

XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje

“EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA DIFERENTES PRESSÕES DISPONÍVEIS NAS ENTRADAS DAS EDIFICAÇÕES”

Heber Pimentel Gomes (1), Juan Marcos Roig (2), Pedro L. Iglesias Rey (3), Nicolle de Belmont Sabino Rocha (4), Moisés Menezes Salvino (5)

(1) (4) (5) Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Tecnologia (CT), Cidade Universitária, João Pessoa – PB, Brasil. Telefone: +55 (83) 3216 7037. E-mail: heberp@uol.com.br, nicollesabino@hotmail.com, riei@hotmail.com.

(2) (3) Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos, Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Camino de Vera, Valencia, España. Tel: 34 96 3879890 – Fax: 34 96 3877981. E-mail: juaroira@etsii.upv.es, piglesia@gmmf.upv.es.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o estudo comparativo da eficiência energética de sistemas de abastecimento de água para diferentes pressões disponíveis nos pontos de entrada das edificações. Basicamente, o estudo compara as concepções dos sistemas empregados no Brasil, com pressões mínimas nos pontos de consumo de 10 mca, e aquelas utilizadas na Espanha, onde as pressões mínimas requeridas são de 25 mca. Além da comparação das diferentes concepções, também apresenta-se a simulação de um sistema misto, com características de ambos os países, com a finalidade de se obter um sistema mais eficiente energeticamente, comparado aos existentes.

Palavras chaves: Eficiência Energética, Abastecimento de Água, Epanet.

ABSTRACT

This paper aims a comparative study of the energetic efficiency of water supply systems for different pressures available at the entry points of the buildings. Basically, the study compares the conceptions of the systems used in Brazil, with a minimum pressure at the point of consumption at 10 mWC, and those used in Spain, where the minimum pressure required is 25 mWC. This paper also presents the simulation of a mixed system that features characteristics from both countries, in order to obtain a more energy efficient system, compared to existing ones.

Key words: Energy Efficiency, Water Supply, Epanet.

SOBRE O AUTOR PRINCIPAL

Heber Pimentel Gomes: Engenheiro Civil e Mestre na área de Recursos Hídricos pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Especialista em Gestão de Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP) e em Engenharia de Irrigação pelo Centro de Estudos Hidrográficos do Ministério de Obras Públicas da Espanha. Concluiu o seu Doutorado na Universidade Politécnica de Madrid, no ano de 1992. É, atualmente, professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Centro de Tecnologia da UFPB, em João Pessoa, Coordenador do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS) da mesma universidade.

INTRODUÇÃO

O Brasil está sofrendo as consequências da ocupação desordenada que vem ocorrendo nas últimas décadas. Vários problemas surgiram por falta do planejamento de crescimento urbano, como o aumento de favelas, o trânsito caótico, entre outros. O setor do saneamento também sofreu muito com esse crescimento. Num levantamento realizado em todo país, coordenado pela Agência Nacional de Águas (ANA), verificou-se que 55% dos municípios brasileiros, que respondem por 73% da demanda por água, precisam de investimentos prioritários de aproximadamente 22 bilhões de reais. Esse dinheiro deve ser direcionado para evitar o déficit no fornecimento de água nesses municípios, que, em 2025, irão concentrar 72% da população. A falta de planejamento no uso de insumos, como água e energia, poderá comprometer a população brasileira num futuro não muito distante. Levando em conta essa problemática, é de extrema importância a otimização dos sistemas de abastecimento de água, considerando melhorias nas etapas de implantação e operação.

No Brasil, o sistema mais comum ocorre por armazenamento da água, captada da rede de distribuição, em reservatórios domiciliares enterrados; posteriormente, essa água é bombeada, através de um sistema de impulsão próprio, para um reservatório elevado, chegando ao consumidor final por gravidade. Algo diferente pode ser verificado na Europa; na Espanha, por exemplo, é utilizado um sistema de bombeamento direto da rede para as edificações, sem passar por reservatórios domiciliares.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo realizar um estudo comparativo da eficiência energética de sistemas de abastecimento de água para diferentes pressões disponíveis nos pontos de entrada das edificações, tentando, assim, encontrar o sistema de abastecimento mais eficiente possível. Basicamente, o estudo compara as concepções dos sistemas empregados no Brasil, com pressões mínimas nos pontos de consumo de 10 mca, e aqueles utilizados na Espanha, onde as pressões mínimas requeridas são de 25 mca. Além da diferença de pressões mínimas fornecidas no ponto de consumo, também consideram-se as diferenças nos sistemas de bombeamento das redes dos dois sistemas estudados. Quando a pressão da rede é insuficiente para atender a grandes edificações, boosters são instalados para que todos sejam atendidos.

BASE CIENTÍFICA – TEÓRICA

Fundamentação Teórica

O problema de dimensionamento hidráulico de redes pressurizadas de distribuição de água consiste em solucionar a Equação da Continuidade e a Equação da Perda de Carga.

Equação da Continuidade

A equação da continuidade se baseia no princípio de conservação de massa, onde as vazões que entram no nó devem ser iguais às vazões que saem do mesmo nó, como apresentado na Equação 1.

$$\Sigma Q_{entra} - \Sigma Q_{sai} - D_n = 0 \quad (1)$$

Onde,

Q_{entra} : vazão do trecho que entra no nó;

Q_{sai} : vazão do trecho que sai do nó;

D_n : demanda concentrada no nó.

A vazão (Equação 2) é representada pelo produto da área da seção transversal (Equação 3) pela velocidade média nessa seção.

$$Q = AV \quad (2)$$

$$A = \pi * D^2 / 4 \quad (3)$$

Equação da perda de carga

A equação da perda de carga se baseia no princípio de conservação de energia nos anéis da rede, onde a soma das perdas de carga dos trechos de cada anel deve ser nula, como apresentado na Equação 4.

$$\Sigma(h_f) - \Sigma E_p = 0 \quad (4)$$

Onde,

h_f : perda de carga no trecho;

E_p : energia de impulsão aplicada no anel.

Essas perdas de carga (h_f) são parte da energia dissipada pelos fluidos e podem ser ocasionadas pela sua viscosidade, pelo atrito entre suas partículas, pelo atrito com as paredes internas da tubulação e pelo tipo de escoamento.

Foram desenvolvidas diversas equações empíricas para representar as perdas de carga, devendo ser escolhida aquela que mais se assemelha com as condições hidráulicas do dimensionamento em questão. Segundo Gomes (2009), as duas fórmulas

mais utilizadas pelos projetistas são as de Darcy-Weisbach (Equação 5) e a de Hazen-Williams (Equação 6).

Pode-se considerar que a fórmula de Darcy-Weisbach é a mais aconselhável para a determinação de perdas ao longo dos condutos, já que pode ser empregada para qualquer tipo de líquido, materiais e estado das tubulações, desde que seja determinado corretamente o valor do fator de atrito (GOMES, 2009).

$$hf = f(LV^2/D2g) \quad (5)$$

Onde:

f: fator de atrito;

L: comprimento da tubulação;

V: velocidade;

D: diâmetro interno da tubulação;

G: aceleração da gravidade, igual a $9,8 \text{ m/s}^2$.

$$hf = 10,66 * L/D^{4,87} * (Q/C)^{1,852} \quad (6)$$

Onde:

L: comprimento da tubulação;

D: diâmetro interno da tubulação;

Q: vazão;

C: coeficiente de rugosidade que depende da natureza das paredes do tubo.

Para a determinação da equação da continuidade e da equação de perda de carga, existem mais incógnitas do que equações, admitindo, assim, inúmeras soluções. Para solucionar esse problema, alguns métodos utilizam valores tabelados de velocidade para trechos da rede. Porém, essa não é a solução mais adequada, pois os valores de velocidade devem ser em função da solução que minimiza o custo total de investimento e operação do sistema, sendo necessário, portanto, métodos de otimização (GOUVEIA, 2012).

Sabe-se que os custos de implantação e de operação são inversamente proporcionais. Para se garantir um bom dimensionamento, deve-se determinar a cota piezométrica de alimentação ótima.

Estado da Arte

Apesar do aumento de consumo de água encanada em todo mundo, muitas cidades em desenvolvimento possuem sistemas de abastecimento antigos e com manutenções precárias (YAZDNI, 2011). Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2011), as perdas de água no sistema de abastecimento brasileiro chegam até 41,6%, e de acordo com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica para o Saneamento (PROCEL

SANEAR), o setor de saneamento no Brasil consome entre 2 e 3% do consumo total de energia elétrica do Brasil.

Segundo Castro (2004), a utilização de ferramentas computacionais na engenharia economiza tempo com a automatização de tarefas rotineiras, possibilitando análises mais detalhadas do problema, encontrando, assim, soluções mais apropriadas ao estudo.

Os simuladores hidráulicos são ferramentas computacionais utilizadas para resolver as equações hidráulicas que definem o fenômeno do escoamento do fluxo d'água (GOUVEIA, 2012). Entre algumas tarefas que os simuladores hidráulicos de sistemas de abastecimento de água executam estão: análises hidráulicas para identificação de problemas de pressões insuficientes ou excedentes na rede, identificação de perdas nos sistemas, análises hidráulicas para identificação de problemas da qualidade da água, estudos dos sistemas de bombeamento com finalidade de otimização energética e o diagnóstico dos efeitos da operação de válvulas para intervenções de rotina (GOUVEIA, 2012 apud COSTA, 2010).

O software EPANET é um simulador hidráulico, desenvolvido pela agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency – EPA), que permite executar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade de água em redes de distribuição pressurizada. Uma rede é constituída por nós, tubulações, bombas, válvulas, reservatórios de nível fixo e/ou reservatórios de nível variável. O EPANET permite obter os valores da vazão em cada tubulação, da pressão em cada nó, da altura de água em cada reservatório de nível variável e da concentração de espécies químicas através da rede, durante o período de simulação, subdividido em múltiplos intervalos de cálculo. Adicionalmente, além de espécies químicas, o modelo simula o cálculo da idade da água e o rastreamento da origem de água em qualquer ponto da rede (ROSSMAN, 2000). Segundo Silva (2008), trata-se de um dos mais confiáveis softwares para simulação de redes de abastecimento de água, pois permite um melhor planejamento e funcionamento das redes, já que é capaz de apresentar resultados para variadas situações.

Os métodos de otimização podem ser divididos em dois grupos: métodos determinísticos, como a programação linear (PL), a programação não linear (PNL) e a programação dinâmica (PD); métodos

heurísticos, como algoritmos genéticos e a lógica Fuzzy. A diferença principal entre esses dois métodos é que o heurístico tem mais chance de encontrar uma solução ótima global, porém, ela utiliza mais avaliações da função objetivo do que a determinística para chegar à solução ótima (GOUVEIA, 2012).

O método Lenhsnet, desenvolvido por Bezerra (2005), Carvalho (2007), Salvino (2009) e Gomes (2009), é um exemplo do método determinístico. No método LenhsNet, o processo de otimização inicia-se pela condição de contorno, que é a solução inicial e cujos trechos possuem o diâmetro comercial mínimo, sendo, assim, a solução que possui um custo mínimo de implantação. Porém, na maioria das vezes não é a solução para o sistema, pois proporciona perdas de carga excessivas nos trechos, ocasionando níveis insuficientes de pressão disponíveis no nó da rede. A partir dessa solução de diâmetros mínimos, o processo de cálculo se desenvolve, iterativamente, de maneira que cada solução subsequente dependerá da solução anterior. Em cada iteração, serão calculados “n” gradientes de pressão, correspondentes às mudanças de diâmetros dos “n” trechos da rede.

O gradiente de pressão ótimo será o menor entre os gradientes calculados. O trecho correspondente ao gradiente de pressão ótimo é chamado de trecho ótimo, ou seja, é o trecho que, de fato, será substituído pelo seu diâmetro subsequente. Definido o gradiente de pressão ótimo, a rede assumirá uma nova configuração, onde o trecho ótimo passará a ser ocupado pelo diâmetro imediatamente superior. Esta última configuração será a configuração de partida para a iteração seguinte. Esse processo termina quando são encontrados os diâmetros que atendem às restrições hidráulicas do projeto, com o menor custo possível.

METODOLOGIA

O método a ser utilizado para comparação do dimensionamento dos modelos de abastecimento será o método Lenhsnet, um algoritmo iterativo de dimensionamento otimizado para sistemas de distribuição de água, que está associado ao modelo de simulação hidráulica EPANET. Esse método opera redes por gravidade ou redes pressurizadas e, também, permite o dimensionamento da energia otimizada do sistema de bombeamento para pressurização da rede de abastecimento.

Para contabilizar o custo energético de ambos os sistemas estudados, deve-se considerar o sistema de abastecimento como um todo, assim como o custo dos sistemas individuais (edificações), ou seja, será contabilizado o custo energético para que a água seja fornecida com a pressão devida, a todos os consumidores.

Para realizar este estudo, será utilizada uma rede hipotética, com edificações de 2, 5 e 20 andares, distribuídos na rede de forma aleatória, com uma distribuição final específica:

- 52 das edificações tem 2 andares;
- 38 das edificações tem 5 andares;
- 42 das edificações tem 20 andares.

O consumo per capita admitido será de 200 L/hab.dia, 5 apartamentos por andar e 5 habitantes por apartamento. A ilustração da rede hipotética e seu modelo hidráulico no Epanet podem ser observados na Figura 1. Para fins de dimensionamento, serão considerados os coeficientes de maior consumo diário no ano ($k_1 = 1,2$) e o maior consumo horário no dia ($k_2 = 1,5$);

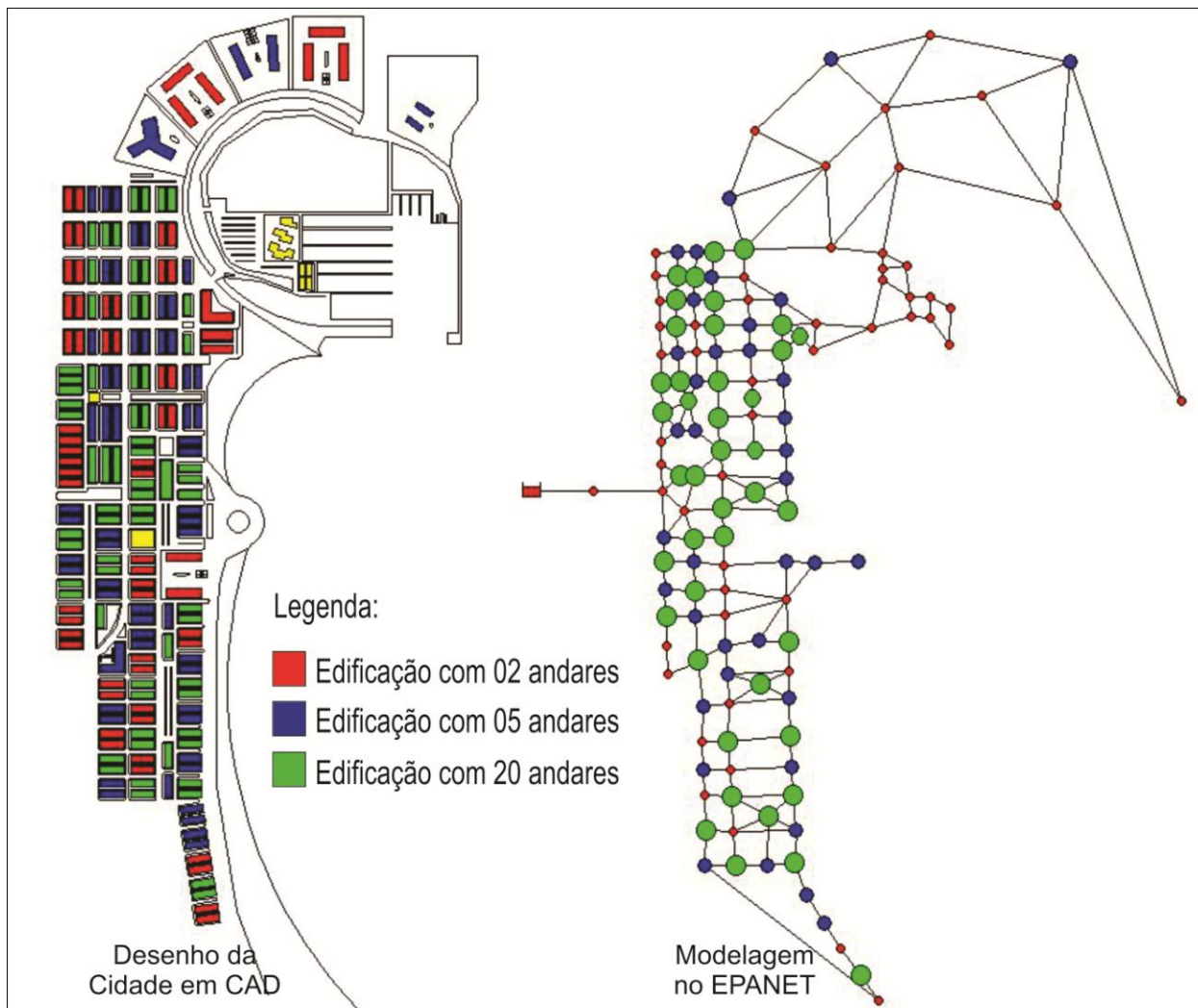


Figura 1. Ilustração da rede hipotética e sua modelagem hidráulica no Epanet

As edificações serão modeladas para que seus consumos energéticos, que são representativos, possam integrar ao consumo total de energia de cada sistema em análise.

Para fins comparativos, será realizada uma primeira simulação com bombeamento direto na rede de distribuição com edificações de 2, 5 e 20 andares, sendo que a de 20 andares possui sistema de impulsão e, portanto, essa parcela energética será contabilizada.

No segundo sistema a ser simulado, a rede de distribuição, com as edificações de 2, 5 e 20 andares, é alimentada por gravidade de um reservatório que recebe a água através de bombeamento.

A pressão mínima requerida na rede é de 10 mca e as edificações de 5 e 20 andares possuem um reservatório enterrado para armazenar a água para posteriormente ser bombeada para outro reservatório elevado. Deste último, a água é conduzida por gravidade a cada um dos consumidores. A

modelagem hidráulica desse tipo de edificação pode ser observada na Figura 2. Para que a bomba possa trabalhar de forma constante com bombeamento para a parte superior do reservatório elevado, foi necessária, para fins de modelagem, a instalação de uma válvula sustentadora de pressão (V1), conforme apresentado na Figura 2. Todo esse arranjo de bombeamento é adaptado, realizado após o dimensionamento das tubulações prediais utilizando o Lenhsnet.

No caso do sistema que tem como pressão mínima admissível de 25 mca, as edificações de 2 e 5 andares são alimentadas diretamente da rede de distribuição, sem a necessidade de acoplar qualquer sistema de impulsão.

Entretanto, nas edificações de 20 andares, *boosters* são instalados na tubulação de recalque, para que a água possa chegar até o último andar com pressão suficiente, conforme pode ser observado na Figura 3.

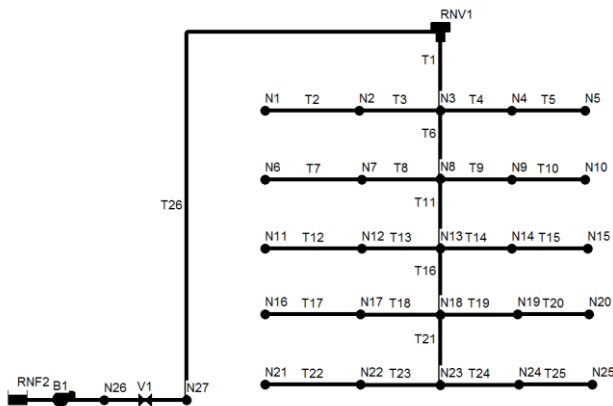


Figura 2. Modelo da Edificação com 5 andares para sistema de 10 mca

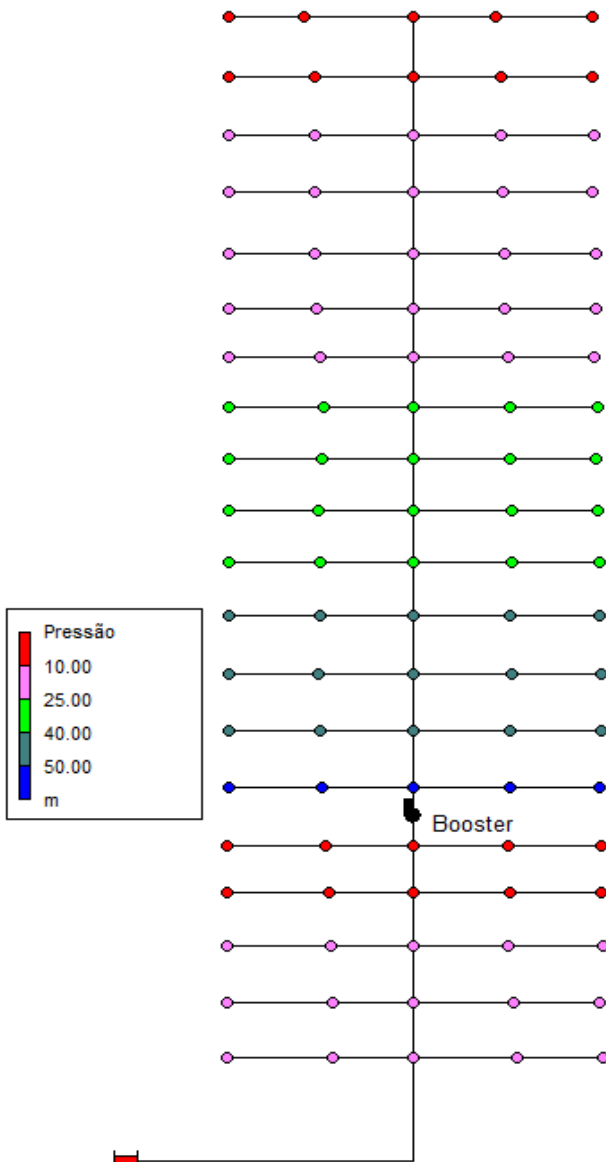


Figura 3. Modelo da Edificação com 20 andares para sistema de 25 mca

Em síntese, a análise energética levará em consideração, para fins quantitativos, uma tarifa de energia de 0,31782 R\$/kWh e uma variação horária de consumo conforme padrão ilustrado na Figura 4.

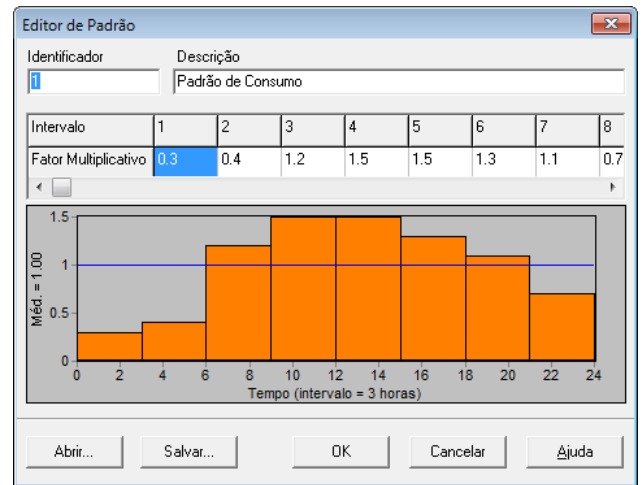


Figura 4. Padrão de Consumo

Para realizar o dimensionamento de cota variável através do Lenhsnet, para ambos os sistemas em estudo, foram adotados os seguintes parâmetros:

- Vazão de projeto de 115,86 L/s.
- Rendimento do conjunto motor bomba de 75%.
- Tempo de projeto de 20 anos
- Tarifa de energia de 0,31782 R\$/kWh
- Taxa de juros anual de 12%
- Taxa de juros de energia de 6%.

O que diferencia os sistemas será o número de horas de bombeamento, onde, no sistema de bombeamento direto, deve ser de 24 horas por dia e, no sistema alimentado por reservatório, será de 21 horas. Isso porque o sistema de bombeamento será desligado no período de horário de ponta.

RESULTADOS

Com base nas simulações obtidas com o Epanet e com o dimensionamento utilizando o Lenhsnet, para a condição de cota variável, com os valores especificados na metodologia, a rede de distribuição do sistema com pressões mínimas de 25 mca resultou nos seguintes valores:

- Pressão Mínima de 25 mca
- Pressão Máxima de 26,28 mca
- Velocidade Máxima de 0,95 m/s
- Altura Manométrica do Bombeamento de 29,52 m
- Custo de Implantação: R\$ 1.383.147,60
- Custo Energético: R\$ 1.386.219,52

- Custo Total de R\$ 2.769.367,12

Já para a rede em que o sistema tem por base a pressão mínima de 10 mca e onde a água é fornecida por gravidade, com desligamento do sistema de bombeamento no horário de ponta, foram obtidos os resultados:

- Pressão Mínima de 10 mca
- Pressão Máxima de 11,28 mca
- Velocidade Máxima de 1,09 m/s
- Altura Manométrica do Bombeamento de 17,09 m
- Custo de Implantação: R\$ 1.099.753,50
- Custo Energético: R\$ 702.302,62
- Custo Total de R\$ 1.802.056,12

Na análise da composição energética das edificações, foram simuladas as edificações de 5 e 20 andares para o sistema de abastecimento que admite a pressão de serviço de 10 mca e a edificação de 20 andares para o sistema que admite pressão mínima de 25 mca.

A simulação da edificação de 5 andares, com parada de bombeamento no horário de pico e atendendo a curva de demanda, resultou na curva ilustrada na Figura 5. Pode-se observar que foi produzida uma vazão média de 0,35 L/s ao longo de 21 horas, o que resulta em um volume bombeado diário de 26,46 m³. Também foi encontrado o consumo médio de 0,11 kWh/m³, o que traduz em um custo de 0,757 R\$/dia, ou seja, um custo de 276,25 R\$/ano de energia por edificação de 5 andares. Utilizando as mesmas taxas de juros e energia aplicadas à rede de distribuição, o fator de atualização para os próximos 20 anos é de 11,13. Finalmente, o custo energético atualizado de todas as edificações de 5 andares do modelo é de R\$ 116.837,18.

A edificação de 20 andares, com parada de bombeamento no horário de pico e atendendo a curva de demanda, resultou no balanço de vazão ilustrado na Figura 6. Pode-se observar que foi produzida uma vazão média de 1,6 L/s ao longo de 21 horas, o que resulta em um volume bombeado diário de 120,96 m³. Também foi encontrado o consumo de 0,31 kWh/m³, o que traduz um custo de 11,6243 R\$/dia, ou seja, um custo de 4.242,85 R\$/ano de energia por edificação de 20 andares. Utilizando as mesmas taxas de juros e energia aplicadas à rede de distribuição, o fator de atualização encontrado foi de 11,13. Finalmente, o custo energético atualizado de todas as edificações de 20 andares do modelo é de R\$ 1.983.362,66.

A edificação de 20 andares, com bombeamento direto e atendendo a curva de demanda, resultou na produção de vazão ilustrada na Figura 7. Foi produzida uma vazão média de 0,75 L/s ao longo de 24 horas, o que resulta em um volume bombeado diário de 64,8 m³. Também foi encontrado o consumo de 0,18 kWh/m³, o que traduz em um custo diário de 3,707 R\$/dia, ou seja, um custo de 1.353,07 R\$/ano de energia por edificação de 20 andares. Utilizando as mesmas taxas de juros e energia aplicadas à rede de distribuição, obtém-se o custo energético atualizado de todas as edificações de 20 andares do modelo é de R\$ 632.508,04.

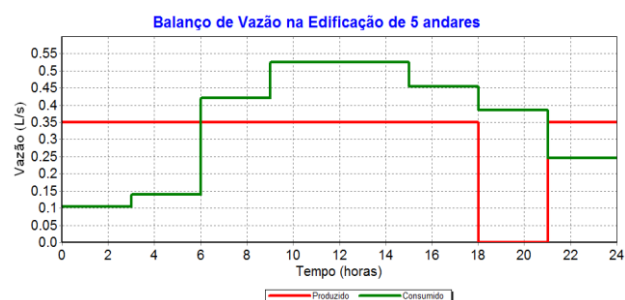


Figura 5. Balanço de Vazão da Edificação com 5 andares.

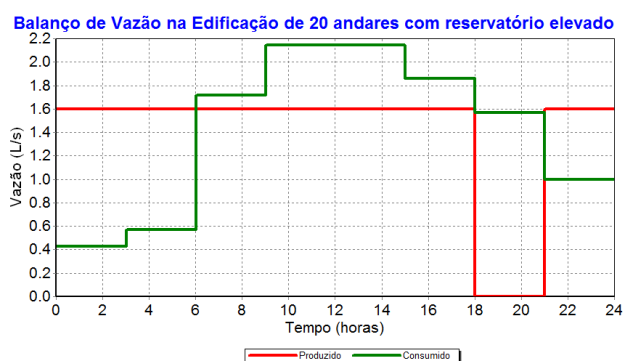


Figura 6. Balanço de Vazão da Edificação com 20 andares.

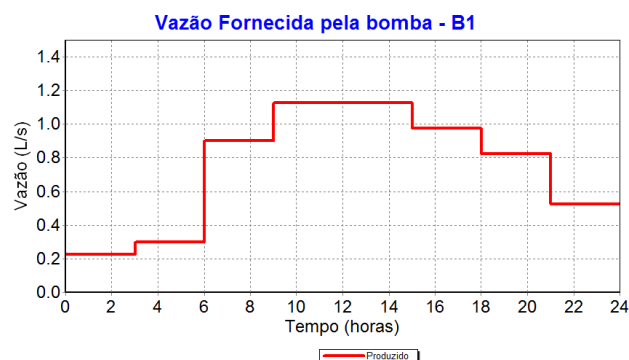


Figura 7. Vazão da Edificação com 20 andares através do bombeamento direto.

A soma das parcelas energéticas referente ao sistema que requer 10 mca e alimentada por reservatórios,

sistema semelhante ao adotado no Brasil, totalizou em um custo energético de R\$ 2.802.502,46, enquanto que o outro sistema, que adota a pressão de serviço de 25 mca com bombeamento direto, semelhante ao espanhol, teve um custo energético de R\$ 2.018.727,56. Portanto, podemos concluir que o sistema espanhol é mais econômico, energeticamente, que o brasileiro.

Para fins comparativos, se utilizarmos o sistema com pressões de 10 mca e reservação para a rede de distribuição e bombeamento direto para as edificações, a parcela energética, com a mesma metodologia de cálculo, referente às edificações de 5 andares, será de 21.612,23, e as de 20 andares será de 2.545.693,00, totalizando em um custo energético de R\$ 2.567.305,23

Caso seja optado utilizar o sistema de bombeamento direto com pressões de serviço de 25 mca e as edificações com reservação, então, a parcela energética total será de R\$ 3.369.582,18.

A diferença entre o custo de implantação do sistema espanhol e do sistema brasileiro foi de R\$ 283.394,10 sendo o sistema espanhol o mais caro, tendo em vista a pressão de serviço de 25 mca e consequente aumento dos diâmetros em fase de dimensionamento para diminuir as perdas de carga.

CONCLUSÕES

Para a rede hipotética mostrada neste trabalho, o modelo de abastecimento espanhol obteve o menor custo energético.

Qualquer outra combinação dos sistemas apresentados resultou em custos superiores ao sistema espanhol, mesmo se descontado o custo de implantação.

É perceptível que o sistema espanhol aproveita a pressão fornecida pela rede, diferente do sistema brasileiro, que armazena em reservatórios enterrados para, posteriormente, bombeá-los ao reservatório superior.

Vale ressaltar que cada um dos sistemas possuem vantagens e desvantagens, as principais são: o sistema brasileiro, principalmente nos edifícios, pode comprometer a qualidade da água se armazená-la por muito tempo. Já o espanhol, por trabalhar com pressões superiores a 25 mca, aumenta significativamente as perdas reais.

Com este estudo, foi possível perceber que, se todas as edificações fossem de 2 andares, o sistema brasileiro seria melhor e, portanto, dependendo da rede em estudo, o melhor sistema, energeticamente, pode mudar. Sendo assim, recomenda-se, para trabalhos futuros, uma variação tanto da topografia da rede como, também, do número de edificações, ou, ainda, aplicar essa análise em redes reais.

REFERÊNCIAS

- Bezerra, S. T. M. (2005) Método de otimização para reabilitação de redes de distribuição de água. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Campina Grande, PB, 125p.
- Carvalho, P. S. O. “EficientE” – Um método de dimensionamento econômico para redes de distribuição de água. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Pós-Graduação em Engenharia Urbana, João Pessoa, PB, 2007, 128p.
- Castro, M. A. H. (2004). Uso Conjunto do AUTOCAD e do EPANET para Projeto, Simulação e Dimensionamento de Redes de Abastecimento de Água. IV SEREA. João Pessoa.
- Gomes, H. P. (2009). Sistema de Abastecimento de Água – Dimensionamento Econômico e Operação de Redes e Elevatórias. 3ª edição (Revisada e Ampliada). João Pessoa, Editora Universitária.
- Gouveia, R. M. M. (2012). Modelo Computacional de Otimização para Dimensionamento de Redes de Distribuição de Água Abastecidas por Múltiplos Bombeamentos. Tese 2012. João Pessoa.
- Programa Nacional de Eficiência Energética em Saneamento Ambiental (PROCEL SANEAR). (2005). Plano de Ação PROCEL SANEAR 2006/2007. Rio de Janeiro: Eletrobrás/PROCEL.
- Rossman, L. A. (2000) EPANET 2 - User's Manual. Tradução de H. P. Gomes e M. M. Salvino.(2009) Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory – United States Environmental Protection Agency (EPA), 2000. 200 p. Traduzido pelo Laboratório de Eficiência Energética e

Hidráulica em Saneamento da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) - Brasil.

Salvino, M. M. (2009) Método de dimensionamento e controle operacional otimizado para redes de distribuição de água. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, João Pessoa, PB, 73p.

Silva, J. H. F. (2008). Exploração das Potencialidades do Programa EPANET na Simulação Hidráulica de Sistemas de Abastecimento de Água. Dissertação 2008. Porto.

Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS). (2011). Diagnóstico dos serviços de água e esgotos - Ano de referência 2011. Brasília: Ministério das Cidades - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.

Yazdani, A. (2011, August). "Resilience enhancing expansion strategies for water distribution systems: A network theory approach." Environmental Modelling & Software 26, pp 1574-1582.