



USO DA SIMULAÇÃO HIDRÁULICA NA IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Josemildo Verçosa de Araújo júnior¹, Murillo Holanda Carvalho², Carlos André Rocha da Silva³, Flávio Ruan dos Santos Rocha Nascimento⁴

RESUMO: *Atualmente, o ramo de abastecimento de água vem conquistando espaço no mercado pela necessidade de estudo e aplicação de novas técnicas com o intuito de solucionar os mais variados problemas enfrentados pelos profissionais de Engenharia desta área, já que a água própria para consumo apresenta-se como um recurso cada vez mais escasso. Por isso, estes estudos se aplicam à todos os processos que compõem os sistemas de distribuição, que vão desde a captação até a chegada ao consumidor, além de todos os parâmetros hidráulicos que compõem o transporte em condutos forçados, como as vazões, pressões, perdas de carga, entre outros. Com os avanços tecnológicos, foram desenvolvidas ferramentas capazes de analisar todos esses parâmetros de forma simultânea, onde permite que o profissional possua uma melhor visualização e controle dos sistemas de abastecimento. Esta ferramenta chama-se “Modelagem Hidráulica”. Este artifício é realizado por meio de softwares que, por meio de programações baseadas em cálculos matemáticos, permitem a sintetização de diversos dados coletados em campo e constroem um modelo capaz de simular condições próximas à realidade. Deste modo, o trabalho se propõe a apresentar os principais conceitos e parâmetros da hidráulica aplicados aos sistemas de distribuição, bem como a realização de um estudo prático de simulação através do software “WaterCAD”, onde foi possível utilizar dados reais para a construção do modelo. Os resultados obtidos possibilitaram a realização de intervenções que, com base nas simulações, se apresentaram como uma solução funcional para o sistema, atendendo os requisitos mínimos da NBR 12218.*

PALAVRAS-CHAVE: *Abastecimento, Modelagem, Bentley, WaterCAD, Simulação, NBR 12218.*

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem indispensável para o ser humano pois se trata de um elemento fundamental à sua sobrevivência, além de ser essencial na composição da fauna e flora do planeta. Porém, nem todo recurso hídrico é próprio ao consumo humano, o que nos faz questionar sobre a quantidade de água disponível para consumo existente na terra, além da sua renovação e qualidade.

1 Afiliação: Faculdade de Tecnologia de Alagoas - FAT-AL
Email: josemildo.junior@fat-al.edu.br

2 Afiliação: Faculdade de Tecnologia de Alagoas - FAT-AL
Email: murillo_holanda@hotmail.com

3 Afiliação: Faculdade de Tecnologia de Alagoas - FAT-AL
Email: carlos.fisufal@hotmail.com

4 Afiliação: Faculdade de Tecnologia de Alagoas - FAT-AL
Email: ruan1452@gmail.com



De acordo Wicander e Monroe (2017), 75% da superfície terrestre é composta por água, porém apenas 3% pode ser considerada própria para uso, já que os outros 97% encontram-se nos oceanos e mares, onde a presença de sais tornam este elemento impróprio para a ingestão e o cultivo de alimentos. Destes 3%, apenas um terço pode ser encontrada de forma acessível em lagos, rios e lençóis freáticos superficiais, enquanto os restantes dois terços encontram-se no estado sólido composto pelas calotas polares, diminuindo ainda mais a quantidade de água disponível facilmente.

Nos dias atuais, diante do constante crescimento populacional, a demanda por água própria para consumo aumenta de forma bastante significativa, já que representa um recurso indispensável para a sobrevivência humana. Porém, a porcentagem encontrada de forma acessível na natureza é bastante reduzida, quando comparada à quantidade existente na terra. Além do consumo, as perdas de água e poluição dos corpos hídricos torna esta acessibilidade ainda mais crítica, diminuindo as reservas disponíveis para atender as necessidades humanas, que continuam a crescer.

O caminho que a água percorre até chegar em nossas casas obedece um percurso pré-determinado e dimensionado que gira em torno de 5 (cinco) principais etapas: Captação, Adução ou Transporte, Tratamento, Reservação e Distribuição. As redes principais podem ser caracterizadas por possuírem “linhas tronco”, geralmente com grandes diâmetros, interligando as redes de distribuição secundárias às fontes de abastecimento. Já as redes secundárias podem ser caracterizadas por possuírem diâmetros inferiores e serem abastecidas pelas redes primárias, estando também diretamente ligadas em abastecer os pontos de consumo. As tubulações de abastecimento de água podem ainda ser classificadas em três principais tipos: Ramificadas, Malhas e Mistas (AZEVEDO NETO & FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, 2015).

Para o dimensionamento de um sistema de abastecimento de água, é necessário conhecer e quantificar a demanda que aquela população necessita, bem como suas variações durante o dia e as possíveis previsões de crescimento populacional e áreas de expansão. A demanda de consumo representa a vazão necessária para suprir determinada área, e deverá ser utilizada para o dimensionamento de reservatórios e redes capazes de atender à estes volumes sob condições satisfatórias (AZEVEDO NETO & FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, 2015).

Os sistemas de abastecimento de água, por sua vez, são soluções empregadas com o intuito de promover a distribuição deste recurso até os consumidores, passando por etapas necessárias para atender os requisitos necessários para o seu consumo de forma segura. Por se tratar de um conjunto composto por várias etapas, soluções são empregadas com o objetivo de melhorar a eficiência destas etapas, de modo a atingir não só uma melhor funcionalidade das mesmas, mas promover uma maior vida útil para os materiais empregados, economia no consumo de produtos de tratamento e eventuais perdas decorrentes destes processos.

Uma destas soluções, aliada aos avanços tecnológicos, foi a implementação da simulação hidráulica por meio de softwares, onde é possível “alimentar” um banco de dados e realizar testes sucessivos com sistemas de distribuição, analisando não só sua funcionalidade, mas também o comportamento dos parâmetros hidráulicos, qualidade da água, entre outros.

Segundo Diuana e Ogawa (2015), o software de simulação WaterCAD é um sistema de modelagem hidráulica desenvolvido pela Bentley Systems, que trabalha de forma direta com a operação de



sistemas de abastecimento de água. Dentre os programas computacionais encontrados no mercado, o WaterCAD apresenta-se como um dos modelos mais funcionais, por possuir diversas ferramentas capazes de aproximar o modelo na forma mais próxima da realidade.

A partir desta problemática, este trabalho tem como objetivo avaliar o uso da simulação hidráulica como ferramenta capaz de auxiliar o profissional em sistema de abastecimento de água de acordo com o que está previsto na NBR 12218.

2. METODOLOGIA

Para a execução deste trabalho, foram utilizados dados reais de um sistema de abastecimento de água de uma área específica do território brasileiro. Estas informações foram estudadas e fornecidas por uma empresa x de projetos, durante o período de agosto a dezembro de 2017. Com relação à companhia na qual esta área pertence, não foi obtido autorização direta da mesma, e, por isso, seu nome será preservado.

A metodologia empregada na simulação do modelo hidráulico baseia-se, de forma geral, em quatro principais etapas, que são: Obtenção da demanda de consumo, levantamento dos dados de abastecimento, construção do modelo e a simulação hidráulica. Cada uma destas etapas principais possuem fases secundárias indispensáveis à sua formação, onde todas serão detalhadas no decorrer deste trabalho. O sistema de abastecimento que foi utilizado como exemplo para este estudo de caso será mencionado pelo nome de “1º Setor”.

A estimativa da demanda de consumo constitui um dos passos mais importantes e complexos de um estudo de sistemas de abastecimento, pois é ela quem determinará o consumo realizado pela população dependente. Por isso, a vazão de consumo utilizada na simulação de dados deste estudo foi aferida pela companhia de saneamento no ano de 2016 e será determinante para a realização dos testes de funcionalidade do sistema, principal foco deste trabalho.

Além do estudo de demandas, outro fator indispensável à construção de um modelo hidráulico são à obtenção dos dados em campo referentes ao seu sistema e funcionamento. Como o software de simulação utiliza configurações pré-determinadas pelos usuários e possui um banco de dados a ser preenchido, quanto mais fiéis forem os dados obtidos, mais o modelo de simulação construído poderá representar a situação real. Os dados obtidos para inserção no modelo foram, cadastro de redes, contendo arruamento, diâmetros, materiais e extensões, curvas de nível da região, coeficientes de rugosidade, além dos dados do reservatório, como dimensões e níveis de operação.

O levantamento destes dados foi obtido através do banco de dados da companhia de saneamento, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS e através do Órgão de desenvolvimento e administração municipal da região de estudo.

Ao fazer o levantamento dos dados, a etapa seguinte consistiu na inclusão destes ao software de simulação “WaterCAD”. Este modelo computacional possui um banco de dados capaz de armazenar uma série de informações referentes ao sistema de abastecimento de água real, utilizando-se de comandos pré-programados para a realização de sua simulação. Vale salientar que para a construção do modelo utilizado para o estudo de caso, foi utilizada a seguinte metodologia, utilização da configuração pré-definida para uso da equação da perda de carga definida de Hazen –



Williams, desenho do esquema de redes que condiz com o sistema de abastecimento atual, inserção da demanda de consumo para os nós, inclusão do padrão de consumo e das propriedades e características dos componentes desenhados, Setorização da área, além de executar a simulação do modelo.

A região denominada 1º Setor apresenta uma área de, aproximadamente, 1,75 Km², possuindo cerca de 11.225 habitantes em seu entorno. Sua área conta ainda com dois reservatórios próprios dentro de seus limites, um apoiado e outro elevado, com 4.083 m³ e 200 m³ respectivamente. A região apresenta ainda um cadastro técnico com mais de 41 km de tubulações de abastecimento, distribuídas em Ferro Fundido (FoFo), PVC, Cimento Amianto e PVC – DEFoFo (Tabela 1).

Tabela 1 - Distribuição das Redes - 1º Setor

Redes de Distribuição		
Material	Extensão (m)	%
Cimento Amianto	1.502,56	4
Ferro Fundido (FoFo)	28.815,48	71
PVC – DEFoFo	4.014,05	10
PVC	6.309,27	16
Total	40.641,36	100

Fonte: Relatório 3 – Projeto Executivo de Setorização 1º Setor – Rev4 (2017).

A vazão inicial utilizada foi aferida pela própria companhia de saneamento utilizando o processo de Pitometria, no qual consiste na inserção de uma haste padronizada na tubulação de saída do reservatório, obtendo a velocidade do fluido que está escoando. Ao saber a velocidade do fluido e o diâmetro da tubulação de saída, foi calculada a vazão com a utilização da equação 1.

$$Q_{\max} = K1 \times K2 \times P \times q / 86400 \quad (\text{Equação 01})$$

Sendo,

K1 = Coeficiente de majoração para o dia de maior consumo;

K2 = Coeficiente de majoração para o horário de maior consumo;

P = População atendida para fim de projeto;

q = Consumo per capita final;

Q_{máx} = Vazão máxima para dimensionamento.

A vazão aferida durante o processo, para o horário de maior consumo, para o ano de 2016, foi de 795 m³/h. Depois de obter a vazão descrita, foram realizados os cálculos de majoração através dos coeficientes do dia de maior consumo (K1) e do horário de maior consumo (K2), bem como a conversão da vazão para (l/s), para facilitar sua introdução no modelo WaterCAD. Para a majoração utilizando o horário de maior consumo (K2), foi utilizado um padrão de consumo, com o objetivo de representar de forma mais real o sistema de abastecimento.

O padrão de consumo citado anteriormente consistiu em um estudo realizado pela empresa de projetos no Município de Maceió/AL, no qual realizou a aferição das vazões com relação à uma



média, observando que o horário de maior consumo está compreendido entre os horários de 12h à 13h, enquanto os horários de menor consumo estão entre 03h e 04h. Logo, a vazão anterior de 256 l/s, já majorada por K1, passa também a ser multiplicada por vários coeficientes, a depender do horário de consumo.

O cadastro de redes contendo o logradouro e a posição das redes, junto com suas respectivas informações de diâmetro e material foi obtido através da companhia de saneamento, e fornecido pela empresa de execução de projetos, citada anteriormente. Os coeficientes de rugosidade adotados para a construção deste modelo foram os pesquisados e desenvolvidos por Hazen – Williams. Já para os coeficientes do ferro fundido (FoFo), foram utilizados as idades de material com 50 anos (considerados mais críticos), para a realização das simulações.

Com os dados organizados, a tarefa subsequente foi a utilização do software WaterCAD, onde foram definidos inicialmente as configurações para início de um novo projeto, bem como a definição da equação de Hazen-Williams para a perda de carga do sistema, além das unidades de medida. Em seguida, o cadastro técnico foi desenhado dentro do software, onde os trechos representam as redes e os nós representam as junções e pontos de consumo do sistema. Também foram atribuídos aos trechos os diâmetros e materiais através da aba de “propriedades”, contida em cada linha. Logo após foi instalada a fonte alimentadora.

Definidas as propriedades dos trechos, a tarefa seguinte foi à inclusão das cotas topográficas aos nós, obtidas através das curvas de nível. Posteriormente, o padrão de consumo foi inserido na ferramenta “Patterns”.

Por fim, a demanda de consumo foi inserida ao sistema considerando o número de nós contidos no mesmo, de modo a distribuir sua vazão de forma equivalente dentro de toda a área de estudo. O cálculo realizado satisfaz a seguinte equação 2.

Consumo por nó = Vazão demandada / Número de nós. (Equação 02)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a criação do modelo e incremento dos dados, o sistema foi então simulado a fim de que fosse observado como as pressões e consumos seriam distribuídas sobre ele. Através da simulação nota-se que as pressões estão bem distribuídas na região adjacente ao reservatório, enquanto na área mais afastada as pressões estão variando entre 0 e 8 m.c.a. Isso implica dizer que as redes existentes não estão sendo suficientes para transportar água para a região mais afastada, o que ocasionam as pressões nulas. Os modelos computacionais de simulação hidráulica de sistemas de abastecimento são ferramentas que reproduzem, através de um equacionamento matemático, com maior exatidão possível, o comportamento real do sistema físico que representa (GUMIER & LUVIZOTTO JÚNIOR (2007).

A partir dos resultados obtidos na simulação dos dados, pode-se observar que os problemas pertencentes a este modelo são a má distribuição das pressões por meio de redes subdimensionadas, o que ocasiona um problema de abastecimento nos pontos críticos, visto que há condições de



pressão suficientes para atender toda a área. O comportamento das perdas de carga em que cada rede está submetida. Para os parâmetros encontrados na legenda, observa-se que as redes com 0,002 m/m, possuem perdas de carga e velocidades satisfatórias, considerando as boas práticas da engenharia. Já as tubulações que possuem perdas com valores de 0,008 m/m ainda possuem seus parâmetros considerados razoáveis para atender o sistema, devendo ser analisados e redimensionados futuramente. Para as linhas com perdas acima de 1 m/m, destacadas na cor vermelha, devem ser projetadas intervenções operacionais para uma melhor distribuição das perdas de carga, pois elas se encontram subdimensionadas.

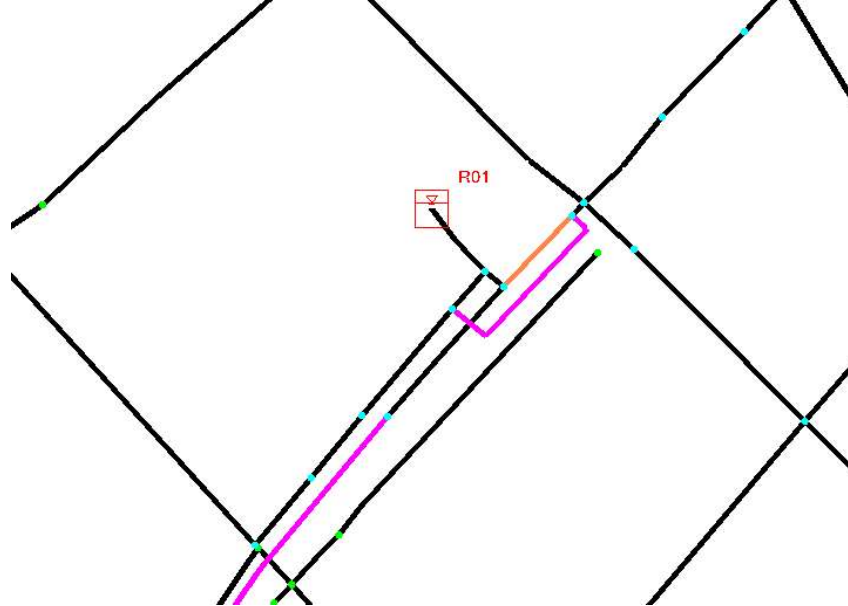
De acordo com os autores Kellner, Akutsu e Reis (2016) as perdas de carga podem ser definidas como uma dissipação de energia ocasionada pelo contato entre o fluido e as paredes da tubulação na qual ele está escoando. Em outras palavras, é a influência do atrito entre as partículas do fluido e as paredes da tubulação, durante o seu movimento. As perdas de carga localizadas podem ser encontradas em trechos específicos dos condutos, como as junções, derivações, curvas, válvulas, entradas, saídas, etc. Já as perdas de carga distribuídas são encontradas nos trechos retilíneos das tubulações, onde a pressão ocasionada pelas paredes dos tubos reduz ao longo do seu comprimento (FOX et al. 2014).

Com base no diagnóstico apresentado, uma das possíveis intervenções para resolução dos problemas que hoje ocorrem no sistema de abastecimento em estudo, foi a implantação de um novo trecho que atendesse as condições necessárias para transportar água com pressões suficientes para a região de abastecimento insuficiente.

Inicialmente foram definidas as entradas de abastecimento para cada subsetor, permitindo que o abastecimento seja realizado de forma independente, assim como citado anteriormente. Foram projetadas duas redes de material PVC próximas à entrada do reservatório, onde uma serviria para ligar os dois principais pontos de alimentação do subsetor 1, enquanto a outra transportaria água com pressões satisfatórias para a região do subsetor 2 (Figura 1).



Figura 1 - Redes Propostas para Entradas de Abastecimento dos Subsetores - 1º Setor



Fonte: WaterCAD (2017).

Pode-se observar na figura 1, que a primeira rede projetada interliga os dois principais pontos de alimentação do subsetor 1, onde estão as redes existentes cujos diâmetros são de 400 mm – FoFo. Já com relação a segunda rede proposta, foi utilizada a outra rede existente de 400 mm – FoFo, que antes estava em forma de “ponta seca”, onde encontrava-se sem interligações. A partir dela, foi implementada uma rede projetada para servir como “continuação”, seguindo sem interligar nas demais redes subsequentes até o ponto crítico de abastecimento, interligando apenas em sua chegada, a uma rede de 150 mm – Cimento Amianto.

A seguir, foi realizada uma nova simulação para aferir o resultado do comportamento hidráulico com a inserção das duas redes de entrada de abastecimento, em especial para o subsetor 2. Através dessa análise percebe-se que as pressões mais elevadas conseguem chegar na entrada do subsetor 2, o que antes não era possível. Porém, ainda não é possível realizar o abastecimento de toda a sua região, pois é necessário interligar as redes existentes na linha principal com pressão elevada, com o objetivo de distribuí-la. Uma nova rede foi projetada, interligando a linha principal do subsetor 2 à outra tubulação existente, onde foi verificada que, além de possuir diâmetro de 200 mm (Cimento Amianto), ela interligava em pelo menos um ponto, muitas redes, formando malhas.

4. CONCLUSÕES

Conforme os dados obtidos e apresentados na simulação do modelo, percebe-se que a alternativa empregada para melhorar o abastecimento de água do modelo apresenta-se como uma solução satisfatória, onde não só preenche os requisitos normatizados, como também se utilizam de poucas



intervenções, tornando o projeto mais viável economicamente. O modelo de simulação apresenta-se como ferramenta indispensável na obtenção e confirmação dos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12218: **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, p. 4. 1994.

AZEVEDO NETO, J.; FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, M. Manual de Hidráulica. 9ª edição, Blucher, São Paulo. 2015. 632 p.

DIUANA, F.A.; OGAWA, S.C.C.P. análise comparativa dos modelos hidráulicos epanet, watercad e sistema UFC para sistemas de abastecimento de água – rede de distribuição. Projeto de graduação submetido ao corpo docente do curso de engenharia de petróleo da escola politécnica da universidade federal do rio de janeiro como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de engenheiro ambiental. Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2015.

FOX, R.W; MCDONALD, A.T; LEYLEGIAN, J.C. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 8. Ed. Minas Gerais: SARAIVA, 2014.

GUMIER, Carlos César; LUVIZOTTO JUNIOR, Edevar. **Aplicação de Modelo de Simulação: Otimização na gestão de perda de água em sistemas de abastecimento**. 2007. 9 p. Artigo Científico (Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2007.

KELLNER, E.; AKUTSU, J.; REIS, L.F.R. Avaliação da rugosidade relativa dos tubos de PVC com vistas ao dimensionamento das redes de distribuição de água. Eng Sanit Ambient, v.2, n.2, abr/jun, p.347-355, 2016.

WICANDER, R.; MONROE, J. S. Geologia. Cengage Learning, São Paulo. 2009. 464 p.