

XI-118 – PROPOSTA DE METODOLOGIA DE SETORIZAÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO BASEADA NA QUANTIFICAÇÃO DA POTÊNCIA EM EXCESSO

Moacir Muniz Pereira Junior⁽¹⁾

Tecnólogo em Saneamento Ambiental pela Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG/UFMS) Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade pela FAENG/UFMS. Técnico do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS-CO). Doutorando em Tecnologias Ambientais na FAENG/UFMS.

Peter Batista Cheung⁽²⁾

Engenheiro Civil pelo Centro de Ciências Exatas e Tecnologias (CCET/UFMS). Mestre em Tecnologias Ambientais pelo CCET/UFMS. Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG/UFMS).

Marcus do Nascimento Rachid⁽³⁾

Engenheiro de Fortificação e Construção pelo Instituto Militar de Engenharia (IME). Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade pela FAENG/UFMS.

Rafael dos Santos Farias⁽⁴⁾

Engenheiro Civil pelo Centro de Ciências Exatas e Tecnologias (CCET/UFMS). Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade pela FAENG/UFMS.

Thaís Duek de Araújo⁽⁵⁾

Engenheira Civil pelo Centro de Ciências Exatas e Tecnologias (CCET/UFMS). Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade pela FAENG/UFMS.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Costa e Silva, s/nº - bairro Universitário - Campo Grande - MS - CEP: 79070-900 - Brasil - Tel: +55 (67) 3345-7502 - e-mail: munizmoacir@gmail.com.

RESUMO

As companhias de saneamento estão convivendo com índices elevados de perdas de água e energia elétrica. A relação direta entre o excesso de pressurização das redes e as perdas, classifica a gestão da pressão como ferramenta estratégica de busca à eficiência energética. A setorização dos sistemas apresenta-se como uma alternativa eficaz para o gerenciamento efetivo das pressões na rede, por possibilitar a equalização da energia fornecida aos níveis mínimos e adequados para o abastecimento. A equalização das energias evita desperdícios e aumenta a eficiência energética e hidráulica do sistema. O conceito de energia mínima e supérflua em sistemas de abastecimento de água foi introduzido no início da década de 90 e contribuiu na proposição de avaliação dos sistemas através da comparação da energia total fornecida e a energia teórica mínima para o abastecimento. Este trabalho propõe uma nova metodologia de gerenciamento da setorização de redes de distribuição através de uma variação do método de avaliação do desempenho energético em sistemas de abastecimento de água proposto por Duarte, Alegre e Covas (2008).

PALAVRAS-CHAVE: Gestão da Pressão, Eficiência Energética, Epanet, Simulação hidráulica, Abastecimento de água.

INTRODUÇÃO

As companhias de saneamento estão convivendo com índices elevados de perdas (SNIS, 2016) e consequentemente de receita, jogando fora água tratada por falta de um gerenciamento adequado (MORAIS; DE ALMEIDA, 2006). As perdas no sistema de abastecimento de água não significam apenas o desperdício do recurso (água), o que já seria motivo suficiente para adoção de ações de redução destas, mas também um acréscimo desnecessário no consumo de energia e elevação nos custos operacionais do sistema. Os vazamentos implicam em maior consumo energético no bombeamento de água no sistema, uma vez que deve ser aplicado à este uma pressão adicional a fim de atender aos pontos de consumo com pressão mínima (COLOMBO; KARNEY, 2005). Essa constatação relaciona diretamente o aumento de custos com energia elétrica a partir do aumento de vazamentos, e esses custos são consequentemente transmitidos ao consumidor final.

A existência de uma relação proporcional entre a pressurização das redes de abastecimento de água e seu respectivo índice de perdas por vazamento, ressalta a importância da gestão das pressões do sistema a níveis ótimos de serviço, garantindo a oferta suficiente e eficiente para os seus usos, reduzindo pressões desnecessárias de forma a controlar os vazamentos (LAMBERT; TAYLOR, 2010). Dentre outras medidas, a adoção de um sistema de controle ativo de pressões otimiza a injeção de água na rede pelo sistema moto-bomba, economizando energia e racionalizando a água disponível (SAMPAIO FILHO; ALCALDE, 2004).

A setorização dos sistemas trata-se de uma alternativa eficaz para o gerenciamento efetivo das pressões na rede de abastecimento (FONSECA, 2011). A divisão de setores possibilita a equalização da energia fornecida aos níveis mínimos e adequados para o abastecimento, o que evita desperdícios e aumenta a eficiência energética e hidráulica do abastecimento.

O conceito de energia mínima e supérflua em sistemas de abastecimento de água foi introduzido no início da década de 90 (ALEGRE, 1992) e contribuiu na proposição de uma metodologia de avaliação dos sistemas através da comparação da energia total fornecida e a energia teórica mínima para o abastecimento (DUARTE; ALEGRE; COVAS, 2008). A identificação de setores uniformes de potência em excesso pode servir de subsídio aos gestores de sistemas de abastecimento de água na implementação de soluções que reduzam tais excessos e, consequentemente, atuem como uma ferramenta para a otimização do sistema e de sua eficiência energética, bem como resulte na redução das perdas reais de água no abastecimento. Dessa forma este trabalho propõe uma nova metodologia de gerenciamento da setorização de redes de distribuição através de uma variação do método de avaliação do desempenho energético em sistemas de abastecimento de água proposto por Duarte, Alegre e Covas (2008).

OBJETIVO(S)

Propor uma metodologia de gerenciamento da setorização de redes de distribuição de água, através da categorização da potência em excesso calculada nos nós de um modelo hidráulico de uma rede de abastecimento do município de Campo Grande - MS desenvolvido com o software Epanet 2.0.

MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme concepção ilustrada na Figura 1 o sistema utilizado nesse estudo é abastecido por uma bomba de velocidade variável ligada diretamente na rede, tendo como tanque de sucção um reservatório apoiado, abastecido por um manancial intermitente. Essa rede de abastecimento foi modelada com o software Epanet 2.0 seguindo as recomendações de Cheung e Reis (2007), e é utilizada nesse trabalho como ferramenta de coleta de informações e validação do método. A Figura 2 apresenta a rede hidráulica construída.

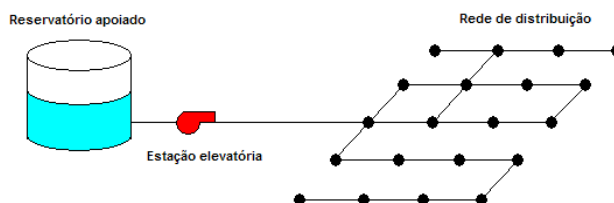


Figura 1 - Concepção do abastecimento

Como medida de gestão inteligente, é comum que os sistemas sejam dirigidos através manutenção da pressão mínima de abastecimento no ponto crítico da rede. Seguindo as recomendações sobre pressões máximas e mínimas admitidas em redes de distribuição de água indicadas pela NBR 12218 (ABNT, 1994), a pressão mínima considerada para o abastecimento foi de 100 kPa. Desta forma, o bombeamento é realizado durante todo o dia e a rotação do conjunto é variada de forma a manter a menor pressão admissível no ponto crítico, ou seja, 10 mca.

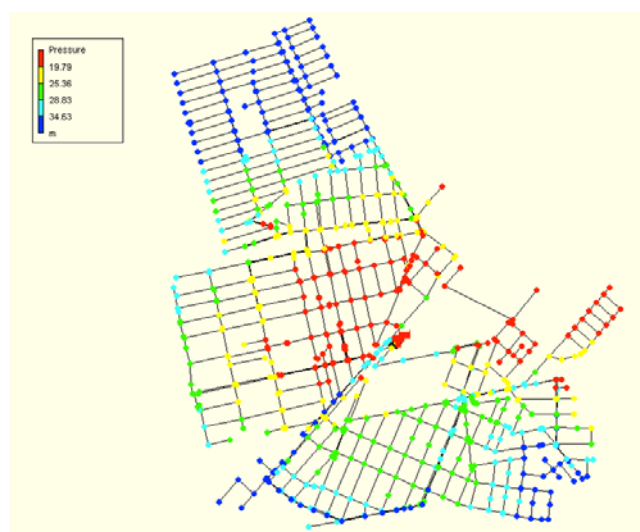


Figura 2 - Rede de abastecimento

Baseado no modelo de determinação de energia em excesso em sistemas de abastecimento proposto por Duarte, Alegre e Covas (2008), a metodologia foi aplicada à rede em estudo modelada matematicamente com período total de 24 horas e intervalo de cálculo hidráulico de 1 hora. Entretanto, ao invés do cálculo da potência em excesso global, foi realizado o cálculo do excesso de potência para cada nó do modelo hidráulico, com a intenção de identificar a representatividade do excesso de energia em cada região.

Através do relatório de resultados obtido com a simulação do modelo hidráulico, obteve-se os valores das cotas piezométricas e vazões fornecidas ($H_{for,nt}$ e $Q_{for,nt}$, respectivamente) a cada nó do sistema, permitindo o cálculo da potência fornecida pontual ($P_{for,nt}$).

A potência em excesso no ponto “n” para um determinado tempo “t” ($P_{exc,nt}$) é o resultado da subtração desta potência fornecida ($P_{for,nt}$) pela potência mínima ($P_{mín,nt}$), que é obtida de um cenário que garanta a cota piezométrica mínima ($H_{mín}$) normatizada naquele ponto, isto é, um cenário com pressão dinâmica mínima de 10 m.c.a. Assim, tem-se que a potência fornecida em um ponto “n”, em determinado tempo “t”, pode ser calculada como:

$$Pot_{for,nt} = \gamma \cdot Q_{for,nt} \cdot H_{for,nt} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

$Pot_{for,nt}$ – Potência fornecida para o nó “n”, no tempo “t”

$Q_{for,nt}$ – Vazão de consumo simulada para o nó “n”, no tempo “t”

$H_{for,nt}$ – Carga hidráulica simulada para o nó “n”, no tempo “t”

γ – Peso específico da água

Desta forma a Potência mínima em um nó “n”, em um determinado tempo “t”, pode ser calculada como:

$$Pot_{mín,nt} = \gamma \cdot Q_{consumo_t} \cdot H_{mín_n} \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

$Pot_{mín,nt}$ – Potência mínima necessária para o abastecimento do nó “n” no intervalo de tempo “t”

$Q_{consumo_t}$ – Vazão de consumo no nó “n” no intervalo de tempo “t”

$H_{mín_n}$ – Carga hidráulica mínima para o abastecimento do nó “n”

γ – Peso específico da água

Como já explicado, a pressão mínima de trabalho adotada foi de 10 m.c.a., logo a carga hidráulica mínima, pode ser calculada como sendo o somatório da cota topográfica do nó da simulação e da pressão mínima de 10 m.c.a.:

$$H_{\min_n} = (H_{\text{alt}_n} + P_{\min})$$

equação (3)

Onde

H_{\min_n} – Carga hidráulica mínima para o abastecimento do nó “n”

H_{alt_n} – Cota topográfica no nó “n”

P_{\min} – Pressão adotada como mínima para o abastecimento

A Potência em excesso em cada nó será determinada através da diferença entre a potência fornecida para o nó e a potência mínima para o nó, calculada da seguinte forma:

$$Pot_{\text{exc}_{nt}} = Pot_{\text{for}_{nt}} - Pot_{\text{mín}_{nt}}$$

equação (4)

Onde:

$Pot_{\text{exc}_{nt}}$ – Potência em excesso no nó “n”, no intervalo de tempo “t”

$Pot_{\text{for}_{nt}}$ – Potência fornecida no nó “n”, no intervalo de tempo “t”

$Pot_{\text{mín}_{nt}}$ – Potência em mínima no nó “n”, no intervalo de tempo “t”

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através de uma análise preliminar das equações utilizadas no método, fica evidente que no ponto crítico da rede, onde a pressão permanece sempre próximo a 10 m.c.a. a potência em excesso tende a ser nula, visto que o controle do abastecimento é realizado em função desse ponto. Na Figura 3 pode-se observar a relação óbvia de aumento da potência em excesso com a redução da cota topográfica. Esse simples resultado mostra que a rede simulada apresenta uma grande parcela de energia supérflua, em função das grandes variações do terreno.

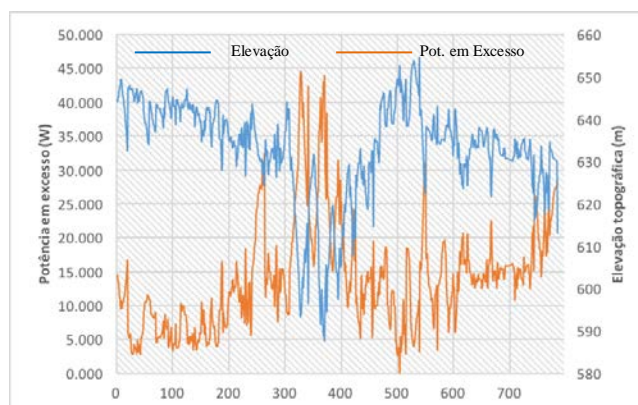


Figura 3 - Relação entre potência em excesso e a elevação topográfica (azul).

Como sabe-se que a pressão no ponto crítico permaneceu como a mínima, é natural que se chegue a conclusão de que essa potência em excesso, evidenciada na Figura 3 apesar de supérflua para determinado ponto, é necessária para a manutenção da pressão no nó crítico do sistema da forma como o setor foi concebido. Essa constatação, fundamenta o método determinado nesse trabalho para evidenciar a necessidade de setorização de uma rede de abastecimento simulada. Essa medida implica no gerenciamento eficiente da pressão e por consequência a redução das potências em excesso.

Com as potências em excesso calculadas em cada ponto do sistema, é possível ainda plotar um gráfico de intensidade, Figura 4, baseado no mapa da rede (coordenadas presentes na simulação), que aponta todas as potências em excesso médias para cada nó. Esse gráfico permite estabelecer um panorama da distribuição do excesso de energia em todo o sistema de abastecimento, e valida a metodologia proposta como ferramenta de subsídio à setorização de redes de distribuição de água.

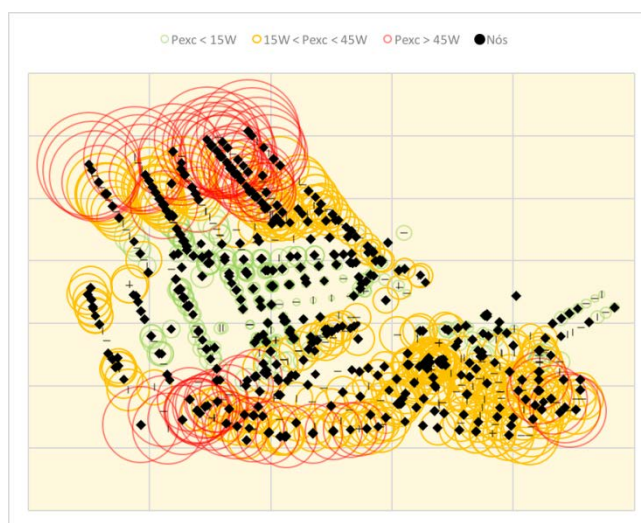


Figura 4 - Mapa interativo de escalas de potência

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados apresentados, infere-se que o cálculo da potência em excesso em cada nó do modelo hidráulico permite ao operador do sistema gerar um panorama de perda de energia na atual concepção da rede e com isso identificar zonas heterogêneas de energia a serem otimizadas através de medidas de controle de pressão.

Sabe-se que o modelo hidráulico foi simulado com a condição de manter a mínima pressão exigida na norma técnica vigente ao abastecimento, logo, o excesso de energia constatado está associado ao excesso de carga hidráulica disponível no abastecimento gerado pelo desnível geométrico do sistema, Figura 3, portanto conclui-se que o método proposto nesse trabalho pode subsidiar o processo de setorização de sistemas de distribuição através da identificação de regiões com zonas de pressão desproporcionais.

A desproporcionalidade das zonas de pressão é evidenciada no mapa interativo Figura 4 que fornece ao gestor da concessionária de água, dados relevantes para a tomada de decisão, no que tange à otimização no uso de bombas hidráulicas, ao redimensionamento da rede de fornecimento de água e à implementação da eficiência energética de forma direta, com a diminuição de perdas tanto de água quanto de energia elétrica, havendo melhor precisão no dimensionamento e distribuição de bombas hidráulicas. Essas ações causarão impacto direto na redução de custos operacionais do sistema.

Em trabalhos futuros, recomenda-se a utilização do método proposto nesse estudo na construção de um algoritmo bioinspirado que realize a setorização do sistema de maneira a garantir níveis equivalentes de energia em excesso no sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, A. B. D. N. T. **NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro: ABNT—Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994.
2. ALEGRE, H. **Instrumentos de apoio à gestão técnica de sistemas de distribuição de água**. PhD Thesis—Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 1992.
3. CHEUNG, P. B.; REIS, L. Os vazamentos nas redes de distribuição de água. In: GOMES, H. P.; REY, P. L. I.; GARCIA, R. P. (Eds.). **Abastecimento de água: o estado da arte e técnicas avançadas**. 1. ed. João Pessoa: Editora Universitária, 2007. p. 386.
4. COLOMBO, A. F.; KARNEY, B. W. Impacts of Leaks on Energy Consumption in Pumped Systems with Storage. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 131, n. 2, p. 146–155, mar. 2005.
5. DUARTE, P.; ALEGRE, H.; COVAS, D. I. C. **Avaliação do desempenho energético em sistemas de abastecimento de água**. VIII Seminário Ibero-Americano sobre Sistemas de Abastecimento e Drenagem. **Anais...** In: SEREA 2008. Lisboa - Portugal: 16 jul. 2008

6. FONSECA, F. R. DA. **Modelo de sistema de automação aplicado à setorização de redes de abastecimento hídrico**. Tese (Doutorado)—São Paulo: Univesidade de São Paulo, 2011.
7. LAMBERT, A.; TAYLOR, R. **Water Loss Guidelines**. New Zealand: Water New Zealand, 2010.
8. MORAIS, D. C.; DE ALMEIDA, A. T. Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água. **Pesquisa Operacional**, v. 26, n. 3, p. 567–584, dez. 2006.
9. SAMPAIO FILHO, G.; ALCALDE, J. L. **Análise de qualidade de energia e eficiência energética em sistemas de água e saneamento**. IV Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água. **Anais...** João Pessoa: 2004Disponível em: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/4serea/artigos/analise_de_qualidade_de_energia_co.pdf>
10. SNIS, S. N. DE I. SOBRE S. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014**: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Brasília: Ministério das Cidades, 2016.