

DIAGNÓSTICO DO SANEAMENTO NA AP-4

MEMÓRIA DE CÁLCULO

1. ESTUDO POPULACIONAL

Para o estudo populacional dos Estudos de Concepção da Área de Planejamento 4 (AP4) da cidade do Rio de Janeiro, utilizou-se como base a malha de setores censitários disponibilizados pelo IBGE relativos ao ano de 2010 e o levantamento de domicílios particulares e coletivos e das pessoas residentes nesses setores. O quantitativo de moradores corresponde a variável *v014* da base de informações do Censo 2010. A população foi projetada para o ano inicial do horizonte de projeto, isto é, ano de 2020.

1.1. Metodologia

Através da delimitação das bacias de esgotamento de cada estudo, foi possível analisar quais setores censitários estavam parcial ou completamente inseridos nelas. Essa análise espacial foi realizada com auxílio de imagens de satélite e de software de SIG (Sistema de Informações Geográficas).

No caso do setor censitário não estar completamente inserido dentro da bacia de contribuição, foi atribuída uma porcentagem relativa a ele. Essa porcentagem foi estimada de acordo com a área correspondente em si e com a concentração populacional observada em imagens de satélite. Logo, a população de residente em 2010 foi obtida através da soma das populações dos setores censitários, multiplicada pela sua porcentagem de inserção na bacia de esgotamento.

A partir de dados do IBGE da população da Área de Planejamento 4 – AP4 referente aos anos de 1991, 2000 e 2010 foi possível projetar a população para o ano de 2020 a partir de métodos matemáticos (aritmético, geométrico, taxa de crescimento decrescente e curva logística).

Como os 40 estudos de concepção se localizam na Área de Planejamento 4 (AP4), foi estipulada uma taxa de crescimento que foi aplicada à população de cada estudo, uma vez que se espera que a parte cresça semelhante ao todo.

Os dados populacionais da Área de Planejamento 4 – AP4 constam na tabela a seguir:

Área de Planejamento 4 da cidade do Rio de Janeiro	
Ano	População residente IBGE
1991	526.302
2000	682.051
2010	909.955

Tabela 1: Dados Populacionais – Área de Planejamento 4 – AP4 (IBGE)

Projeção populacional

Para se estimar a população referente ao ano de 2020 dos estudos de concepção feitos com base nos setores censitários, foram analisados quatro modelos de evolução populacional: Método Aritmético, Método Geométrico, Método da Taxa de Crescimento Decrescente e o Método Logístico.

- **Método Aritmético**

O Método Artimético é normalmente utilizado para estimativas de menor prazo e o crescimento populacional é estimado segundo a premissa de que cresce à taxa constante (K_a). Logo, obtêm-se os valores das populações, P_0 e P_1 correspondentes a duas datas anteriores, t_0 e t_1 , referentes a dois censos, e calcula-se a razão ou taxa de crescimento aritmético nesse período. Sendo:

$$K_a = \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0} \quad (1)$$

Resultando na projeção da população futura (P), correspondente ao período futuro (t):

$$P = P_0 + K_a \times (t - t_0) \quad (2)$$

Ao analisar as condições dos outros métodos utilizados, viu-se necessário que os dados devam estar igualmente espaçados no tempo. Para tanto, foi realizado uma estimativa para o ano de 1990, através do método de projeção aritmética, tendo em vista sua melhor aplicação para tempos menores. Desta forma todos os dados estariam intercalados em 10 anos, satisfazendo a condição. Para tanto, foi utilizado as equações 1 e 2.

- Método Geométrico

O Método Geométrico é normalmente utilizado para estimativas de menor prazo e o crescimento populacional é proporcional a população existente em um determinado ano. Calcula-se a taxa de crescimento geométrico (K_g) pela seguinte expressão:

$$K_g = \frac{\ln(P_1) - \ln(P_0)}{t_1 - t_0} \quad (3)$$

Onde P_1 e P_0 é a população do censo do período t_1 e t_0 , respectivamente.

A expressão geral que resulta na população futura (P), correspondente ao período futuro (t), por este método é:

$$P = P_0 \times e^{K_g(t-t_0)} \quad (4)$$

- Método da taxa de crescimento decrescente

Baseia-se na premissa de que a taxa de crescimento se torna menor à medida em que a população cresce, e esta, tende a população de saturação. Neste caso, estima-se uma população de saturação (P_s) e se calcula a taxa de crescimento decrescente (K_d).

A população de saturação (P_s) é determinada pela equação:

$$P_s = \frac{2 \times P_0 \times P_1 \times P_2 - P_1^2 \times (P_0 + P_2)}{P_0 \times P_2 - P_1^2} \quad (5)$$

O valor da taxa de crescimento decrescente (K_d) é calculado por:

$$K_d = \frac{-\ln \frac{(P_s - P_2)}{P_s - P_0}}{t_2 - t_0} \quad (6)$$

Por fim, resultando na projeção da população futura (P), correspondente ao período futuro (t), expressa por:

$$P = P_0 + (P_s - P_0) \times [1 - e^{-K_d(t-t_0)}] \quad (7)$$

- Método da curva logística

Considera que a população cresce assintoticamente em função do tempo para um valor limite de saturação (P_s). A curva resultante deste método matemático tem o formato de “S”.

A equação logística tem o seguinte formato:

$$P = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{K_l(t-t_0)}} \quad (8)$$

A população de saturação (P_s) pode ser determinada pela equação 5 da mesma forma que no método da curva logística.

O Coeficiente c é dado pela equação:

$$c = \frac{P_s - P_0}{P_0} \quad (9)$$

A taxa de crescimento logístico (K_l) é obtido pela equação:

$$K_l = \frac{1}{t_2 - t_1} \times \ln \left[\frac{P_0 \cdot (P_s - P_1)}{P_1 \cdot (P_s - P_0)} \right] \quad (10)$$

Onde P_2, P_1, P_0 é a população do censo do período t_2, t_1 e t_0 , respectivamente.

É importante verificar as seguintes condições iniciais para a aplicação este método:

- Dados igualmente espaçados no tempo, isto é, $t_1 - t_0 = t_2 - t_1$
- Os pontos da curva ainda devem respeitar:
 - $P_0 < P_1 < P_2$
 - $P_0 \times P_2 < P_1^2$

Uma vez feitos os ajustes para que as condições necessárias à aplicação deste método sejam satisfeitas, é possível projetar a população pelo método da curva logística.

- Escolha do método utilizado

Utilizando os dados da *Tabela 1* com as fórmulas apresentadas anteriormente pelos métodos matemáticos, obteve-se as seguintes projeções de população para 2020.

Método Matemático	População (habitantes)
	2020
Aritmético	1.111.878
Geométrico	1.213.864
Decrescente	1.102.608
Logístico	1.198.473

Tabela 2: População projetada para 2020 através dos métodos matemáticos.

A escolha do melhor método foi baseada na análise do comportamento da projeção populacional ao longo dos anos (observar *Gráfico 1* a seguir) e descartando os métodos que apresentaram o maior e o menor valor de população. Desta maneira, foi escolhida a projeção populacional através do métodos da curva logística.

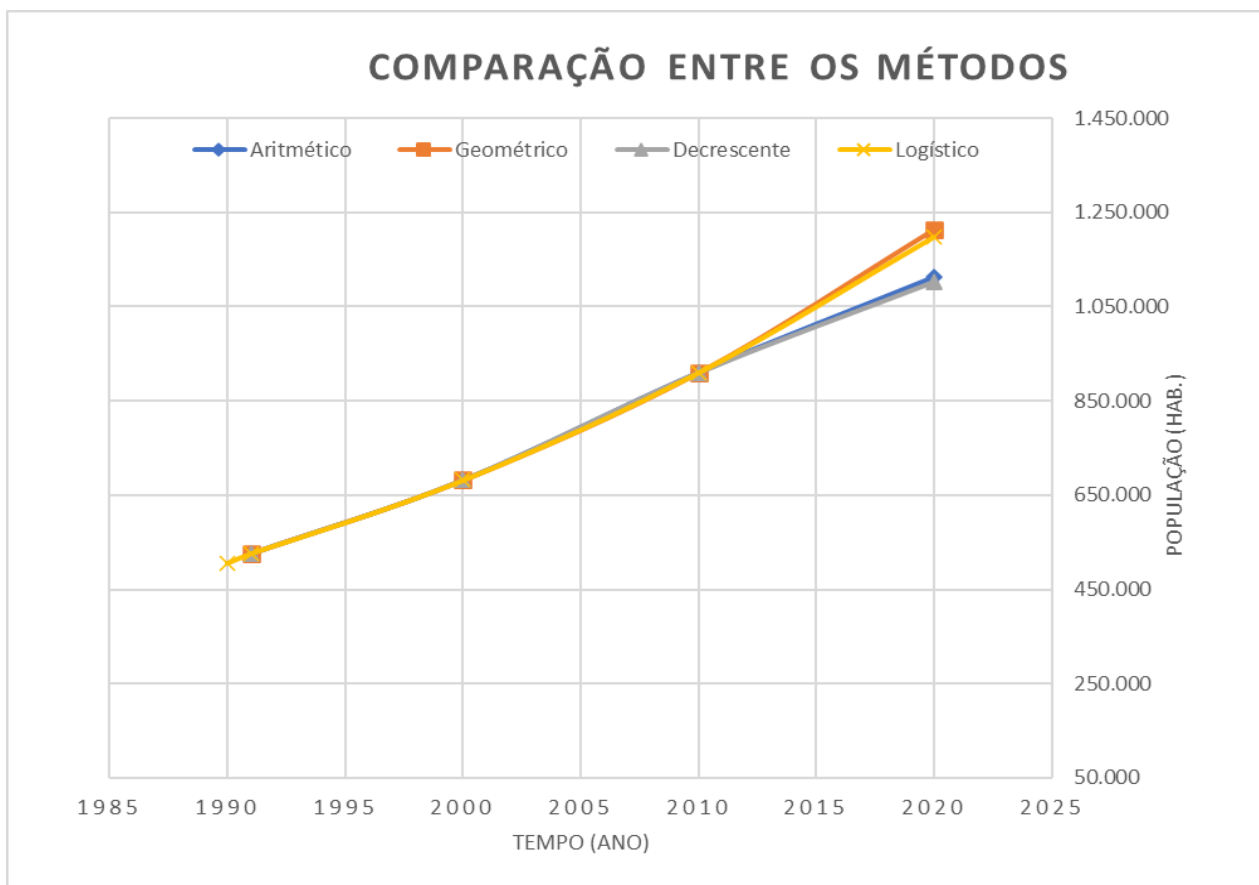


Gráfico 1: Projeção Populacional para o ano de 2020 – Área de Planejamento 4 – AP4

Através do método da curva logística obteve-se o crescimento em 10 anos (de 2010 a 2020) de 31,71%. O que equivale à taxa de crescimento anual de 2,79%.

2. VAZÃO DE ESGOTO MÉDIA INICIAL DOS ESTUDOS

A vazão de esgoto inicial dos estudos foi calculada utilizando a população da área formal (2020) correspondente a bacia de esgotamento de cada estudo. Como parâmetros de projeto foi aplicado o consumo per capita de água de 250 litros por habitante por dia e um coeficiente de retorno de esgoto de 80%.

Foi adotada uma taxa de acréscimo de vazão de 15% devido à contribuição de vazão de estabelecimentos comerciais. Entretanto, nos estudos: Bacia Cine Video e Complementação do Esgotamento Sanitário da Av. Ayrton Senna, por se tratarem de áreas predominantemente comerciais, adotou-se como vazão média inicial, a vazão inicial do projeto considerando o comércio local e descontando-se o coeficiente de variação de consumo horário (k_2).

As informações discriminadas por estudo estão presentes no mapa anexo.