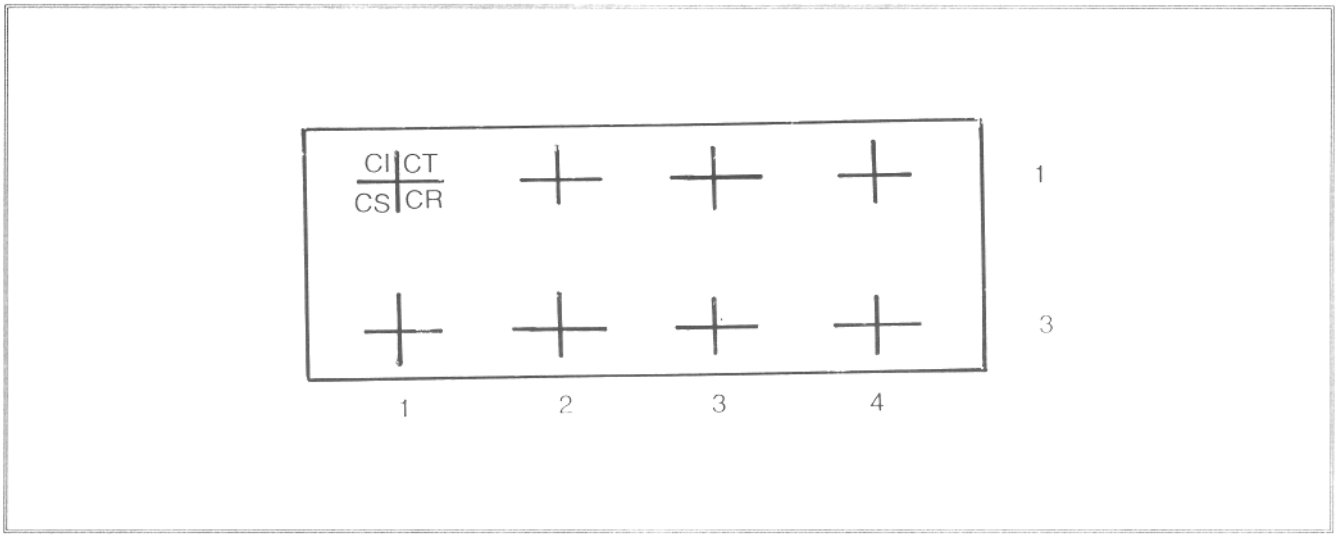


FIGURA 2 - Detalhes da numeração das estacas nas margens da folha e anotações diversas nas estacas.

No canto inferior direito, poderá ser anotado o valor da **cota rebaixada** (CR), quando o projeto pretendido for sistematização; e, finalmente no canto inferior esquerdo, serão anotadas as características do solo, tais como: **solo úmido** (SU); **umidade excessiva** (UE); **solo seco** (SS); etc., (Quadros 3 a 6).

Iniciam-se as anotações na planta pelas cotas das linhas básicas. Posteriormente, as demais linhas.

No final do estaqueamento, marca-se a bordadura, usando a escala de redução para transferir aquelas medidas feitas com a trena no campo.

Marca-se cada ponto da bordadura que, posteriormente, serão unidos formando o trajeto do córrego, estradas, canal de irrigação e contorno da vázea, transpondo também suas cotas que serão úteis por ocasião da elaboração do projeto.

Para a confecção da planta, é muito importante que as anotações sejam corretas no croqui e na caderneta de campo.

3.10 Interpolação dos pontos para locação das linhas de nível

Interpreta-se melhor o relevo da área, projetando-se linhas de nível na planta.

Para projetos de sistematização, utilizam-se linhas de nível eqüidistantes no espaço vertical em 0,20m e para projetos de drenagem em 0,50m. Isso quer dizer que entre uma linha de nível e outra existirá uma diferença na cota em 0,20m ou 0,50m, respectivamente.

Anotam-se posteriormente, na planta, junto a cada estaca, as profundidades da camada impermeável(CI), as características do solo(CS), a fim de projetar a rede de drenagem e localizar os tabuleiros.

3.11 Locação da rede de drenagem

Os drenos podem ser projetados acompanhando mais ou menos o trajeto das linhas em nível, levando-se em considerações todos os fatores locais, viáveis e econômicos.

Como finalidade, devem permitir facilidade na mecanização agrícola, captação e condução da água, tanto superficiais como subterrâneas, de um dreno para outro, até que todo o sistema desague num dreno de escoamento, situado na parte mais baixa do terreno.

3.12 Espaçamento e profundidade dos drenos

O espaçamento e a profundidade dos drenos são os dois principais fatores no dimensionamento interno de um sistema de drenagem.

Eles dependem da textura do solo, da declividade natural do terreno, da profundidade desejável do lençol freático, do tipo de cultura a ser instalada, da quantidade de água proveniente do aquífero, da drenagem subterrânea auxiliar e da camada impermeável.

A distância entre os drenos deverá estar relacionada com a curva de saturação da água no solo.

O teste para a determinação da distância entre os drenos, em cada várzea, poderá ser feito diretamente no campo.

Consiste na determinação de uma série de perfurações em linhas perpendiculares a um dreno aberto. A água do dreno aberto deverá ser retirada para fora da área até que o nível da água dentro das perfurações permaneça constante.

Através da projeção em um gráfico, obtêm-se a linha de efeito útil da drenagem desse solo. Posteriormente, determinam-se facilmente a distância e a profundidade ideal para drenagem em cada várzea, conforme ilustra a Figura 3.

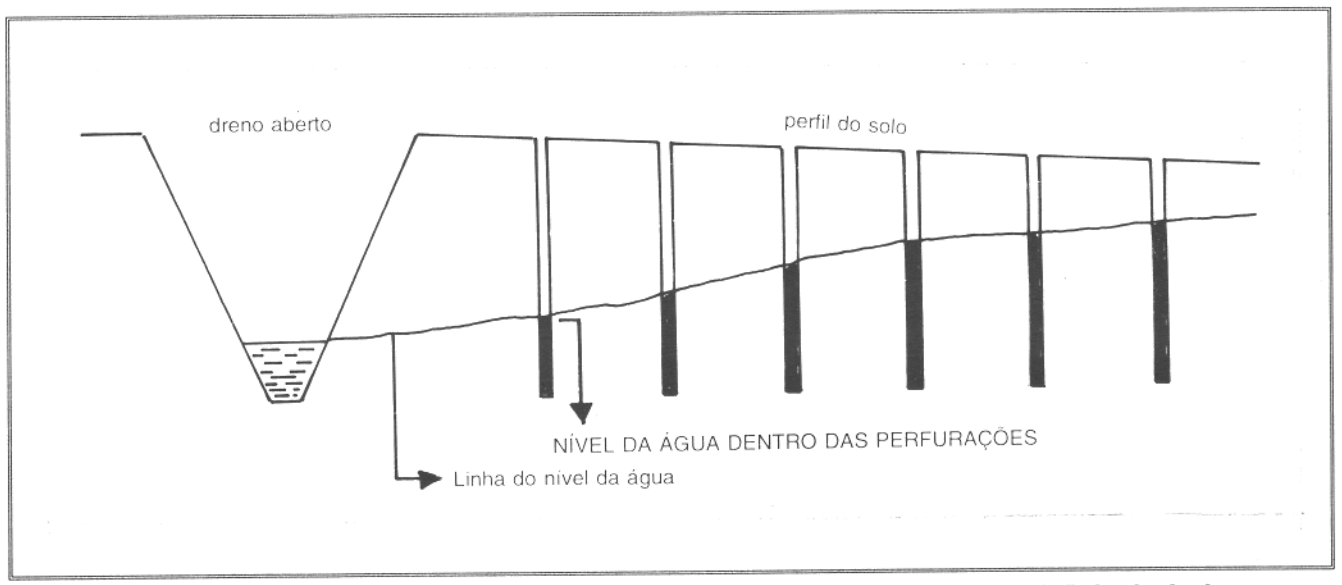


FIGURA 3 - Determinação da linha do nível da água dentro das perfurações, indicando a influência da drenagem.

Após o teste, tem-se uma maior profundidade do nível da água nas perfurações mais distantes do que a profundidade indicada na Figura 3. Isso porque o lençol freático estará sob a ação de um outro dreno, aberto na distância e profundidade calculadas, conforme ilustra a Figura 4.

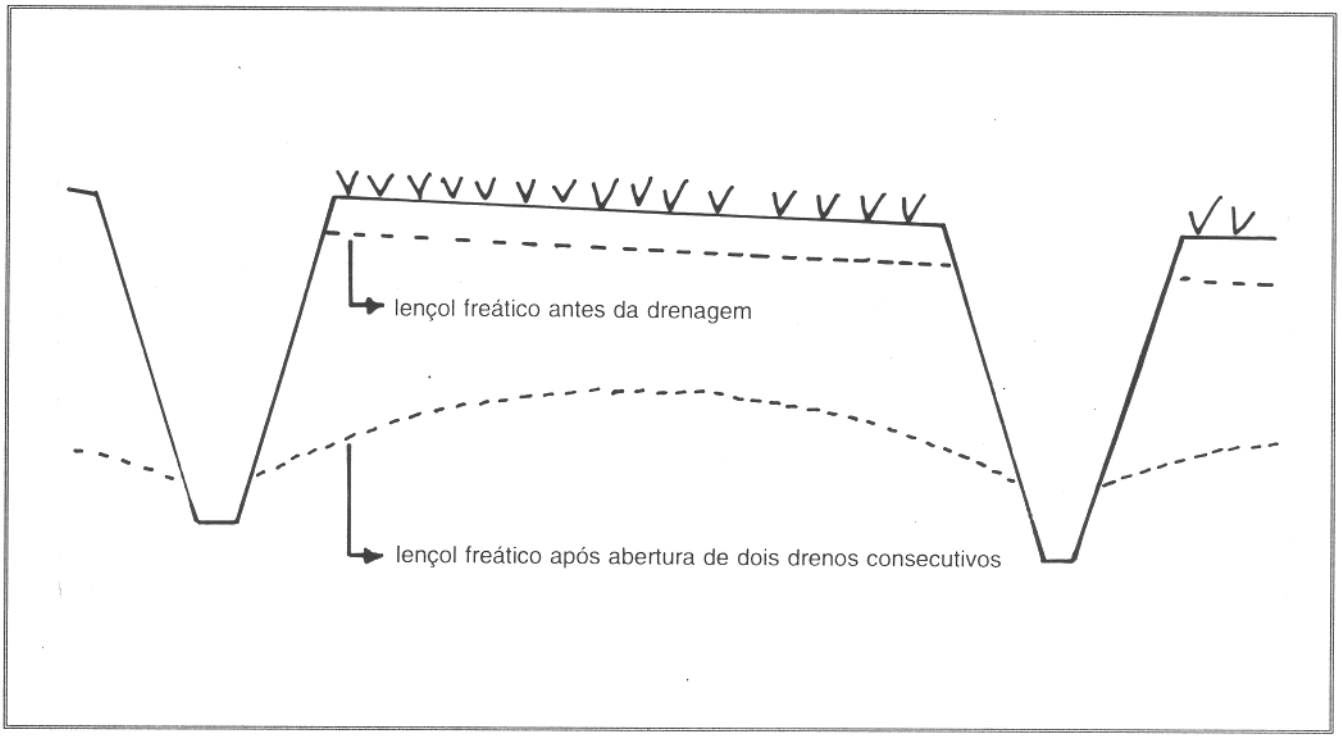


FIGURA 4 - Rebaixamento do nível da água na superfície do solo, quando submetida a ação de um outro dreno paralelo.

A título de ilustração, o Quadro 2 apresenta valores médios de espaçamentos e profundidade de drenos de acordo com o tipo de solo e condutividade hidráulica em mm/dia, citado por Salassier(1982).

QUADRO 2 - Valores médios de espaçamento e profundidade de drenos, segundo MILLAR.

Tipo de Solo	Condutividade hidráulica	Espaçamento	Profundidade
	mm/dia	m	m
Textura Fina	<1,5	10 a 20	1,0 a 1,5
Textura Média	1,5 a 5,0	15 a 25	1,0 a 1,5
	5,0 a 20,0	20 a 35	1,0 a 1,5
	20,0 a 65,0	30 a 40	1,0 a 1,5
Textura Grossa	65,0 a 125,0	30 a 70	1,0 a 2,0
Turfa	125,0 a 250,0	30 a 100	1,0 a 2,0

3.13 Perfil de drenagem

Após a determinação do espaçamento e da profundidade dos drenos, é fundamental que o especialista analise outras características locais, como profundidade da camada impermeável, textura e relevo do solo.

Através de tradagens na eqüidistância de no máximo 20 metros, conhecem-se, no trajeto do dreno projetado, a textura, a profundidade da camada impermeável, e, através do levantamento altimétrico, determinam-se as cotas de todas as estacas indicativas do sistema de drenagem (Figura 5).

Projetam-se, logo após, as declividades ideais de cada dreno, verificando sempre que a velocidade da água não deve ultrapassar a determinados limites em função da erodibilidade.

Muito cuidado deverá ser tomado no que se refere à presença de areia no subsolo, abaixo da camada argilosa, devendo-se projetar, nesses casos, drenos mais rasos, diminuindo conseqüentemente o espaçamento entre eles.

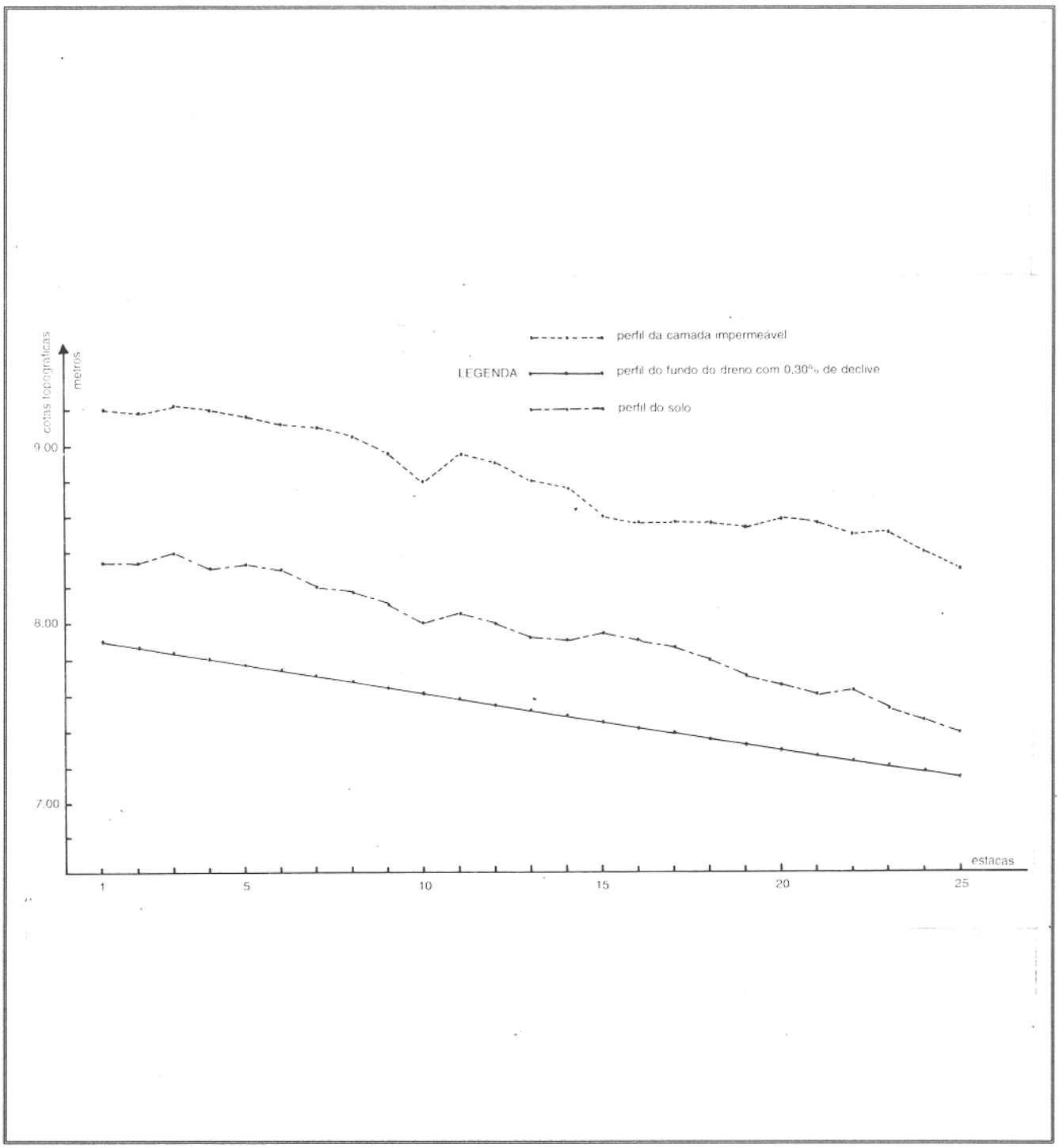


FIGURA 5 - Detalhes dos perfis do dreno de encosta, determinado por ocasião de novos levantamentos de campo.

3.14 Inclinação das paredes laterais de um dreno

Com os dados obtidos no campo e conhecendo-se a textura predominante, podemos com a tecnologia industrial adquirir caçambas de formato trapezoidal, que na abertura dos drenos conferem uma maior ou menor inclinação das suas paredes laterais, denominada talude, conforme ilustra a Figura 6.

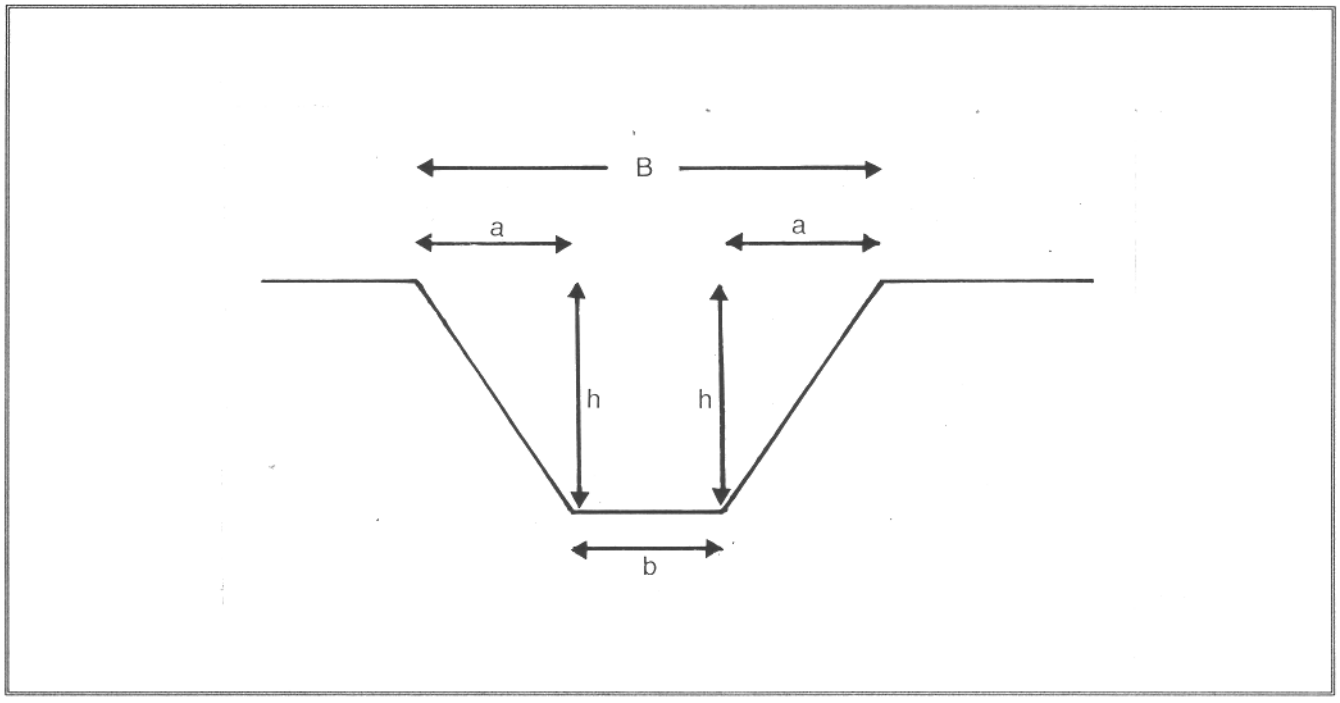


FIGURA 6 - Corte transversal de um dreno aberto com caçamba trapezoidal, indicando a inclinação nas paredes laterais, em função da textura do solo.

O Quadro 3 apresenta os valores da abertura lateral de um dreno, em função da profundidade (h) e do tipo de solo, para canais não revestidos.

QUADRO 3 - Valores recomendados para taludes em drenos de secção trapezoidal.

Material	Talude		
	h:a	até	h:a
cascalho	1:0,00		1:0,50
solo argiloso	1:0,50		1:1,00
solo argiloso-arenoso	1:1,00		1:1,50
solo arenoso-argiloso	1:1,50		1:2,50
solo turfoso	1:1,00		1:2,00

3.15 Drenos cobertos

Têm como finalidade captar e conduzir a água do solo através de condutos subterrâneos, constituídos por diversos modos e materiais, dando-se preferência aos mais abundantes na região.

Quando corretamente construídos, requerem pouca manutenção, não dificultam operações nos tratos culturais e não ocupam áreas de cultivo.

Têm sua localização variada, podendo ser instalados em pequenas áreas onde houver insuficiência de drenagem. Para maior eficiência na condução da água, devem possuir declividade uniforme e acima de 0,3% ter comprimento não superior a oitenta metros. Com diâmetros adequados ao volume de água, deve-se sempre conduzir a água para o interior de drenos abertos.

Quando forem construídos, devem-se abrir valetas com 0,20 a 0,30 metros de largura quase sempre perpendiculares ao dreno em sistema de escama de peixe e com taludes reduzidos.

O perímetro das paredes deverá ser envolvido por completo de fibra porosa ou tecidos geotêxteis com fios 100% de polipropileno, que permitirão a filtragem da água para o seu interior.

Pedras britadas, ou pedregulhos, ou cacos de telhas e bambus adultos deverão ser colocados sobrepostos à calha formada pelo tecido, formando um conduto adequado.

O tecido sobressalente deverá então ser dobrado sobre o material usado, envolvendo o conduto formado por completo, fechando-se posteriormente a valeta com a terra retirada.

Também poderão ser usados tubos de PVC ou manilhas perfuradas, preferencialmente sempre envolvidos por pedras e tecidos porosos.

Uma outra prática bastante usada em várzeas de subsolo argiloso refere-se à subsolagem. Consiste em adaptar ao subsolador um cilindro inteiramente maciço com bico cônico preso a uma corrente, unido ao terminal inferior do subsolador, conforme ilustra a Figura 7, também chamado **drenagem subterrânea, sistema torpedo**.

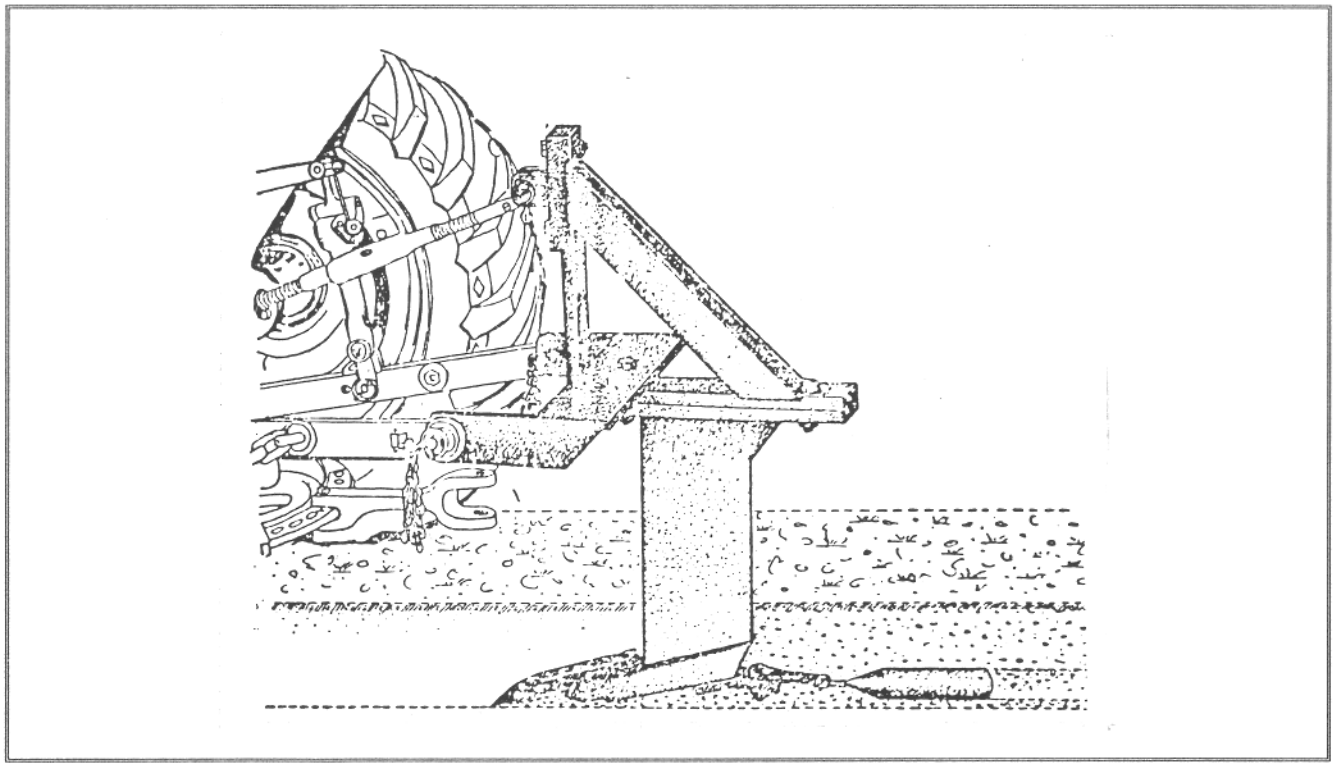


FIGURA 7- Abertura de condutos no subsolo através de um cilindro cônico e maciço adaptado a um subsolador.

Adaptado ao trator, introduz-se o subsolador com o sistema torpedo na parede lateral de um dreno aberto. Ao acionar o trator com rodas de ferro sobressalente em marcha reduzida no sentido perpendicular ao dreno aberto para o interior do tabuleiro, o cilindro com o bico cônico de 5 a 10 cm de diâmetro comprime o subsolo argiloso, abrindo um orifício por onde escoa a água.

Esse processo, muito usado em tabuleiros nivelados, permite além da rapidez da drenagem, promover a subirrigação, quando no sistema de drenagem interna possuir sistema de comportas que permite a elevação do nível da água até quase à superfície do solo.

Esse sistema pode ser eficiente no prazo aproximado de dez meses, dependendo da textura do solo e peso dos maquinários e do pisoteio de animais que transitarão nos tabuleiros.

Esses drenos podem ser construídos com baixo custo operacional e espaçados em distância de um a quatro metros.

3.16 Drenos de encosta ou de cintura

Têm sua localização na área de transição solo/seco, solo/úmido, ou seja, no perímetro da várzea, obedecendo à declividade natural do terreno.

Destinam-se na interceptação e condução da água superficial e subterrânea provenientes da encosta.

A sua secção depende da área de influência de captação da água da encosta.

Podem ter seu início na cabeceira da várzea, percorrendo o perímetro da mesma, e desaguarem no dreno de escoamento ou diretamente nos cursos de água. Independem, em muitos casos, do sistema de drenagem interna.

Sua declividade varia de várzea para várzea, e sua extensão, do interesse coletivo dos proprietários vizinhos.

Convém observar que a declividade e extensão exageradas acarretarão no aumento gradativo do volume e da velocidade de água, provocando erosão.

A título de ilustração, o Quadro 4 apresenta os valores máximos recomendados para velocidade da água em drenos ou canais revestidos ou não revestidos.

QUADRO 4 - Valores máximos recomendados para a velocidade da água em canais, determinados em função da erodibilidade.

Tipo de Solo	Velocidade (m/s)
canal de areia muito fina	0,20 - 0,30
canal de areia grossa pouco compactada	0,30 - 0,50
canal em terreno sílico-argiloso	0,70 - 0,80
canal em terreno argiloso compacto	0,80 - 1,20
canal em cascalho e rocha	2,00 - 4,00
canal de concreto	4,00 - 10,00

Por outro lado, a água em canais de drenagem não deverá ficar parada, o que ocasionará proliferação de larvas de insetos e outros agentes patogênicos, ocasionando transtorno à saúde pública.

A velocidade da água deverá ter como valor mínimo 0,05m/s em drenagem simples, e 0,60m/s quando tiver finalidade de eliminar águas de esgotos.

A velocidade teórica da água em canais abertos poderá ser facilmente determinada através do uso da equação de Manning, citada a seguir:

$$V = Rh^{2/3} \times \frac{I^{1/2}}{n}$$

Onde:
V = velocidade da água em metros por segundos
Rh = raio hidráulico
I = declividade do canal em metro por metro
n = coeficiente de rugosidade, indicada no Quadro 5.

QUADRO 5 - Valores de n, para emprego na equação de Manning (Salassier, 1982).

Natureza das paredes	Condições			
	muito boas	boas	regulares	más
Tubos de ferro fundido sem revestimento	0,012	0,013	0,014	0,015
Idem, com revestimento de alcatrão	0,011	0,012*	0,013*	-
Tubos de ferro galvanizado	0.013	0,014	0,015	0,017
Tubos de bronze ou de vidro	0,009	0,010	0,011	0,013
Condutos de barro vitrificado de esgoto	0,011	0,013*	0,015	0,017
Condutos de barro, de drenagem	0,011	0,012*	0,014*	0,017
Alvenaria de tijolos com argamassa de cimento;condutos de esgoto, de tijolos	0,012	0,013	0,015*	0,017
Superfícies de cimento alisado	0,010	0,011	0,012	0,013
Superfícies de argamassa de cimento	0,011	0,012	0,013*	0,015
Tubos de concreto	0,012	0,013	0,015	0,016
Condutos de aduelas, de madeira	0,010	0,011	0,012	0,013
Calhas de pranchas de madeira aplainada	0,010	0,012*	0,013	0,014
Idem, não aplainada	0,011	0,013*	0,014	0,015
Idem, com pranchões	0,012	0,015*	0,016	-
Canais com revestimento de concreto	0,012	0,014	0,016	0,018
Alvenaria de pedra argamassada	0,017	0,020	0,025	0,030
Alvenaria de pedra seca	0,025	0,033	0,033	0,035
Alvenaria de pedra aparelhada	0,013	0,014	0,015	0,017
Calhas metálicas lisas (semi-circulares)	0,011	0,012	0,013	0,015
Idem, corrugadas	0,0225	0,025	0,0275	0,030
Canais de terra, retilíneos e uniformes	0,017	0,020	0,0225*	0,025
Canais abertos em rocha, lisos e uniformes	0,025	0,030	0,033*	0,035
Canais abertos em rocha,irregulares ou de paredes de pedra irregulares e mal-arrumadas	0,035	0,040	0,045	-
Canais dragados	0,025	0,0275*	0,030	0,033
Canais curvilíneos e lamosos	0,0225	0,025*	0,0275	0,030
Canais com leito pedregoso e vegetação nos taludes	0,025	0,030	0,035*	0,040
Canais com fundo de terra e taludes empedrados	0,028	0,030	0,033	0,035
Arroios e Rios				
1)Limpos, retilíneos e uniformes	0,025	0,0275	0,030	0,032
2)Como em 1, porém com vegetação e pedras	0,030	0,033	0,035	0,040
3)Com meandros, bancos e poços pouco profundos, limpos	0,035	0,040	0,045	0,050
4)Como em 3, águas baixas, declividades fracas	0,040	0,045	0,050	0,055
5)Como em 3, com vegetação e pedras	0,033	0,035	0,040	0,045
6)Como em 4, com pedras	0,045	0,050	0,055	0,060
7)Com margens espraiadas, pouca vegetação	0,050	0,060	0,070	0,080
8)Com margens espraiadas, muita vegetação	0,075	0,100	0,125	0,150

**Valores aconselhados para projetos.*

3.17 Dimensionamento e orçamento das obras

Em todos os projetos elaborados devem ser dimensionados além do volume de terra a ser escavado ou removido; todos os outros custos de investimento e de custeio; esses devem ser relatados em formulários apropriados(vide projeto de Obras de engenharia).

Quando se desejam ajustar os valores de rendimento de máquinas com aqueles dimensionados no projeto, podemos nos basear nos dados apresentados no Quadro 6.

QUADRO 6 - Rendimento de máquinas para serviços em várzea.

Discriminação das máquinas/implementos	Rendimento			Produção Mensal		
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto
	m^3/h			hora/máquina		
1 Retroescavadeira em drenagem	21	25	29	100	120	140
2 Escavadeira hidráulica em escavações	40	50	60	120	140	160
3 Trator de esteira em:						
3.1Sistematização de várzeas	18	22	26	100	120	140
3.2Barragem, projeto meia-encosta	25	30	35	100	120	140
4 Trator de pneus 80HP com Scraper em movimentação de terra:						
4.1Sistematização de várzeas	18	22	26	80	100	120
4.2Barragem	20	25	30	80	100	100
5 Motoniveladora em sistematização de terreno	20	22	25	100	120	140
6 Trator de pneus 80HP com lâmina niveladora em sistematização	8	10	12	80	100	120

3.18 Determinação do volume de escavação

Exemplificou-se apenas o volume de escavação para o dreno de encosta.Os demais drenos projetados seguem o mesmo procedimento(Quadro 7).

Ao se locar na planta(Figura 1) o sistema de drenagem, o passo seguinte será ir ao campo para demarcar o trajeto do dreno, estaqueando a cada 10 metros.

A partir do RN(referência de nível), efetuam-se novos levamentos altimétricos junto a cada estaca para determinar o perfil do solo(Figura 5).

Pelas tradagens junto a cada estaca, verifica-se a textura (para determinação do talude) e a profundidade da camada impermeável (profundidade desejável do sistema de drenagem).

QUADRO 7- Cálculo do volume de escavação do dreno de encosta, analisando os dados contidos na Figura 5.

Estacas	Distância	Profundidade	Largura da Base		Secção Média	Volume da escavação
			Maior	Menor		
	m	m	m	m	m^2	m^3
1	5,00	1,30	2,90	0,30	2,080	10,40
2	10,00	1,31	2,92	0,30	2,109	21,09
3	10,00	1,38	3,06	0,30	2,318	23,18
4	10,00	1,40	3,10	0,30	2,380	23,80
5	10,00	1,38	3,06	0,30	2,318	23,18
6	10,00	1,36	3,02	0,30	2,258	22,58
7	10,00	1,38	3,06	0,30	2,318	23,18
8	10,00	1,36	3,02	0,30	2,258	22,58
9	10,00	1,32	2,94	0,30	2,138	21,38
10	10,00	1,18	2,66	0,30	1,746	17,46
11	10,00	1,38	3,06	0,30	2,318	23,18
12	10,00	1,36	3,02	0,30	2,258	22,58
13	10,00	1,28	2,86	0,30	2,022	20,22
14	10,00	1,28	2,86	0,30	2,022	20,22
15	10,00	1,16	2,62	0,30	1,694	16,94
16	10,00	1,14	2,58	0,30	1,642	16,42
17	10,00	1,16	2,62	0,30	1,694	16,94
18	10,00	1,20	2,70	0,30	1,800	18,00
19	10,00	1,22	2,74	0,30	1,854	18,54
20	10,00	1,28	2,86	0,30	2,022	20,22
21	10,00	1,30	2,90	0,30	2,080	20,80
22	10,00	1,28	2,86	0,30	2,022	20,22
23	10,00	1,30	2,90	0,30	2,080	20,80
24	10,00	1,22	2,74	0,30	1,854	18,54
25	5,00	1,16	2,62	0,30	1,694	8,47
Total	240,00					490,92
		1,284	2,885	0,30	2,045	

Usando-se a expressão matemática citada a seguir, determina-se facilmente a secção do canal(Secção de formato trapezoidal).

$$S = \left(\frac{B + b}{2}\right) x\ h$$

Onde:

S= Secção transversal de um dreno em metros quadrados
B= base maior do trapézio em metros
b= base menor do trapézio em metros
h= profundidade desejável do canal em metros

Ao se multiplicar o valor da secção de cada estaca pela respectiva distância, determina-se o volume médio de escavação.

Por somatório, determina-se o volume total de escavação do dreno projetado.

Ao se dimensionarem todos os drenos do projeto, transpõem seus volumes para o projeto de engenharia(Item 4 do Anexo II).

3.19 Estruturas hidráulicas

• Comportas reguladoras de vazão nos drenos internos

Serão necessárias seis comportas de alvenaria de tijolos, com abertura simples, onde se encaixam tábuas de formato retangular com 0,30m de largura por 0,05m de espessura e 0,50m de comprimento.

• Tubos de concreto

Deverão ser construídas seis passagens em nível sobre os drenos, permitindo o trânsito de máquinas entre as glebas.

• Comporta "tampão"

Será construída na menor cota uma comporta tampão, necessária para impedir o fluxo de água do corrego para o interior da várzea em caso de enchente.

• Outros

Neste item, devem ser relacionados todos os demais investimentos necessários para deixar o solo da várzea em condições de plantio.

Anexo I

Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI

Projeto Estadual de Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis

Parecer Técnico nº._____

Ilmo Sr.

Encaminhamos a V.Sª. o Parecer Técnico sobre a viabilidade de aproveitamento de _____ hectares de várzeas, solicitado pelo(a) Sr.(a)_____ RG_____, nacionalidade_____, estado civil_____, CGC/CPF_____, residente à_____, cidade de _____, Estado_____,produtor rural estabelecido no imóvel denominado_____ localizado no bairro/distrito_____, município_____ com um total de _____ hectares, decorrente da vistoria prévia realizada em____/___/_____.

O aproveitamento da várzea será viável com a implantação de um projeto de engenharia compreendendo as seguintes obras e respectivos custos estimados.

Obras	Área/ha	Custo CR$	Observações
a) b) c) d) e) f)			

Parecer técnico:

Valor estimado do custo do projeto:

_____de_____de_____

_____
Eng.º Agr.º
CREA

De acordo_____
Proprietário:

Anexo II

Governo do Estado de São Paulo
Secretaria da Agricultura e Abastecimento
Coordenadoria de Assistência Técnica Integral

APROVEITAMENTO DA VÁRZEA

Projeto de Engenharia

1-Proponente

Nome:_____ CPF/CGC:_____

Endereço:_____ nº:_____ Tel.:_____

Município:_____ Estado:_____

2-Caracterização do Imóvel

Nome:_____ INCRA:_____

Bairro:_____Município:_____ Tel.:_____

Área total de várzea: 4,549 ha Área do Projeto: 2,3166 ha.

3 - FINALIDADE E OBJETIVO DO APROVEITAMENTO DA VÁRZEA

O referido projeto tem por finalidade aproveitar 23.166 m^2 de área de várzea, antes ociosa, com técnicas que não infrinjam a legislação florestal vigente, manejando adequadamente a água, com finalidade de aumento da produtividade de alimentos básicos.

4- DIMENSIONAMENTO E ORÇAMENTO

4.1 Drenagem

Especificação	Extensão	Profundidade	Largura Média		Seção Média	Volume de escavação	Valores
			Boca	Base			Unitário Total
	m	m	m	m	m^2	m^3	
dreno encosta	240	1,284	2,885	0,30	2,045	491,0	valores da época
dreno 1	100	0,900	2,100	0,30	1,080	108,0	valores da época
dreno 2	100	0,900	2,100	0,30	1,080	108,0	valores da época
dreno 3	100	0,920	2,140	0,30	1,122	112,2	valores da época
dreno 4	130	0,960	2,220	0,30	1,210	157,2	valores da época
dreno 5	100	0,930	2,160	0,30	1,230	123,0	valores da época
dreno 6	243	0,940	2,180	0,30	1,240	301,3	valores da época
Total						1400,7	

4.2 Estruturas Hidráulicas

Especificação	Unidade	Dimensões	Total Dimensionado	Valores em cruzeiros reais
Comportas				
1)No dreno encosta - alvenaria, tijolo - tábuas	 3 4	 $2,38m^2$ 0,30x0,50x0,05m	 $7,14m^2$ $0,60m^2$	 valores da época valores da época
2)Nos drenos 4 e 6 - alvenaria, tijolo - tábuas	 3 3	 $1,28m^2$ 0,30x0,50x0,05m	 $3,840m^2$ $0,450m^2$	 valores da época valores da época
3)No dreno escoamento - tubos de concreto - ferro fundido	 3 1	 4,50mx40pol. $0,7854m^2$	 4,50m $0,78m^2$	 valores da época valores da época
Passagens em nível - tubos de concreto	 24	 1,50mx12pol.	 24,0	 valores da época
Total				CR$

4.3 Outros

Especificação	Dimensão	Valor unitário	Valor Total
Cerca protetora	270m	valor da época	valor da época
Calcário	8,0t/ha	valor da época	valor da época
Preparo solo	2,32ha	valor da época	valor da época
Total			

5. Orçamento de Aplicação

Especificação	Valor Total	Época de realização
Investimento em drenagem	valor da época	prazo determinado
Estruturas hidráulicas	valor da época	prazo determinado
Outros	valor da época	prazo determinado
Total em cruzeiros reais	valor da época	prazo determinado

6. Orçamento Total - Projeto de Engenharia

Discriminação	Financiamento	Recursos Próprios	Total
Orçamento de aplicação Taxa de elaboração do projeto		valores da época 3% do valor projeto	CR$ CR$
Total			

Local_____ de_____ de 19_____ .

De acordo _____

Proprietário _____

CIC _____

RG _____

Reponsável Técnico _____

Eng.º Agr.º

RG _____ CIC _____

CREA _____

Anexo III

Governo do Estado de São Paulo
Secretaria da Agricultura e Abastecimento
Coordenadoria de Assistência Técnica Integral

REQUERIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DE VÁRZEAS

1 - Nome do Proprietário		2 - CIC ou CGC
3 - Inscrição ou RG	4 - Estado Civil	5 - Profissão
6 - Endereço do proprietário		7 - CEP
		8 - Fone
9 - Denominação da propriedade		10 - Área da propriedade
11 - Município	12 - Distrito	13 - Bairro
14 - Cartório de registro de imóveis		15 - Número do registro
16 - Área total de várzea na propriedade em hectares	17 - Área de várzea já drenada em hectares	18 - Área de várzea requerida de uso em hectares
19 - Produtos Químicos - Fertilizantes Agrotóxicos: ETC - utilizados		20 - Culturas agrícolas a implantar

Pelo presente, vem requerer a autorização da área da várzea acima descrita,assumindo os seguintes compromissos:

1) Manter as áreas de preservação permanente a de reserva legal da propriedade, demarcadas em plantas, mesmo as destinadas a recomposição.
2) Manter 20% da área da várzea como reserva biológica.
3) Construir um tanque biológico a juzante da área a ser explorada.

21) Data do requerimento	22 - Assinatura do proprietário
Parecer do Engenheiro Agrônomo da Casa da Agricultura	
Parecer do Técnico de R.N.R. da Delegacia Agrícola ou DIRA:	

Referências Bibliográficas

BARRIOS, J. **Sistematização de terras para irrigação.** Petrolina, MINTER-OEA-GEIDA-SUDENE-IICA, 1973, 23p.

BRANDÃO, J.C. **Sistematização do Solo: programa de treinamento e irrigação.** Petrolina, MINTER-OEA, 1975, 36p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Relatório de atividades 1983.** Brasília, EMBRATER, 1984, 69p.

CRUCIANI, D.E. **A drenagem na agricultura**. 2 ª ed. São Paulo, Nobel, 1980, 337p.

DAKER, A. **A água na agricultura.** 3ª ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1970. V.2. 3790p.

DAKER, A. **Curso de hidráulica agrícola: Drenagem**. Viçosa, Universidade Rural, 1961, 91p.

DAKER, A. **Curso de hidráulica agrícola: Drenagem**. Viçosa, Universidade Rural, 1961, V.ª 103p

EUCLYDES, H.P. **Trabalhos necessários ao estudo e projeto de saneamento agrícola**. Belo Horizonte, s.l.p.1982. 52p.

GARBACCIO JUNIOR, F. **Sistematização de várzeas.** In: BRASIL. Ministério da Agricultura. Provárzeas nacional, 2 ª ed. Brasília, EMBRATER, 1983, p. 43-52 (Informação Técnica 2).

GOMIDE,R.L. & CAIXETA, T.J. **Sistematização de terreno.** In: BRASIL, Ministério da Agricultura Provárzeas nacional, 2ª ed. Brasilia, EMBRATER, 1983, p.39-43(informação Técnica, 1).

KROLL.F.M. **Projeto Técnico para aproveitamento de várzeas**. Boletim Tecnico 189. CATI. abril de 1985.

KROLL, F.M. **Informações necessárias a um projeto de irrigação em várzea.** In: BRASIL. Ministério da Agricultura. Provárzeas nacional. 2a ed. Brasília, EMBRATER, 1983. p.21-9 (Informação técnica, 2).

KROLL, F.M. & CARVALHO, E.M. **A importância do provárzeas para a agricultura.** In: BRASIL. Ministério da Agricultura. Provárzeas nacional. 2a ed. Brasília, EMBRATER, 1983. p.27-8 (Informação técnica, 1).

RODRIGUEZ, F.A. **Preparo de solos para irrigação por métodos de superfície.** In: CURSO de especialização em irrigação, Belo Horizonte, DEH-EE. UFMG, 1973. V.1.p.295-381.

SALASSIER, B. **Manual de irrigação.** Viçosa, Universidade Federal, 1982. 463p.

ABASTECEDOUROS COMUNITÁRIOS

Dorival Bertolini [1]

Reinaldo Olea Corrêa [1]

1 INTRODUÇÃO

Com o crescente uso de biocidas (inseticidas, fungicidas e herbicidas) na agricultura moderna, aumentam os perigos para os agricultores, consumidores e a população em geral pelo manuseio incorreto desses produtos e equipamentos de aplicação . O uso inadequado quanto à dosagem e à época de aplicação, traz como conseqüências o acúmulo de resíduos nos alimentos, a poluição do solo e água e a agressão ao meio ambiente.

O manuseio incorreto dos equipamentos de pulverização e o uso inadequado dos defensivos agrícolas, tanto no que se refere à dosagem e à época de aplicação quanto no uso de equipamento de proteção, podem ocasionar riscos de:

a)Intoxicação do aplicador ou operador dos equipamentos de pulverização;

b)Contaminação das águas superficiais durante o abastecimento e lavagem dos pulverizadores diretamente nos mananciais;

c)Intoxicação do homem e animais que têm como fonte de água os córregos, ribeirões e represas;

d)Efeito nocivo ao meio biológico, chegando à extinção da ictiofauna, assim como prejuizos às espécies que bebem dessas águas ou estão nessa cadeia alimentar.

Além do fator risco, têm-se ainda os constantes conflitos entre os agricultores usuários das águas dos ribeirões por questões de direito de propriedade e por morte de animais domésticos, causada pela poluição das águas através dos agrotóxicos.

Um dos mais sérios problemas ambientais do meio rural é a poluição das águas superficiais por agrotóxicos, causada pela lavagem e abastecimento dos equipamentos de pulverização, feitos diretamente nas fontes de água.

A forma adequada para evitar a poluição dos mananciais pela lavagem e abastecimento dos pulverizadores é a instalação de abastecedouros comunitários em condições e locais adequados.

O controle da poluição e da contaminação das águas é fundamental para a manutenção da qualidade de vida rural e urbana, porém deve estar integrado a um correto manejo da microbacia hidrográfica.Dessa forma o abastecedouro comunitário deve estar associado ao correto manejo de solo, controle do escorrimento superficial, uso adequado dos agrotóxicos e ao correto armazenamento e destino das embalagens dos agrotóxicos que é de fundamental importância no controle da poluição ambiental.

(1) Eng.º Agr.º - SAA/CATI

2 COMPONENTES DO ABASTECEDOURO

O abastecedouro comunitário nada mais é que um ponto de água para abastecimento dos pulverizadores, onde a água chega por gravidade ou de forma não controlada por uma canalização, não necessitando da utilização da bomba d'água do pulverizador para seu abastecimento.

O piso do local de abastecimento deve ser firme, com pedras, cascalhos ou "piçarras", de forma a possibilitar o trânsito fácil aos tratores, apesar das condições de alto nível de umidade.

Deve constar também na construção do abastecedouro outras obras, como bacia de captação ou terraços, para conter a água que eventualmente extravase do tanque durante o abastecimento, evitando, dessa forma, que atinja o curso d'água, prevenindo possíveis acidentes ecológicos.

3 ABASTECIMENTO

Dependendo das condições locais, disponibilidade de água e diferença de nível entre o ponto de captação e o ponto de abastecimento, é que se escolhe o tipo de abastecedouro comunitário a ser construído.

Quando se tem disponível uma pequena barragem, faz-se uma tomada de água por uma tubulação com registro que irá abastecer diretamente os pulverizadores(Figura 1).

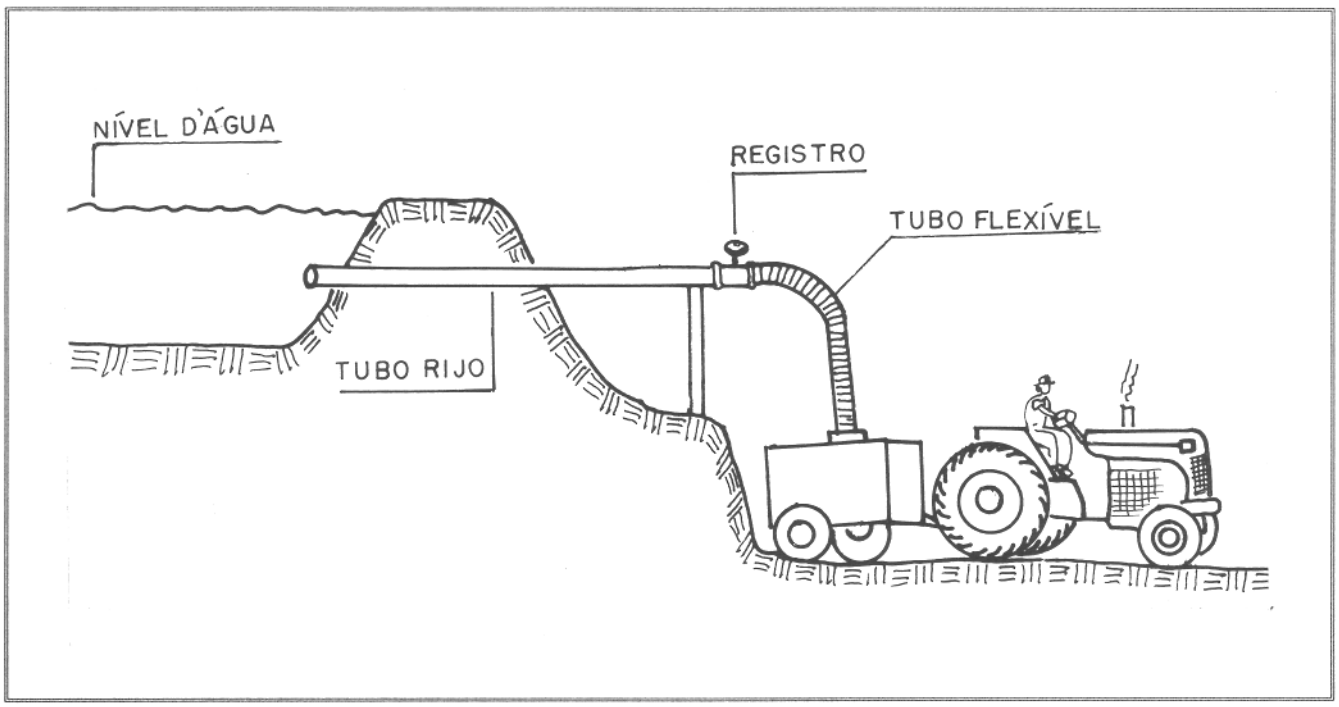


FIGURA 1 - Abastecimento de pulverizadores diretamente de pequena barragem.

Porém, se não existir uma barragem mas o córrego apresentar uma vazão razoável, pode-se tirar um canal de fuga até um ponto com condições de abastecer, onde poderá ser feita, se quiser ou não, uma caixa de interceptação, da qual sairá uma tubulação com registro que irá abastecer os pulverizadores (Figuras 2 e 3). No início do canal, deverá ser colocada uma pequena comporta para que o sistema só funcione quando houver necessidade de abastecimento.

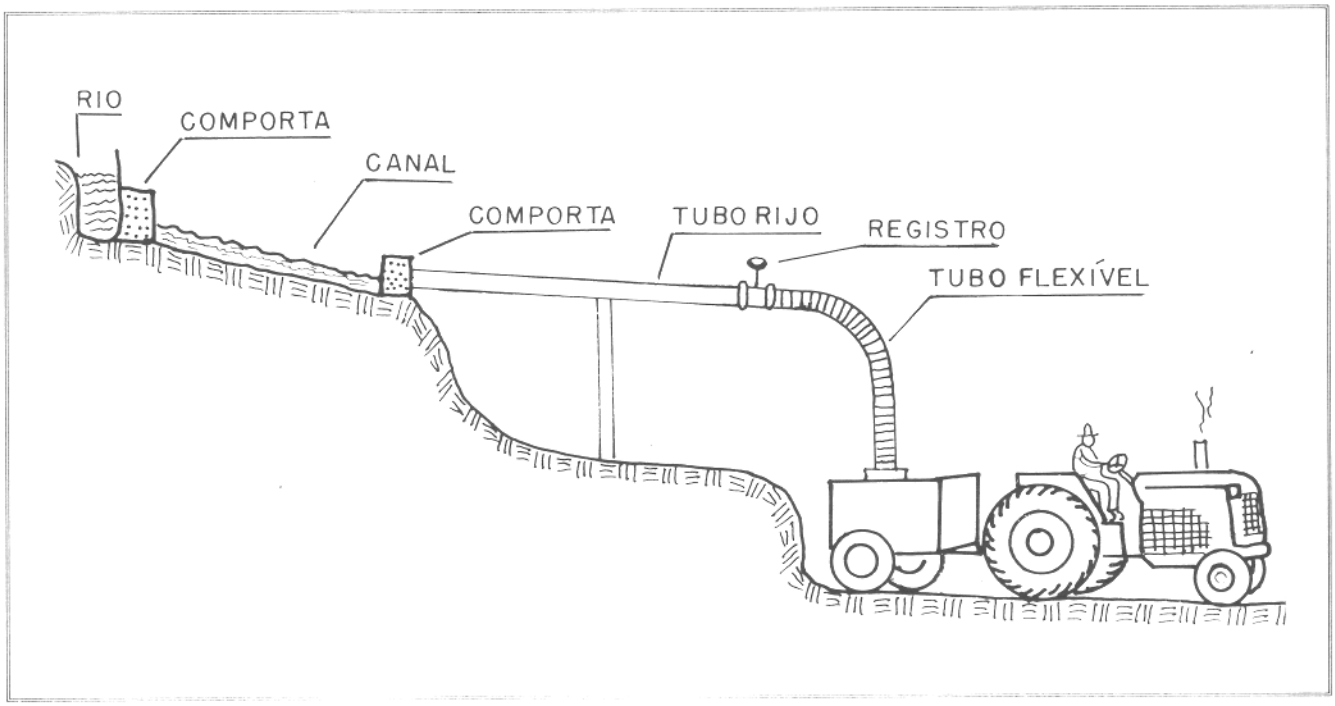


FIGURA 2 - Abastecimento de pulverizadores diretamente de córrego (sem caixa de interceptação).

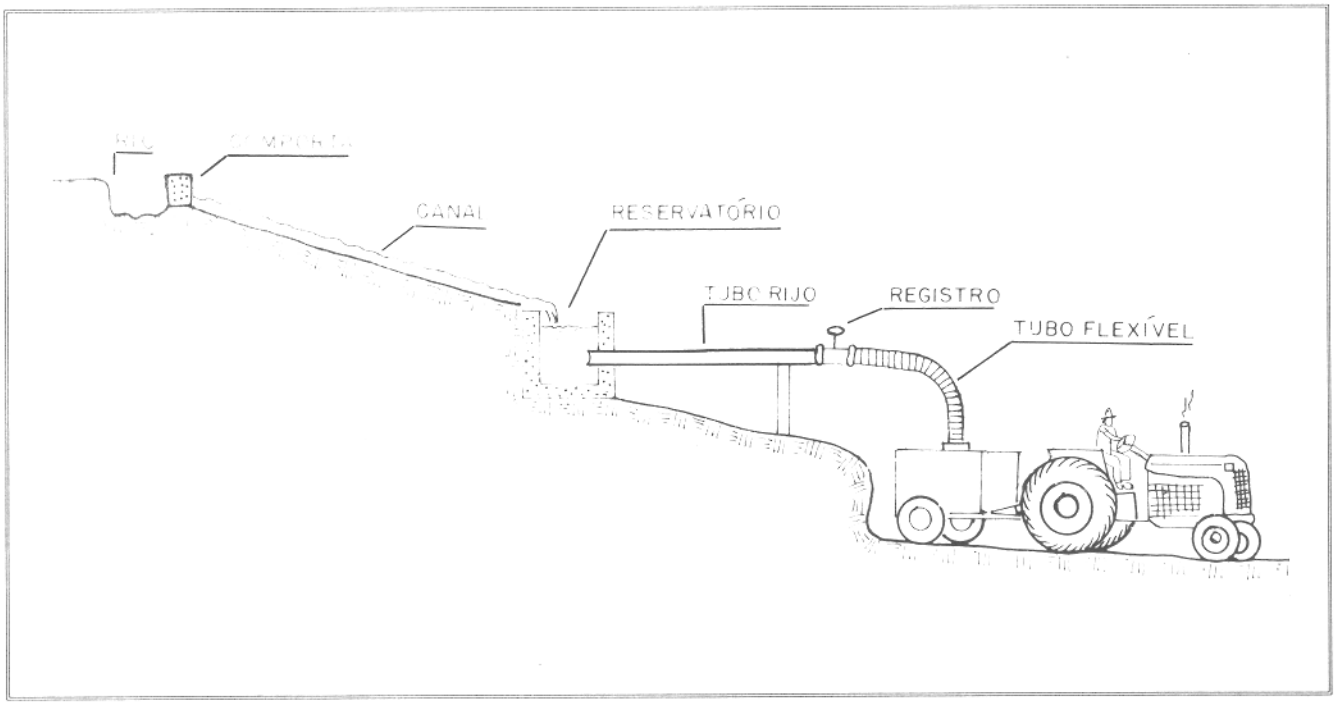


FIGURA 3 - Abastecimento de pulverizadores diretamente de córrego(com reservatório).

Não sendo possível a utilização de água de superfície, podemos utilizar os poços profundos (semi-artesianos). Nesse caso, a água é elevada até uma caixa, a qual abastece o pulverizador (Figura 4). Devido ao alto custo do investimento e à melhor qualidade da água, essa fonte deverá ser utilizada também para outros fins, como consumo humano e animal.

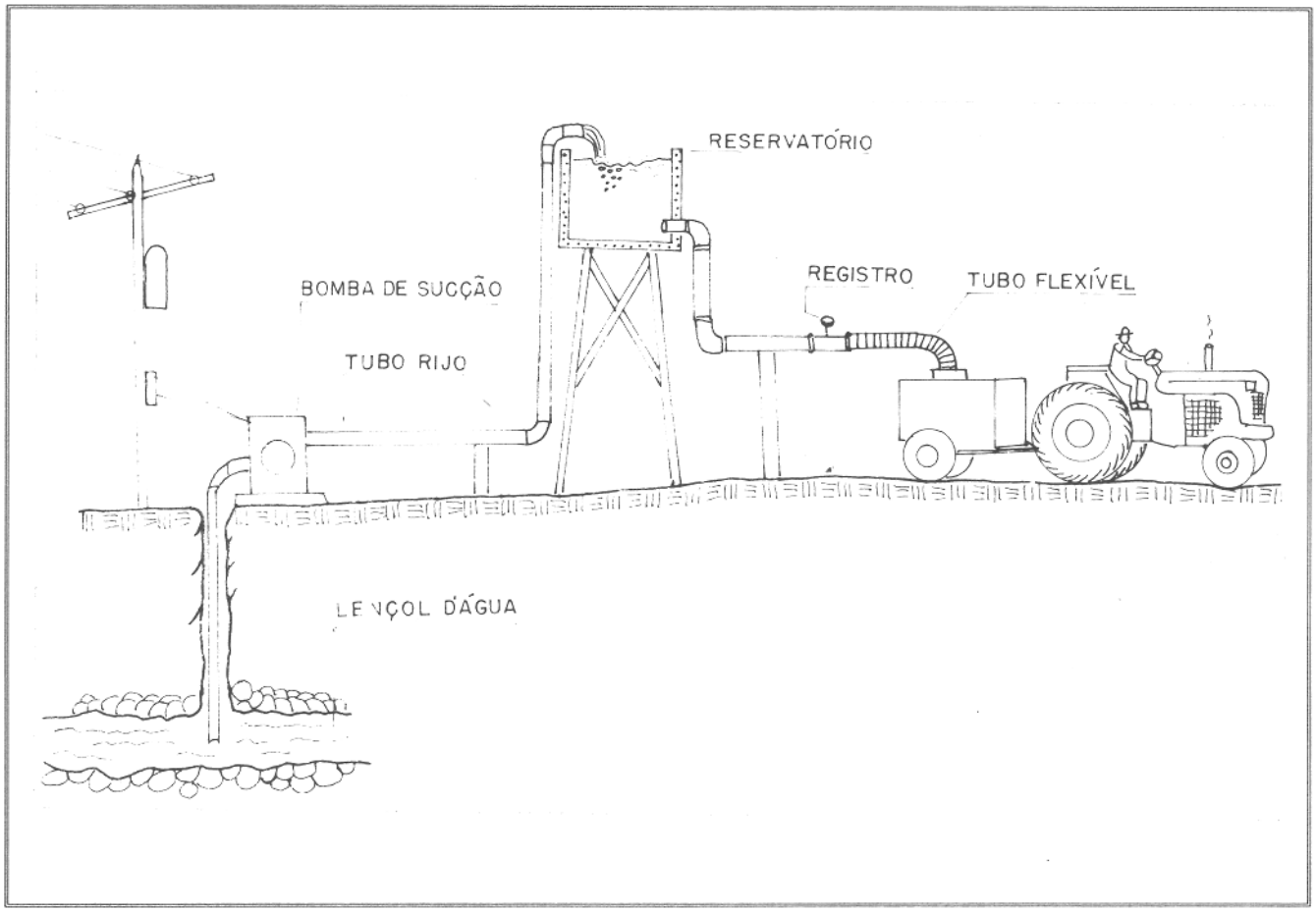


FIGURA 4 - Abastecimento de pulverizadores de poços profundos.

4 DIMENSIONAMENTO

Para o dimensionamento de abastecedouro comunitário, devem ser levados em consideração o número de pulverizadores e a sua capacidade volumétrica, que fornecerão a quantidade de água necessária em um determinado tempo, geralmente 24 horas(diário). Por outro lado,deve-se conhecer a vazão da fonte alimentadora e o volume de água disponível na caixa ou reservatório, o que fornecerão a disponibilidade de água em um determinado tempo(diário).Com esses dados em mãos (necessidade e disponibilidade), é que se dimensiona o abastecedouro ampliando ou reduzindo a captação. A vazão do abastecimento deve ser tal que permita abastecer um pulverizador num curto espaço de tempo, ou seja, em torno de 10 minutos. Essas medidas, principalmente a vazão de abastecimento, devem ser feitas no período da seca para que não ocorra problema de escassez de água.

Quando se tem no abastecedouro comunitário a necessidade de elevação de água, deve-se ainda considerar a capacidade do equipamento utilizado para elevar a água.

A capacidade da caixa ou reservatório deve ser calculada em função da relação entre a vazão da fonte abastecedora e a vazão necessária para abastecer um pulverizador em um tempo adequado, portanto, supõem-se que:

- Se a vazão da fonte de captação proporcionar volume igual ou superior à necessidade do pulverizador em um tempo de mais ou menos 10 minutos, não haverá necessidade de se fazer um deposito ou caixa para armazenar a água.

- Se a vazão da fonte de captação proporcionar em mais ou menos 10 minutos, volume inferior ao do pulverizador, então tornará necessária a construção de depósito ou caixa para armazenar água. O deposito deverá ter a capacidade de suprir a diferença entre a necessidade(volume de água gasto no periodo de trabalho diário pelos pulverizadores) e a disponibilidade(volume de água fornecido pela fonte de captação no período de trabalho diário dos pulverizadores).

- Quando a água do abastecedouro for utilizada para outros fins, esse volume deverá ser levado em consideração tanto no cálculo do volume do reservatório como no cálculo da água necessária (volume para os pulverizadores + volume para outros fins).

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Algumas indicações devem ser levadas em consideração na tomada de decisão e implantação de abastecedouros comunitários que, embora gerais, são de fundamental importância para o sucesso do empreendimento.

A) **Implantação:** como o abastecedouro é de uso comunitário, trazendo benefícios e responsabilidades a diversos agricultores da microbacia hidrográfica, antes da sua implantação, deve ser desenvolvido um trabalho pela extensão rural de envolvimento(conscientização) de todas as pessoas que terão participação direta ou indireta no empreendimento.

B) **Localização:** na escolha do local, devem ser levados em consideração, em função das condições locais, a facilidade da captação da água, de preferência por gravidade, a facilidade de acesso dos usuários, o atendimento do maior número possível de agricultores e, ainda, um local que proporcione facilidade de impedir o escorrimento superficial para evitar a contaminação dos recursos hídricos e do meio ambiente.

C) **Qualidade da água:** águas com turbidez elevada não devem ser usadas para pulverização, pois podem provocar entupimentos e danos nos equipamentos, assim como influir na eficiência dos agrotóxicos aplicados. Além disso, águas poluídas por esgotos domésticos e industriais não devem ser usadas nas pulverizações para evitar a poluição do solo e / ou contaminação dos produtos agrícolas.

D) **Tipo de abastecedouro:** a escolha do tipo de abastecedouro deve ser feita em função das condições locais e do tipo de captação mais adequada à situação, devendo, sempre que possível, optar pelo tipo mais simples, condução das águas por gravidade e sem depósito. Pois as estruturas mais simples, além de exigirem menor investimento, têm construção e manutenção mais fáceis e menos onerosas.

E) **Escolha da tubulação:** para a condução das águas, a tubulação deve ser de diâmetro adequado para o abastecimento e de material de boa qualidade, que facilite as operações de abastecimento. Cuidados devem ser tomados para uma correta fixação e proteção da tubulação, que deve ser de material rijo e fixo, terminando com uma parte flexível para facilitar o abastecimento do pulverizador.

F) **Registro:** para o controle de vazão, deve ser usado registro adequado para o tipo de tubulação, de forma que proporcione a vazão necessária para o abastecimento e com facilidade de operação.

G) **Depósito:** quando for necessária a construção de caixa ou depósito, este deve ter dimensões adequadas (disponibilidade x necessidade), estrutura corretamente calculada e com sustentação que facilite as operações de abastecimento.

H) **Equipamento de recalque:** na escolha do equipamento do recalque, deve ser levado em consideração o desnível e a vazão necessária para atender à demanda no período de maior consumo de água. Além disso, o tipo de energia disponível para acionar o equipamento (eletricidade, combustível, roda d'água, carneiro hidráulico) deverá ser levado em consideração na escolha do tipo de bomba mais adequado para cada caso.

I) **Uso da água para outros fins:** o excesso de água do abastecedouro pode ser destinado para outros fins, como consumo humano e animal, pequenas irrigações ou piscicultura. Para esses casos o mais apropriado é que a fonte de captação seja poço semi-artesiano, que, devido ao alto custo de captação e à boa qualidade de água, merece uma utilização mais nobre.

J) **Poluição do manancial:** para maior controle da poluição durante o abastecimento e lavagem dos pulverizadores, a área do abastecedouro deverá receber estruturas(terraços ou bacias de captação) para reter o escoamento superficial e evitar a contaminação do manancial ou das águas subterrâneas.

L) **Próximo ao abastecedouro comunitário** deve ser construído um "Depósito de Lixo Tóxico", com a finalidade de armazenar temporariamente as embalagens dos agrotóxicos utilizados pelos agricultores(veja o capítulo "Depósito Comunitário de Lixo Tóxico", neste volume).

DEPÓSITO COMUNITÁRIO DE LIXO TÓXICO

Reinaldo Oléa Corrêa [1]

Atualmente, as embalagens dos agrotóxicos aplicados na agricultura, normalmente, são abandonadas às margens das plantações, estradas, riachos ou simplesmente lançadas em buracos e erosões. São, ainda, armazenadas na propriedade rural, inadequada e inadivertidamente em barracões ou moradias, sem as mínimas condições de segurança. Freqüentemente, essas embalagens são reutilizadas pelos agricultores e trabalhadores rurais para o acondicionamento de produtos de consumo humano, como água potável, leite, etc., colocando em risco a saúde humana.

Em menor proporção, os compradores e intermediários adquirem esse lixo tóxico nas propriedades, visando em escala industrial a reciclagem e reaproveitamento do material plástico, papel, papelão, latas e vidros, cuja abrangência e conseqüências de tais atos são, sem dúvida, perigosas ao homem e ao meio ambiente, ou mesmo de proporções pouco conhecidas.

A produção brasileira anual de agrotóxicos em 1988, segundo a ANDEF (Associação Nacional de Defensivos Agrícolas), foi de 148.902 toneladas. Desse total, estima-se que aproximadamente 50.000 toneladas foram comercializadas e consumidas no Estado de São Paulo, dando uma idéia aproximada do número de embalagens que anualmente são abandonadas no meio rural sem nenhum tratamento adequado.

Na área da Microbacia, além do controle da erosão, através da adoção de práticas mecânicas de conservação, de manejo adequado do solo, análise química, calagem, adubação balanceada, manejo de pragas, uso adequado de agrotóxicos e a construção de abastecedouro comunitário de água para pulverizações, o destino das embalagens, também consideradas produtos tóxicos, é de vital importância para se controlar a poluição no meio rural.

Para armazenamento adequado e temporário das embalagens na área rural, recomenda-se a construção de "Depósito de Lixo Tóxico", usando para tal o processo "Landfill", onde serão depositadas as embalagens para uma solução definitiva pela Secretaria do Meio Ambiente.

Esse tipo de depósito constitui-se numa área limitada e coberta com a base formada de três camadas de cascalho ou pedra britada, terra argilosa com espessura entre 5 e 7cm cada uma.

Calcula-se que em uma microbacia hidrográfica com aproximadamente 2.000 ha onde as principais culturas sejam soja, trigo, algodão e milho, seriam necessários 80m^2 para armazenamento das embalagens por dois anos. Após esse período, deverá ser dada uma destinação definitiva ao material através de incineração em fornos próprios ou por métodos físico-químicos ou biológicos.

A Figura 1 apresenta planta com as dimensões, formas, assim como os materiais utilizados na construção do depósito de lixo tóxico, onde devem ser armazenadas as embalagens para posterior solução definitiva.

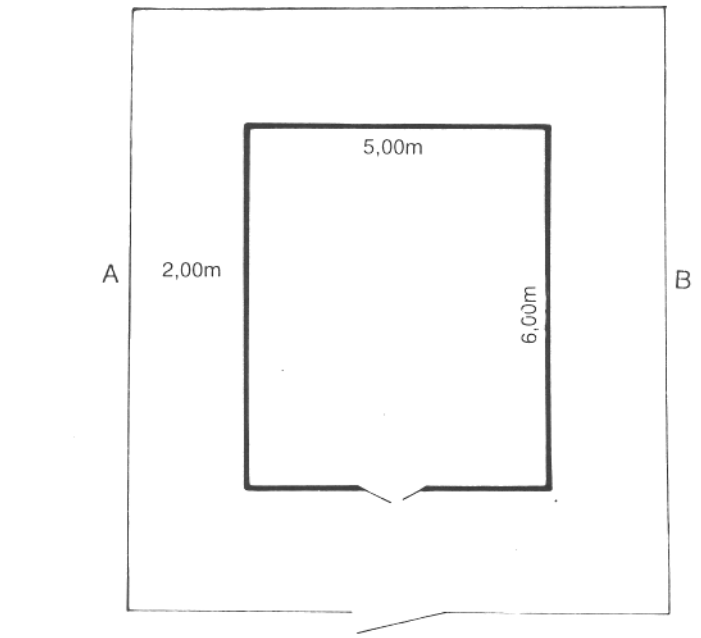
---

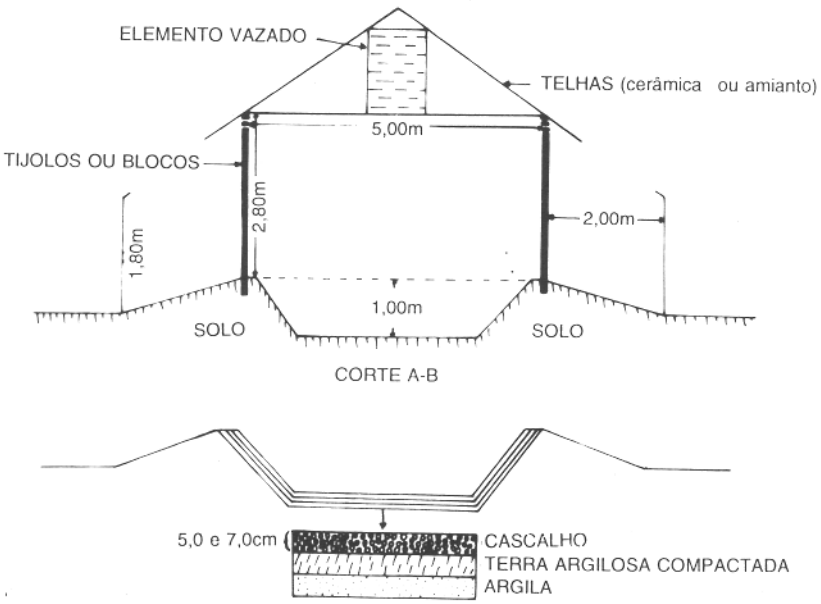
(1) Eng. Agr. - SAA/CATI

DEPÓSITO DE LIXO TÓXICO

Sistema Landfill - Unicamp

Adaptado pela Divisão Regional Agrícola de Marília - CATI/SAA





Projeto: DEPÓSITO DE LIXO TÓXICO.
(embalagens de agrotóxicos)

Escala: 1:100 - Área 30,00m^2 - Cap. 88,00m^3

Eng.^{o} Agr.^{o} REINALDO OLÉA CORRÊA - CREA - 36.999-SP.

FIGURA 1 - Planta de um Depósito de Lixo Tóxico com as dimensões e materiais usados na sua construção.

REFLORESTAMENTO

Rames Elias [1]

1 INTRODUÇÃO

Seria desejável que o Estado de São Paulo possuísse de 25 a 30% de sua área cobertos com vegetação permanente do tipo florestal. Entretanto, atualmente apenas 13,5% de seu território são cobertos com florestas.Há, portanto, um déficit de 11,5 a 16,5%, que, em termos de superfície, significam cerca de 2.800.000 a 4.100.000 hectares.

As florestas econômicas paulistas ocupam uma área de 6%, e as florestas nativas, 7,5%. As primeiras precisam ser expandidas para atenderem à crescente demanda de madeira e por representarem uma importante alternativa econômica de uso do solo em áreas impróprias às atividades agropastoris. Já as florestas constituídas de espécies florestais nativas, hoje em sua maior parte restritas à Serra do Mar, precisam recompor a vegetação de proteção de mananciais, nascentes, encostas e topos de morros.

As pressões naturais decorrentes da demanda de madeira incubir-se-ão de promover o aumento das florestas econômicas, formadas principalmente com espécies dos gêneros *Eucaliptus e Pinus*.Ao poder público resta, portanto, participar do processo, de modo a assegurar que a expansão dessas florestas econômicas ocorra de maneira adequada.

Já no caso das florestas a serem formadas com espécies nativas, a conotação é outra, pois, não existindo um interesse econômico direto, os benefícios recairão sobre a coletividade e às gerações futuras.Daí, o entendimento que cabe ao poder público participar do processo de recomposição de matas com espécies nativas, de natureza conservacionista, de maneira mais atuante, incentivando-o da melhor maneira possível, inclusive com subsídios financeiros aos proprietários rurais.

O Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas contempla essa conduta na forma de assistência técnica, fornecimento de mudas e auxílio na construção de cercas de proteção.

A proposta do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas, de reflorestar 37.600 hectares com espécies nativas em 7 anos, representa uma meta relativamente modesta, diante da extensão da área carente desse tipo de reflorestamento; mas é de se esperar que atue como um "detonador"de um processo paralelo, voltado para o mesmo fim, que envolva poder público e comunidade e acione todo o potencial disponível na coleta de sementes, na produção e no plantio de mudas e na proteção e consolidação de pequenos e grandes maciços florestais.

2 CULTURA DO EUCALIPTO

2.1 Clima

A escolha da espécie de eucalipto a plantar depende da combinação dos fatores climáticos: luz, temperatura, umidade atmosférica, ventos e precipitação.No Estado de São Paulo, há espécies que preferem clima temperado com médias pluviométricas regulares de 1.200mm/ano, e outras que se desenvolvem em clima mais ameno e úmido, com constantes nevoeiros e chuvas de inverno(Sul do Estado de São Paulo).

---

(1) Eng. Agr. - SAA/CATI/DSMM-CPM

2.2 Solos

A cultura não é exigente em propriedades químicas de solo, porém exigente quanto às propriedades físicas.O tipo de solo mais indicado para a cultura é o latosol vermelho escuro-orto, predominante e típico dos cerrados e campos-cerrados.

2.3 Controle de Erosão

O plantio deve ser em nível.

2.4 Espécies Cultivadas:

As espécies a serem cultivadas dependerão da finalidade da exploração.

- **Para lenha** (aos 8 anos): *Eucaliptus grandis, Eucaliptus urophyla, Eucaliptus saligna*.

- **Para carvão** (aos 8 anos): *Eucaliptus grandis, Eucaliptus urophyla, Eucaliptus saligna, Eucaliptus botryoides, Eucaliptus camaldulensis, Eucaliptus viminalis, Eucaliptus tereticornis, Eucalipius punctata, Eucaliptus resinifera, Eucaliptus paniculata.*

- **Para mourões** (aos 15 anos): *Eucalipitus botryoides, Eucaliptus urophyla,Eucaliptus Citriodora, Eucaliptus maculata, Eucaliptus paniculata, Eucaliptus camaldulensis, Eucaliptus tereticornis, Eucaliptus microcorys.*

- **Para postes** (aos 20 anos): *Eucaliptus paniculata, Eucaliptus propingua, Eucaliptus punctata, Eucaliptus resinifera, Eucaliptus camaldulensis, Eucaliptus tereticornis.*

- **Para vigas, caibros, ripas e tábuas** (dos 30 aos 40 anos): *Eucaliptus paniculata, Eucaliptus pilularis, Eucaliptus punctata, Eucaliptus robusta, Eucaliptus camaldulensis, Eucaliptus tereticornis, Eucaliptus citriodora.*

- **Para celulose** (aos 7 anos): *Eucaliptus saligna, Eucaliptus urophyla, Eucaliptus grandis.*

- **Para óleos essenciais** (após 1 ano de cultura, desfolhas): *Eucaliptus citriodora e Eucaliptus globulus.*

2.5 Formação de Mudas

Época: de junho a setembro

Procedimentos: Como substrato, usar terra de barranco peneirada. Como recipientes, utilizar tubetes(2,7 x 12,5 cm) ou outra embalagem adequada. Após encher os recipientes, peneirar uma camada fina de terra sobre os mesmos. Para cada metro quadrado de canteiro, regar uma solução fertilizante contendo 8 litros de água e 150g de adubo NPK 4-14-8. Peneirar nova camada de terra e semear 3 a 5 sementes por embalagem, cobrindo com leve camada de terra fina.Fazer duas regas por dia.

Após a semeadura, cobrir com uma camada de 0,5cm de palha de arroz, ou com sombrite 50% ou sapé e retirar a cobertura, estando as mudas com 2,5cm de altura. Fazer o desbaste, deixando uma muda por recipiente, podendo-se aproveitar as demais, plantando-as nos recipientes onde não houver germinação, após o corte das raízes, que devem ficar com 0,5cm de comprimento, no máximo.

Após a seleção e repicagem, regar com a solução fertilizante citada anteriormente, repetindo cada 15 dias, até que as mudas atinjam 15 cm de altura.

As mudas estarão prontas para plantio quando atingirem de 20 a 30 cm e estiverem avermelhadas, levando de 100 a 120 dias após a semeadura, para chegarem ao ponto de plantio.

2.6 Plantio

- **Preparo do terreno**

Limpeza ou desmatamento: roçada manual e destoca, com lâmina convencional ou tipo KG, rolo-faca e grade Rome.

- Descoivaramento

- Combate às formigas

- Arações e gradagens

- Correção da acidez: necessária em solos cujos resultados de análise acusarem saturação em bases inferior a 40%, até elevar esse índice para 50%. Aplicar calcário dolomítico a lanço, incorporando-o por ocasião da gradagem.

- Coveamento

- Abrir covas de 30 x 30cm, fechando-as em seguida com aterra misturada ao adubo.

- **Adubação**

- Mecanicamente, ao longo dos sulcos onde serão abertas as covas, ou manualmente, cova por cova, aplicando-se 100 gramas de NPK 10-30-10, de preferência 15 dias antes do plantio. Em se tratando de *Eucaliptus citriodora*, em solos de cerrado, acrescentar 10 gramas de bórax.

2.7 Época de plantio

- De outubro a março

2.8 Espaçamento

- De 2,00m x 2,50m; 3,00m x 1,50m; 3,00m x 2,00m.

Os espaçamentos menores são indicados para cortes precoces, reduzindo tratos culturais. Os espaçamentos maiores facilitam os tratos culturais.

2.9 Tratos Culturais

O controle das ervas daninhas pode ser manual (capinas e roçadas) ou mecânico (gradagem e roçadeira). No processo manual, os rendimentos são: capina (5 a 8 homens/dia/ha); roçada (2 a 4 homens/dia/ha).

2.10 Práticas específicas

Desbastes sucessivos e seletivos.

1: Desbaste: aos 7 anos, para lenha: 50% das árvores existentes.

2: Desbaste: aos 12 anos, para mourões e serraria: 50% das árvores restantes.

3: Desbaste: aos 18 anos, para postes e serraria: 50% das árvores restantes.

Corte Final: aos 24 anos, para toras(serraria).

2.11 Colheita, épocas e rendimentos

Épocas de corte: para lenha e para indústria: o ano todo

Para postes: inverno.

Rendimento: média estadual: 35 a 40 st(*)/ha/ano.

Máximo: 70 st/ha/ano.

3 CULTURAS DE PINUS SP

3.1 Clima

Diferentes espécies de *Pinus* ocorrem em regiões de clima subtropical(sul do Estado de São Paulo) e em zonas de clima tropical (região centro-oeste do Estado). As espécies indicadas para o sul exigem chuvas de 1.200 a 1.500mm anuais, bem-distribuídas, e resistem bem à geada (temperaturas abaixo de zero grau centígrado); já as espécies de clima tropical requerem temperaturas mais elevadas, chuvas de verão e inverno ameno e seco.

3.2 Solos

Os *Pinus* são menos exigentes que os Eucaliptos, suportando condições limitantes quanto à profundidade, porosidade e fertilidade.

3.3 Controle de erosão

Plantio deve ser em nível.

3.4 Espécies cultivadas

Para cada uma das regiões, têm-se:

- Região subtropical: *Pinus elliottii v. elliottii, Pinus taeda, Pinus patula.*

- Região tropical: *Pinus caribaea v. caribaea, Pinus caribaea v. babanensis, Pinus caribaea v. hondurensis, Pinus oocarpa, Pinus lesiya.*

3.5 Formação de Mudas

Basicamente são dois os sistemas de produção de mudas:

- **Região subtropical:** as mudas são plantadas de raiz-nua, não se usando recipientes.A semeadura nos viveiros é feita em sulcos, onde permanecem até atingir a altura de 20cm, quando são arrancadas, selecionadas, embaladas em caixas e enviadas para o campo.

- **Região tropical:** as mudas são produzidas por semeadura direta em sacos plásticos ou laminados de madeira, atingindo a altura de 20 a 25cm, são removidas dos canteiros, selecionadas e encaixotadas para o plantio no campo.

** 1st(estéres) = 0,65m^3 sólido= 880Kg.*

3.6 Plantio

• **Preparo do Solo:** feito pelo sistema manual ou mecanizado.

a) Sistema manual: consta das operações de :

- roçadas

- descoivaramento e enleiramento em nível

- alinhamento

- marcação e abertura das covas

b) Sistema mecanizado: consta das operações de :

- destoca

- enleiramento

- gradagens pesadas

- gradagem leve cruzada

- sulcagem

- marcação das covas

• **Correção do solo:** deve-se proceder à calagem em solos com teor elevado de alumínio livre e baixos teores de cálcio e magnésio, aplicando-se 2 a 3 toneladas de calcário dolomítico por hectare a lanço, antes da gradagem do preparo do solo.

• **Adubação:** aplicar no plantio, por planta:

25 gramas de N

60 gramas de $P_2 0_5$

15 gramas de $K_2 0$

3 gramas de boro

• **Combate às formigas:** após a limpeza do terreno, usando-se iscas granuladas no período seco.

• **Épocas de plantio:**

a) Região subtropical: no inverno chuvoso, com mudas de raiz-nua, podendo-se usar plantadeira mecânica de uma linha.

b) Região tropical: de outubro a março, com mudas embaladas em recipientes individuais.

• **Espaçamentos**: 2,00m x 2,00m; 2,00m x 2,50m; 2,00m x 3,00m.

Os espaçamentos menores permitem uma redução de tratos culturais; os maiores facilitam a mecanização dos tratos culturais e possibilitam a produção de maior volume de madeira no primeiro desbaste.

3.7 Tratos culturais

Utiliza-se o sistema de capina mista, através de capina manual nas linhas de plantas, e capina mecânica nas entrelinhas, através de gradagem leve ou passagem de enxada rotativa.

3.8 Práticas específicas

Para que as árvores possam alcançar altura e diâmetro adequados à exploração, para extração de resina ou para serraria, há necessidade de desbastes sucessivos. O primeiro desbaste é executado aos 6-7 anos; o segundo aos 11 e 12 anos, sempre retirando de 40 a 50% das árvores existentes, de tal maneira que sempre sejam cortadas as árvores dominadas, doentes ou defeituosas. Ainda deverá ser feito mais um desbaste aos 16-18 anos se houver interesse em toras de maior diâmetro. O quarto corte, que é o último será executado depois dos 20 anos de idade, retirando o restante das árvores. Para exploração específica de resina, serão executados somente o primeiro e o segundo desbaste. Note-se que, se a floresta for implantada com o objetivo de abastecimento de indústria, será executado corte raso aos 7 anos.

3.9 Colheita, épocas e rendimentos

Épocas:

a) para abastecimento de indústria; qualquer época;

b) toras: de preferência no inverno;

c) extração de resina: outubro a abril.

Rendimentos:

a) corte raso: média 30st/ha/ano;

b) serraria: varia com a espécie e idade da floresta;

c) resina: varia com a idade da floresta, com a espécie e com a localização.

RECOMPOSIÇÃO ARTIFICIAL DE MATA CILIAR

Marcelo de Souza Machado Crestana [1]

1 INTRODUÇÃO

As matas "à beira dos cursos d'água"estão expostas e sujeitas a um conjunto de fatores que define as particularidades de cada uma das formações e até mesmo a cada trecho ao longo dos cursos d'água, com diferenças florísticas e fisionômicas(estruturais) da vegetação ocorrente, independentemente de ações antrópicas.

De forma direta, o teor de água do solo é o maior condicionante da vegetação ribeirinha, que por sua vez está relacionada com o regime pluviométrico regional, com a topografia local, com o traçado dos rios e com os tipos de solo onde ocorre.

Os solos que sustentam essa vegetação são formados por processos de adição, variáveis quanto às suas características químicas e mineralógicas. São principalmente solos azonais, resultantes de movimento positivo do nível de bases, o que leva os rios a depositarem cascalho, areia e argila em seus vales.

Embora nos últimos anos tenha se intensificado a geração de trabalhos científicos sobre o assunto, ainda são insuficientes as informações obtidas para a região Sudeste, notadamente quando se consideram as várzeas de rios e lagos que constituem ambiente especial, devido às condições de inundação periódica, dependendo do regime hídrico local.

2 DENOMINAÇÃO DA VEGETAÇÃO

De fato essa vegetação tem sido denominada diferentemente. Assim é que, nas planícies da região amazônica e do Centro Oeste brasileiro, onde os grandes rios correm por entre os díques marginais formados por deposição, as formações vegetais protetoras desses cursos d'água, como "pestanas", são denominadas MATA CILIAR. Então, genericamente pode-se denominar MATA CILIAR as florestas ao longo dos cursos d'água.

Devido aspectos peculiares, nos pequenos rios, ribeirões e riachos, essa vegetação não apresenta estrutura fisionômica contínua, sendo conhecida no Centro Oeste como MATA DE GALERIA. Mata de Galeria, portanto, é a formação circundante não florestal, mostrando grande impacto fisionômico.

Outros termos podem ser empregados para designar essa formação vegetal, como MATA ALUVIAL, MATA DE ANTEPARO, MATA RIPÁRIA; a formação predominante é florestal, sem impacto fisionômico.

3 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DA MATA CILIAR

Uma das medidas básicas para a conservação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas alteradas consiste na implantação de matas ciliares, através da reintrodução de espécies vegetais adequadas a essa finalidade.

---

(1) Eng. Agr. - CATI/DEXTRU/CTRN

Estudos mais abrangentes sobre essas comunidades vegetais e seu ambiente, há poucos anos, vêm sendo desenvolvidos, sugerindo a necessidade de se proceder aos levantamentos florísticos a partir de áreas florestais remanescentes, visando à implantação de futuros programas de recomposição ciliar.

Na sua composição florística, as matas ciliares geralmente sofrem influências de outras formações vegetais próximas, através de espécies que se adaptam em maior ou menor grau ao ambiente ciliar.

A diversidade das espécies não é alta, se comparada àquelas encontradas nas matas do planalto ou atlântica, diversidade que se restringe ainda mais quando há excesso de água no solo.

Há, assim, várias classificações tentando indicar quais as espécies mais apropriadas às diferentes faixas, paralelas ao curso d'água.

4 CARACTERIZAÇÃO ECOFISIOLÓGICA DA VEGETAÇÃO

Considerando-se a inter-relação vegetação-topografia, pode-se afirmar que nas margens baixas ocorrem espécies vegetais, cuja dispersão necessariamente está ligada à água (hidrocoria), ou tolerantes a solos úmidos, encharcados ou brejosos, sujeitos a inundações periódicas, denominadas de ESPÉCIES EXCLUSIVAS - aquelas que ocorrem em um só ambiente (Figura 1 - Faixa I).

São, portanto, EXCLUSIVAS, as espécies resistentes ou adaptadas ao encharcamento.

Nas margens médias - (Figura 1- Faixa II)- ocorrem espécies de ampla distribuição, que normalmente ocorrem nas matas do Planalto Central, em solos sujeitos a inundações temporárias.São, portanto, espécies tolerantes ao encharcamento temporário.

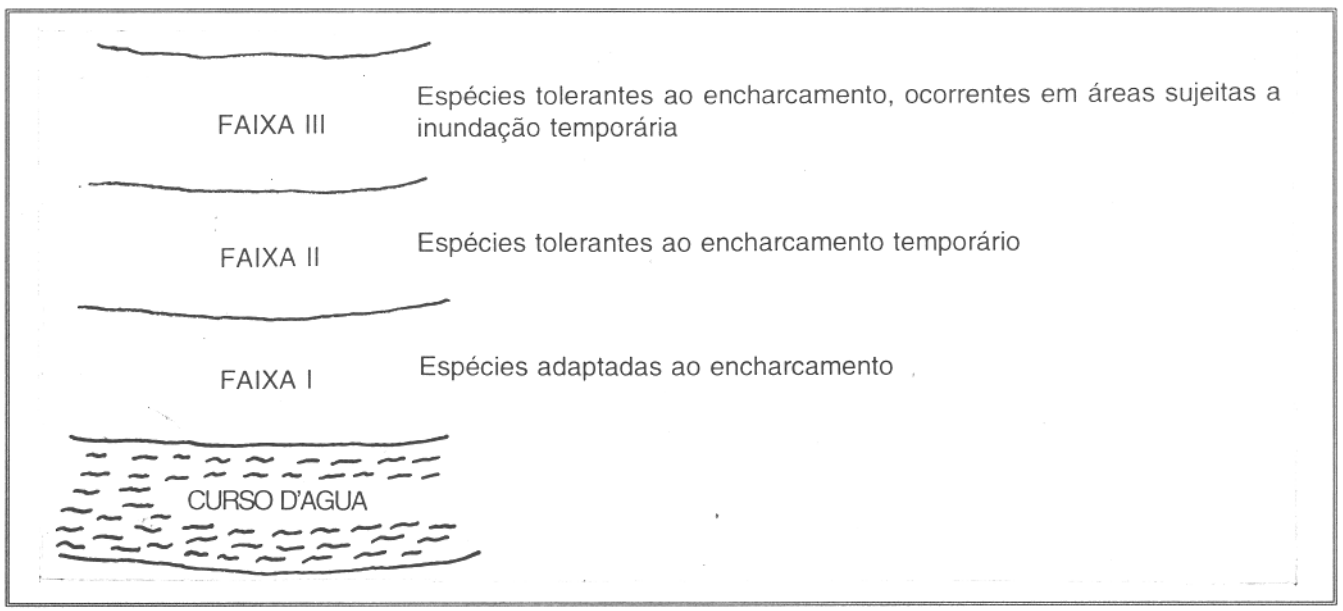


FIGURA 1 - Caracterização ecofisiológica da vegetação.

Já nas margens altas, (Figura 1-Faixa III) mais distantes portanto do curso d'água, ocorrem espécies frequentes nas formações vegetais vizinhas de terra firme, ou seja a mata de vizinhança, em solos de boas condições hídricas, mas sem excesso de água.São espécies não tolerantes ao encharcamento, ocorrentes em áreas não sujeitas à inundação.

A Figura 2 apresenta a caracterização gráfica dos cursos d'água no Estado de São Paulo.

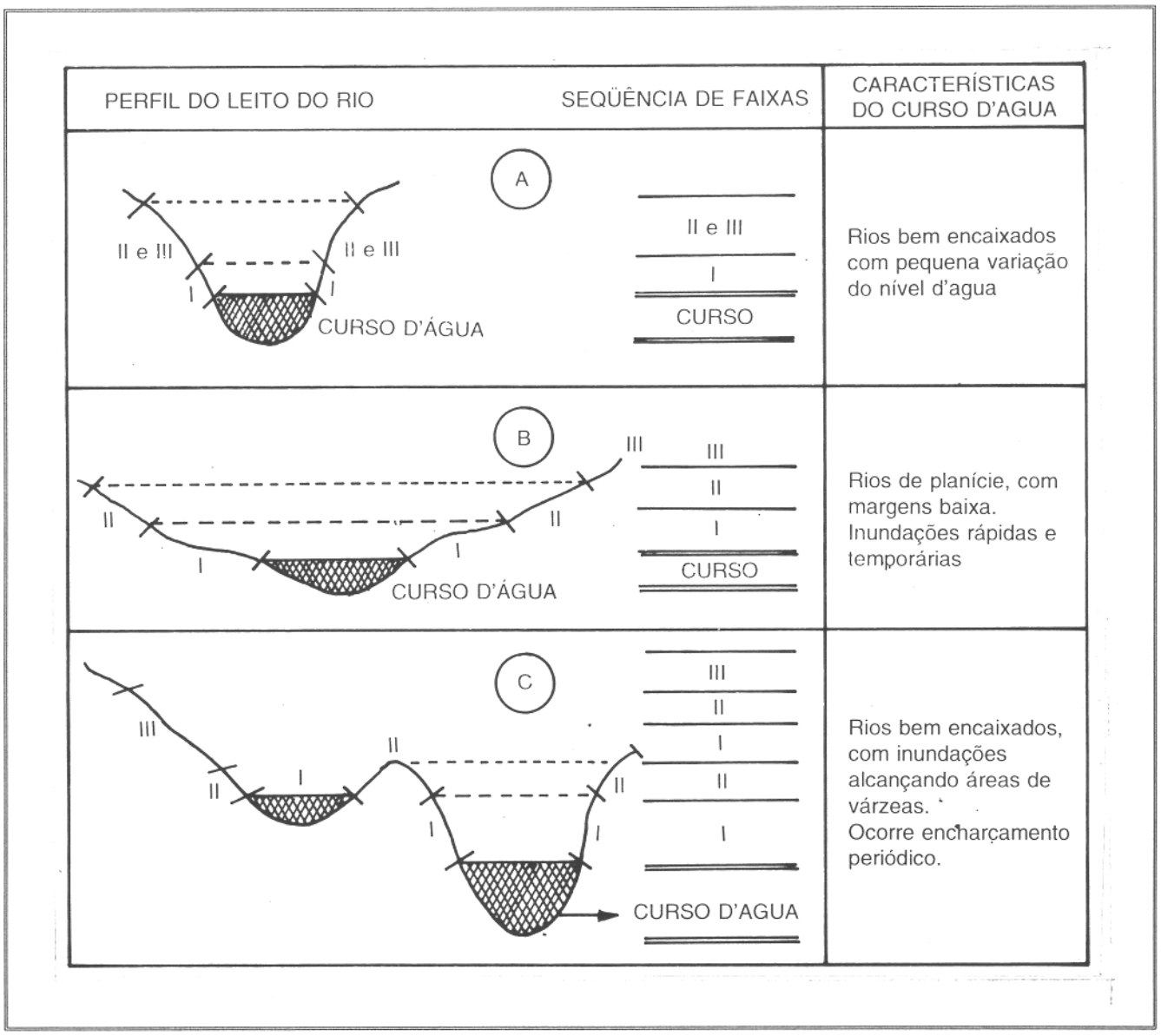


FIGURA 2 - Caracterização gráfica dos cursos de água no Estado de São Paulo.

6 TIPOS DE MATAS CILIARES NO ESTADO DE SÃO PAULO

As matas ciliares em São Paulo estão situadas em 4 grupos:

a) **Matas do litoral sul paulista:** sofrem influência da formação florestal da mata atlântica. Rio Ribeira.

b) **Matas do planalto paulista:** ocorrentes às margens dos rios Moji Guaçu, Piracicaba, Pardo, Atibaia, Jaguari, Camanducaia. São rios bem-encaixados, com variação não muito grande do nível d'água.

c) **Matas de planície:** as que ocorrem em rios de superfície, que por suas margens baixas transbordam, causando inundações rápidas e temporárias. Rios Grande, Paraná e Paranapanema.

d) **Matas do Vale do Rio Paraíba:** apesar de o rio Paraíba ser de planície, suas matas ciliares têm características próprias, sendo o elo de ligação entre a Mata Atlântica e a Mata do Planalto, recebendo influência das duas formações. Rios da região de Campos do Jordão e Serra da Mantiqueira.

7 SUCESSÃO SECUNDÁRIA E ESTRUTURA DA FLORESTA TROPICAL

A sucessão secundária é o mecanismo pelo qual as florestas tropicais se auto-renovam, através da cicatrização de pontos de distúrbios que ocorrem a cada momento em diferentes pontos da mata.

Assim, a floresta tropical seria como que um "mosaico"formado por um conjunto de áreas em diferentes estágios de sucessão, demonstrando que essa complexidade não só ocorre em termos de diversidade de espécies, mas também com relação à função das mesmas na renovação contínua da floresta.

Segundo Budowski(1965), há quatro grupos distintos de espécies arbóreas com características próprias, divididos em espécies PIONEIRAS, SECUNDÁRIAS INICIAIS, SECUNDÁRIAS TARDIAS E CLíMACES, em seqüência, o que orienta o restabelecimento da floresta a partir de um determinado distúrbio ou perturbação nela existente. Há, portanto, uma organização que deve ser respeitada e de maneira funcional.

As diferenças entre os quatro grupos sugeridos - e que devem, obrigatoriamente ser consideradas no planejamento e implantação dos projetos - estão relacionadas às necessidades de luz (qualitativa e quantativamente), germinação e longevidade das sementes, ciclo de vida da espécie considerada e agentes dispersores.

Caracteriza-se como espécie PIONEIRA a de rápido desenvolvimento, heliófilas, de ciclo de vida curto- árvores e arbustos de madeira branca, com dispersão através de pássaros e ventos.No planalto Paulista, é representada pelo Pau-pólvora (*Trema micrantha*), Vassoura (*Bracharis sp.*), Embaúvas (*Cecropia spp.*), Açoita-cavalo (*Luehea divaricada*), Jacarandá paulista (*Machaerium villosum*), Pau-de-viola (*Cytharexillum myrianthum*), Jacatirão (*Miconia candoleana*), Capixingui (*Croton floribundus*), Sangra d'água (*Croton urucurana*), e mais ao sul do Estado, a Bracatinga (*Mimosa scabrella*).

Na seqüência, surgem as espécies SECUNDÁRIAS, iniciais e tardias, com dispersão anemófila principalmente.São espécies de porte maior, com ciclo de vida pouco mais longo que as pioneiras, preferindo ambiente de meia sombra para se desenvolverem.Citam-se dentre outras:

-Araribá (*Centrolobium tomentosum*), Cabriúva (*Myroxylon spp.*), Cedro-rosa (*Cedrella fissilis*), Guanandi (*Calophyllum brasiliensis*), Embira-de-sapo (Lonchocarpus spp.), Ingás (*Inga spp.*), Ipê-amarelo (*Tabebuía vellosoî*), Ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae*), Jequitibás (*Cariniana spp.*), Marfim(*Balfourodendron riedelianum*), Pombeiro (*Tapirira guianensis*), Tamboril(*Enterolobium contortisiliquum*).

As PLANTAS CLíMACES, que geralmente têm sementes pesadas, dispersadas por mamíferos e pássaros, são espécies nobres de madeira dura com ciclo longo de vida, crescimento lento, necessitando de tutoramento (sombreamento) para seu desenvolvimento inicial são umbrófilas. Como exemplos, citamos: Canelas (*Nectandra e Ocotea*), Jenipapo (*Genipa americana*), Guarantã (*Esenbeckia leiocarpa*), Palmito (*Euterpe edulis*), Peroba *(Aspidosperma polyneuron*), Guaraiúva (*Securinega guaraiuva*), Jatobá (*courbaril*), Óleo-de-copaíba (*Copaifera langsdorfiil*).

Desse modo, nos arranjos, infinitas combinações podem ser propostas, caminhando para as plantas clímaces; o princípio básico é a associação de espécies que se equilibrem e se complementem, objetivando a auto-sustentação da floresta.

Quadro 1- Relação de Espécies Nativas, para recomposição de florestas no Estado de São Paulo

Nome comum	Nome científico	Estágio de sucessão			
		P	S1	S2	C
Açoita-cavalo-graúdo	Luehea grandiflora		x		
Açoita-cavalo-miúdo	Luehea divaricata		x		
Aldrago	Pterocarpus violaceus			x	
Amarelinho	Terminalia brasiliensis		x		
Amendoim-bravo	Pterogyne nitens		x		
Anda-açu	Joannesia princeps		x		
Angico- do-cerrado	Anadenanthera falcata	x			
Angico- da- mata	Parapiptadenia rigida	x			
Angico-vermelho	Anadenanthera macrocarpa	x			
Araribá-rosa	Centrolobium tomentosum		x		
Araticum-cagão	Annona cacans		x		
Aroeira-pimenteira	Schinus therebinthifolius	x			
Aroeira-preta	Myracroduon urundeuva		x		
Babosa-branca	Cordia superba			x	
Bacupari	Rheedia gardneriana				x
Barbatimão	Stryphnodendron adstringens	x			
Bico-de-pato	Machaerium nyctitans		x		
Boleiro/Tapiá	Alchornea sidaefolia	x			
Bracatinga	Mimosa scabrella	x			
Cabriúva	Myroxylon peruiferum			x	
Café-de-bugre	Cordia ecalyculata			x	
Caixeta-mole	Croton salutaris	x			
Cambará	Gochnatia polymorpha		x		
Canjarana	Cabralea canjerana			x	
Capitão-do-campo	Terminalia argentea		x		
Capororoca	Rapanea ferruginea	x			
Canafístula	Peltophorum dubium		x		
Canela-amarela	Nectandra puberola				x
Canela-batalha	Cryptocaria aschersoniana			x	
Canelinha	Nectandra megapotamica			x	
Canela-ferrugem	Nectandra rigida			x	
Canela-imbuia	Ocotea porosa		x		
Canela sassafrás	Ocotea odorifera				x
Capixingui	Croton floribundus	x			
Caputuna	Metrodorea stipularis				x
Caroba-branca	Jacaranda micrantha			x	
Casca d'anta	Rauwolfia sellowii			x	
Catiguá	Trichilia catigua				x
Caviúna	Machaerium scleroxylon			x	
Cedro-rosa	Cedrela fissilis			x	
Chá-de-bugre	Cordia sellowiana			x	
Chichá	Sterculia chicha			x	
Chuva-de-ouro	Cassia ferruginea			x	
Copaíba	Copaifera langsdorffii			x	
Coração-de-negro	Poecilanthe parviflora			x	

Continuação quadro 1

Nome comum	Nome científico	Estágio de sucessão			
		P	S1	S2	C
Cumbaru	Dipteryx alata			x	
Dedaleiro	Lafoensia pacari		x		
Embaúvas	Cecropia spp	x			
Embira-de-sapo	Lonchocarpus spp		x		
Farinha-seca	Albizia hasslerii		x		
Faveiro	Pterodon emarginatus		x		
Figueira-branca	Ficus nymphaefolia			x	
Figueira	Ficus glabra			x	
Garapa	Apuleia leiocarpa			x	
Goiaba	Psidium guajava		x		
Grumixana	Eugenia brasilienses			x	
Guaçatonga	Casearia silvestris				x
Guaiçara	Luetzlburgia auriculata		x		
Guaiuvira	Patagonula americana		x		
Guanandi	Calophyllum brasiliensis		x		
Guapuruvu	Schizolobium parahyba		x		
Guaraiúva	Securinega guaraiuva			x	
Guarajuba	Buchenavia sp.				x
Guarantã	Esenbeckia leiocarpa				x
Guaritá	Astronium graveolens			x	
Guariroba	Syagrus oleracea		x		
Guatambu-grande	Aspidosperma ramiflorum			x	
Guatambu-oliva	Aspidosperma parvifolium			x	
Imbiruçu	Pseudobombax grandiflorum		x		
Ingás	Inga spp.		x		
Ipê-amarelo-do-brejo	Tabebuia umbellata		x		
Ipê-amarelo-do-campo	Tabebuia ochracea		x		
Ipê-amarelo-da-mata	Tabebuia vellosoi			x	
Ipê-felpudo	Zeyheria tuberculosa		x		
Ipê-roxo-de-bola	Tabebuia impetiginosa		x		
Ipê-roxo-da-mata	Tabebuia avellanedae			x	
Jabuticaba	Myrciaria trunciflora			x	
Jacarandá-da-Baía	Dalbergia nigra			x	
Jacarandá-do-campo	Platypodium elegans		x		
Jacarandá-paulista	Machaerium villosun		x		
Jacatirão	Miconia cinnamomifolia	x			
Jambolão	Syzygium jambolana		x		
Jaracatiá	Jacaratia spinosa		x		
Jatobá	Hymenaea stilbocarpa				x
Jenipapo	Genipa americana			x	
Jequitibá-branco	Cariniana estrellensis			x	
Jequitibá-rosa	Cariniana legalis		x		
Jerivá	Syagrus romanzoffiana		x		
Louro-pardo	Cordia trichotoma		x		
Louveira	Cyclolobium vecchi			x	

Continuação quadro 1

Nome comum	Nome científico	Estágio de sucessão			
		P	S1	S2	C
Mamica-de-porca	Zanthoxylum spp.		x		
Manduirana	Senna macranthera	x			
Marinheiro	Guarea guidonea		x		
Mirindiba-rosa	Lafoensia glyptocarpa		x		
Monjoleiro	Acacia polyphylla	x			
Morcegueira	Andira fraxinilofolia			x	
Mulungu	Erytrina mulungu		x		
Oiti	Licania tomentosa			x	
Óleo-pardo	Myrocarpus frondosus		x		
Olho-de-cabra	Ormosia arborea			x	
Paineira	Chorisia speciosa		x		
Palmito	Euterpe edulis				x
Pau-brasil	Caesalpinia echinata			x	
Pau-d'alho	Gallesia integrifolia		x		
Pau-ferro	Caesalpinia leiostachya		x		
Pau-jacaré	Piptadenia gonoacantha	x			
Pau-de-jangada	Apeiba tibourbou		x		
Pau -marfim	Balfourodendon riedelianum		x		
Pau-pereira	Platycyamus regnellii		x		
Pau-pólvora	Trema micrantha	x			
Pau-rei	Pterygota brasiliensis				x
Pau-de-viola	Cytharexillum myrianthum		x		
Peito- de-pomba	Tapirira guianensis		x		
Peroba- poca	Aspidosperma cylindrocarpon			x	
Peroba -rosa	Aspidosperma polyneuron				x
Pessegueiro- bravo	Prunus sellowii		x		
Pindaíba	Duguetia lanceolata			x	
Pinha do brejo	Talauma ovata		x		
Pinheiro brasileiro	Araucaria angustifolia		x		
Pequi	Caryocar brasiliense			x	
Pitanga	Eugenia uniflora			x	
Saguaraji-vermelho	Colubrina glandulosa		x		
Saguaraji-amarelo	Rhamnidium elaeocarpus			x	
Sangra-d'água	Croton urucurana	x			
Suinã-da-mata	Erythrina falcata		x		
Sapucaia	Lecythis pisonis			x	
Taiúva	Maclura tinctoria		x		
Tamanqueira	Aegiphila sellowiana	x			
Tamboril	Enterolobium contortisiliquum		x		
Tapiá/Folha-de-bolo	Alchornea glandulosa	x			
Tarumã	Vitex montevidenses		x		
Uvaia	Eugenia pyriformis			x	
Vassoura/Alecrim	Bracharis sp	x			

8 SISTEMAS DE REFLORESTAMENTO CILIAR E IMPLANTAÇÃO

A avaliação do grau de perturbação ou degradação da área ciliar em análise irá determinar qual método de reflorestamento deverá ser adotado, podendo ser feito, também, a partir da fisionomia da vegetação existente.

A regeneração natural é um sistema adotado em áreas pouco perturbadas- ambientes alterados- e que mantem a maioria das características bióticas- fauna e flora- das formações florestais típicas da área a ser preservada. O método é recomendado para locais onde existe floresta remanescente nas proximidades, de modo que os processos naturais de recuperação possam agir; existe, portanto, banco de sementes, banco de plântulas, "chuva"de sementes e rebrota. O sistema se viabiliza a partir do **isolamento** dessas áreas, através da instalação de cercas e manutenção de aceiros protetores. A ação humana é simplesmente um meio auxiliar na recuperação do ecossistema perturbado.

O segundo método, chamado de **enriquecimento da floresta secundária**, consiste em se acrescentar sob as copas das árvores remanescentes mudas de espéciéis secundárias iniciais e tardias, enriquecendo esses locais em diversidade de espécies já ocorrentes naquela região bioclimática. É importante manter-se um espaçamento médio de 10 metros quadrados por planta, ou cerca de 3,30m x 3,30m, numa densidade de plantio aproximada de 1000(mil) individuos por hectare, incluindo-se os já existentes na área.

Já o conhecido **reflorestamento heterogêneo com essências nativas** é o sistema a ser adotado em áreas desflorestadas, que não conservam características bióticas das formações originais.

Esse sistema vem sendo desenvolvido a partir de **3 linhas básicas:** 1)Plantio aleatório de espécies não selecionadas; **2)** Seleção de espécies e distribuição no campo segundo características fitossociológicas da formação florestal original; **3)** Seleção de espécies e plantio segundo os estágios sucessionais.

Merece destaque especial o sistema sucessional, que possibilita promover o reflorestamento de determinada área em curto espaço de tempo, através da aplicação de uma diversidade menor de espécies que as determinadas pelos processos fitossociológicos.

Assim, as espécies são subdivididas em 4 grupos distintos, proposta válida para espécies arbóreas tropicais: pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímaces. Recomendam-se, por razões ecológicas e econômicas, adotar espaçamentos de 3 x 2 metros, até 3,30m x 3,30 metros - de 4 a 10 metros quadrados por indivíduo -o que determina uma população de 1.000 a 2.500 plantas/hectare, empregando-se representantes de todos os estágios sucessionais, distribuídos nos seguintes percentuais: 50%:25%:15%:10%(pioneira, secundária inicial, secundária tardia e clímax).

As covas de plantio devem ter dimensões aproximadas de 0,40x0,40x0,40m a 0,60x0,60x0,60m, abertas manual ou mecanicamente. A adubação básica deve seguir as indicações da análise do solo, porém, de maneira geral, é interessante proceder-se à calagem com antecedência mínima de 60 dias ao plantio e à adubação mínima com 300 gramas por cova, com fertilizante químico da fórmula 10:10:10, considerando-se o plantio feito na ocasião da estação das águas.

Quanto à distribuição espacial, há vários esquemas propostos pela prática, sendo mais viáveis os seguintes:

a) Sistema de módulos de forma quadrada

Organizam-se no campo, de forma seqüencial, como se formássemos um tabuleiro, repetidos de acordo com a disponibilidade de mudas e dentro da diversidade encontrada de espécies, como mostra a Figura 3.

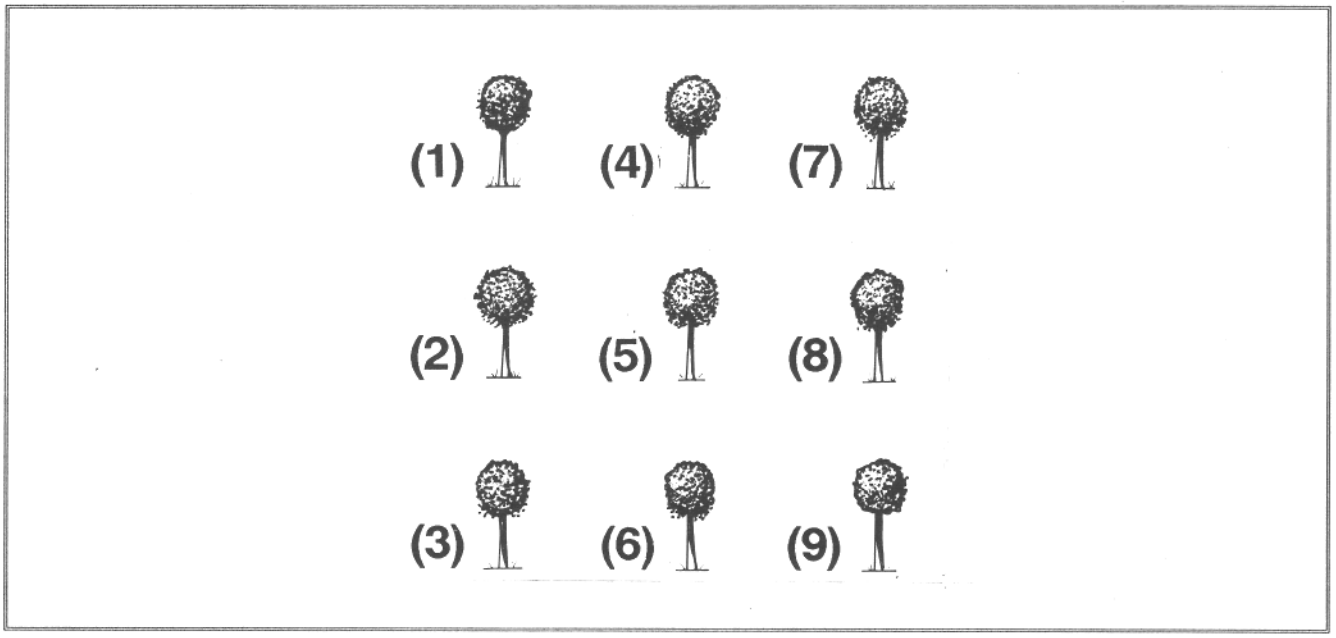


FIGURA 3 - Esquema de distribuição de mudas no campo (Adaptado de Rodrigues et allii 1987).

Onde os números, entre parênteses indicam indíviduos, tendo sempre ao centro (5) espécies em estágio mais avançado de sucessão (clímaces e secundárias tardias). Os demais (1), (2), (3), (4), (6), (7), (8) e (9), pertencem aos estágios de pioneiras e secundárias (tardias e iniciais).

b) Sistema de faixas paralelas.

Usa-se a mesma proporção recomendada anteriormente, adensando-se o plantio na faixa marginal.

Convém lembrar que, tanto num sistema quanto no outro, nas áreas mais próximas à linha d'água e portanto nas condições de maior ou menor umidade, temporária ou permanentemente, só se admite plantar espécies exclusivas, as quais se desenvolvem regularmente em solos normais de terra firme; não se podem plantar espécies de terra firme em áreas úmidas, pois elas perecerão.

O esquema de plantio é o seguinte:

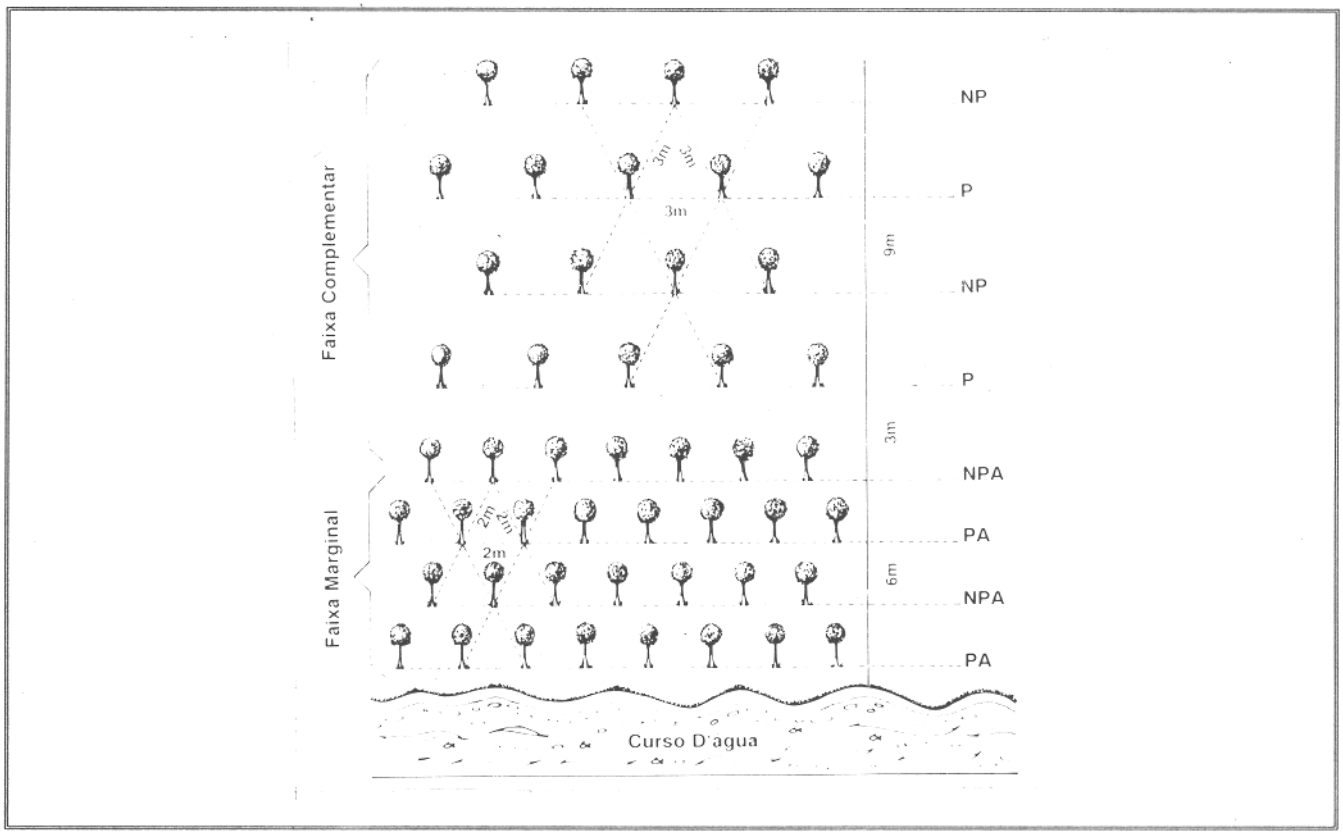


FIGURA 4 - Esquema de plantio ciliar em faixas paralelas (Adaptado de SALVADOR, 1989).

Onde:

 - Indivíduos

PA- Espécies Pioneiras de Água

NPA- Espécies Não-Pioneiras de Água

P - Espécies Pioneiras

NP - Espécies Não-Pioneiras

Dentre outras, como exclusivas, podemos citar as seguintes espécies: guanandi (***Calophyllum brasiliensis***), ingás (*Inga spp*), pau-de-viola (*Cytharexillium myrianthum*), sangra-d'água (*Croton urucurana)*, ipê-do-brejo (*Tabebuia umbellatta*), pinha-do-brejo (*Talauma ovata*).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAITELLO, J.B et al. **Vegetação - Composição e Estrutura**. 2. Curso Internacional sobre Manejo de Bacias Hidrográficas na Área Florestal - Apostila. 1991.

BARBOSA, L.M. **Simpósio sobre Mata Ciliar**. Anais. Fundação CARGILL, Campinas, 335 p., 1989.

BELLINAZZI, R. Jr. et. al. **Plano Diretor de uso e manejo da bacia hidrográfica do ribeirão Cachoeirinha,** no município de Iracemápolis, São Paulo. Secretaria da Agricultura, CATI, Prefeitura de Iracemápolis, 94 p, 1987.

BERTONI, J.E de A. & MARTINS, F.R. **Composição florística de uma floresta hipária na Reserva Estadual de Porto Ferreira**, SP. Acta. Bot. Bras.1 (1): 17-26. 1987.

BERTONI. J.E. de A. **Manejo Florestal de Bacias Hidrográficas.** 2º Curso Internacional sobre Manejo de Bacias Hidrográficas na Área Florestal. Apostila.1991.

BIELLA, L. C. **Reflorestamento Misto com essências nativas na UHC Paraibuna.** Boletim do Departamento de Recursos Naturais, CESP, São Paulo, 14 p., 1981.

BUDOWSKI, G. **Distribution of tropical American rain Forest species in the light of successional processes.** In: Turrialba. 15:40-42. 1965.

CARPANEZZI, A.A. **Talhões pioneiros para a recuperação de ecossistemas florestais degradados.** Rio Claro, UNESP, área de Biologia Vegetal. Apostila. 12p.1991.

CRESTANA, M.de S.M. **Recomposição artificial de matas ciliares**. Secretaria da Agricultura. CATI/DEXTRU/CTRN. Apostila. 10p. 1991

CRESTANA, M. de S.M. **Projeto de Recomposição da Mata Ciliar e Proteção das Nascentes e dos Cursos d'água da Microbacia de Hidrográfica do Córrego Jataí, no Município de Jales, Est. de São Paulo.** CATI/ DEXTRU/ CTRN. apostila 11 páginas. 1992.

DURIGAN, G & Nogueira, J.C.B. **Recomposição de matas ciliares.** IF. Série Registros, São Paulo, (4): 1-14. 1990.

GIBB'S , P.E & LEITÃO FILHO, H.F. In: **Floristic composition of an area of gallery forest near Mogi Guaçu,** State of. São Paulo, SE Brasil-Revta. Brasil. Bot .3 (1/2): 17-22. 1978.

HUEK, K. **As florestas da América do Sul**. São Paulo. Polígono. 1972.

KAGEYAMA, P.Y. et alii. — **Estudo para implantações de matas ciliares de proteção na bacia hidrográfica do Passo-Cinco, visando a utilização para abastecimento público**. São Paulo. DAEE/ USP/ FEALQ. 236 p. (Relatório de Pesquisa). 1986.

KAGEYAMA, P.Y. **Resultados de Pesquisa do Convênio CESP / ESALQ / IPEF sobre a Biologia Reprodutiva de Espécies Nativas e Reflorestamento Misto ao Redor de Barragens.** Piracicaba. 1986, 75 p. (Relatório).

LEITÃO FILHO, H.F. **Espécies de cerrrado com potencial em fruticultura** . 29º Congresso Anual da Sociedade Americana de Ciências Hortícolas. Campinas. 18 p. (apostila). 1981.

LEITÃO FILHO, H.F. **Aspecto taxonômicos das florestas do Estado de São Paulo**. In: Silvicultura em São Paulo, 16 A, parte 1: 197-206. 1982.

MAINIERI, C. **Madeiras brasileiras**. S. Paulo. Instituto Florestal CPRN. Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo. 108. p. 1970.

MAINIERI, C. **Madeiras do litoral Sul**. São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Boletim técnico nº 23 - São Paulo - Instituto Florestal. Secretaria da Agricultura. 85 p. 1973.

MAINIERI, C & CHIMELO, J.P. **Fichas de características das madeiras brasileiras.** IPT, São Paulo.1989.

MANTOVANI, W. et alli. **Estudo fitossociológico de áreas de mata ciliar em Mogi Guaçu**, SP. In: Simpósio sobre mata ciliar. São Paulo. Anais, p. 235-267. 1989.

NOGUEIRA, J.C.B. **Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas** - São Paulo, Instituto Florestal (Bol. Téc. 24). 1977.

NOGUEIRA, J.C.B. **Regeneração natural de mata ciliar na Estação Ecológica de Bauru** (comunicação). IN: Congresso Florestal Brasileiro. 6, Campos do Jordão - SP, Anais p. 305-307. 1990.

REVISTA GLOBO RURAL. n. 51. **Conservação - A mata olha o rio.** Texto de Cláudio Cerri. 98 páginas. 1990.

RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**; manual de dendrologia brasileira. São Paulo, Edgard Blucher / EDUSP. 240 p. 1971

SALVADOR, J. do L. G. **Considerações sobre matas ciliares e a implantação de reflorestamentos mistos nas margens de rios e reservatórios** - São Paulo. CESP 29 p. (Série Divulgação e Informação) 1987.

SALVADOR, J.L.G & OLIVEIRA, S.B . **Reflorestamento Ciliar de Açudes.** CESP, (Série Divulgação e Informação, nº 123. 1989. 14 p.

SECRETARIA DA AGRICULTURA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Carta climática do estado de São Paulo.** Sistema de Köeppen. Instituto Agronômico, seção de Climatologia Agrícola. 1966.

SETOR DE COMUNICAÇÃO SOCIAL DA CIA. SOUZA CRUZ. In Revista **"Reflorestar é Preservar"** 46 p. 1992.

TOLEDO, A.E.P et al. **Recuperação de Áreas Degradadas.** CESP, SÉRIE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO, nº 59). 1990. 16 p.

TOLEDO FILHO, D. V. **Composição florística e estrutura fitossociológica de vegetação de cerrado no Município de Luís Antônio (SP)**. Dissertação de Mestrado. UEC. Campinas 173 p. 1984.

TOLEDO FILHO, D. V. **Competição de espécies arbóreas de cerrado** - Bol. Téc. IF. São Paulo, 42:61-70. 1988.

ÍNDICE

	Página	Volume
A		
Abastecedouros comunitários	103	5
Adubação orgânica	37	3
Adubação verde	43	3
Alternância de capinas	55	3
C		
Calagem e adubação química	5	3
Canais divergentes	53	4
Canais escoadouros vegetados	37	4
Ceifa do mato	57	3
Cobertura morta	59	3
Classificação técnica	121	2
Controle de erosão em estradas rurais	1	5
Controle de voçorocas	25	5
Cultura em faixa	51	3
D		
Distribuição racional de estradas e carreadores	1	4
Depósito comunitário de lixo tóxico	109	5
Drenagem de várzeas	79	5
E		
Embaciamento	61	4
Embasamento Técnico do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas	1	1
Estruturas mecânicas para controle de erosão e estabilização	57	4
F		
Faixa de vegetação permanente	7	4
Formação e manejo de pastagens	89	3
G		
Gesso agrícola	33	3
H		
Hidrologia, climatologia e agrometeorologia	1	2

	Página	Volume
M		
Manejo da água	31	5
Manejo físico de pastagens	63	4
P		
Plantio em nível	3	4
Preparo do solo para culturas anuais	61	3
Produção vegetal	1	3
R		
Recomposição artificial de mata ciliar	117	5
Reflorestamento	111	5
Rotação de culturas	49	3
S		
Solos do Estado de São Paulo	70	2
T		
Terraceamento agrícola	11	4
U		
Utilização de fotografias aéreas e de mapas no planejamento de Microbacias Hidrográficas	157	2