



XI-014 - SIMULAÇÃO HIDRÁULICA DA REDE DO LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA EM SANEAMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - PERSPECTIVAS

Mariana Espíndola de Souza⁽¹⁾

Técnica em Edificações pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná

Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes

Professor adjunto IV – Universidade Federal do Paraná. Doutor em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade de Toronto, Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná, Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Paraná.

Sérgio Michelotto Braga

Professor Assistente – Universidade Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná. Engenheiro Eletricista pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Daniel Costa dos Santos

Professor adjunto IV – Universidade Federal do Paraná. Doutor em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo, Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Maria

Endereço⁽¹⁾: Rua Coronel Francisco Hoffmann dos Santos S/N Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Jardim das Américas, Curitiba, PR – Brasil Caixa Postal 1353 CEP 80011 -970 e-mail: marianasouza@creapr.org.br; marianna.dhs@ufpr.br

RESUMO

A questão da eficiência energética em Sistemas de abastecimento de água é um tema relevante e com significativos impactos não só de aspectos econômicos e financeiros, mas também de questões de desenvolvimento e de saúde pública. Dentro deste contexto a iniciativa da Eletrobrás/Procel de se consolidar grupos de pesquisa atuantes neste tema reflete a preocupação de se integrar todas estas questões sob a mesma ótica de pesquisa, capacitação e desenvolvimento. O Objetivo deste artigo é o de apresentar a experiência para a consolidação do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da Universidade Federal do Paraná (LENHS-UFPR), destacando detalhes para a construção, operação e manutenção do LENHS, mobilizando uma equipe de Professores e alunos de iniciação científica. A idéia conceitual é o de consolidar base laboratorial que possa ser utilizado para a pesquisa de eficiência energética em redes de distribuição de água e que ao mesmo tempo possa ser utilizado por alunos de graduação e pós-graduação para o desenvolvimento de aulas práticas. A rede de distribuição de água que foi montada possui sensores, válvulas solenóides, medidores de vazão eletromagnéticos, bombas, medidores de velocidade de rotação, de consumo de energia, e outros elementos que não possuem representação no modelo. Uma das questões técnicas mais relevantes na operação de sistemas de distribuição de água está intrinsecamente relacionada ao controle e redução das perdas/vazamento de água. Em uma abordagem mais direta, estas perdas implicam, além da perda do recurso que está sendo distribuído após seu tratamento, em desperdícios de recursos adicionais, em especial, com custos de bombeamento adicional necessários para atender aos requisitos de demanda. Adicionalmente, possíveis alterações de qualidade da água, com as alterações das características hidráulicas da rede, podem ser significativas. No entanto, um aspecto positivo dos vazamentos, é o de oferecer uma significativa proteção às redes, principalmente para atenuar os impactos devido aos efeitos de inércia e compressibilidade, causados pelas condições dinâmicas de um sistema de distribuição de água. Este trabalho tem como objetivo, destacar a importância dos vazamentos para atenuação dos efeitos de pressão, além de indicar as implicações econômicas de bombeamento.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de perdas, eficiência energética, LENHS



INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um dos países mais ricos do mundo em opções energéticas. A energia hidrelétrica possui um potencial para a exploração de 260 mil MW no entanto somente 60 mil Megawatts (MW) é explorada. Outras opções existentes seriam a energia produzida com fontes de biomassa, através do bagaço da cana e da celulose, e da energia solar. A questão da consideração de conceito de sustentabilidade energética é um desafio atual visando a correta utilização de recursos naturais.

Um dos fortes aspectos da estratégia visando consolidação deste conceito é o de conservação da energia. Conservar energia significa utilizá-la de forma racional. A geração, distribuição e o uso da energia podem causar impactos negativos ao meio ambiente. Porém sistemas de engenharia, bem como alguns setores relacionados aos aspectos de consumo, a utilizam de forma mais eficiente e racional. Projetos voltados à eficiência energética possuem um forte apelo neste sentido.

O objetivo deste trabalho é o de apresentar as estratégias e a importância do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da Universidade Federal do Paraná (LENHS-UFPR), tendo em vista a preocupação atual da conservação de água e energia, com atividades destinadas à eficiência energética e à hidráulica em saneamento.

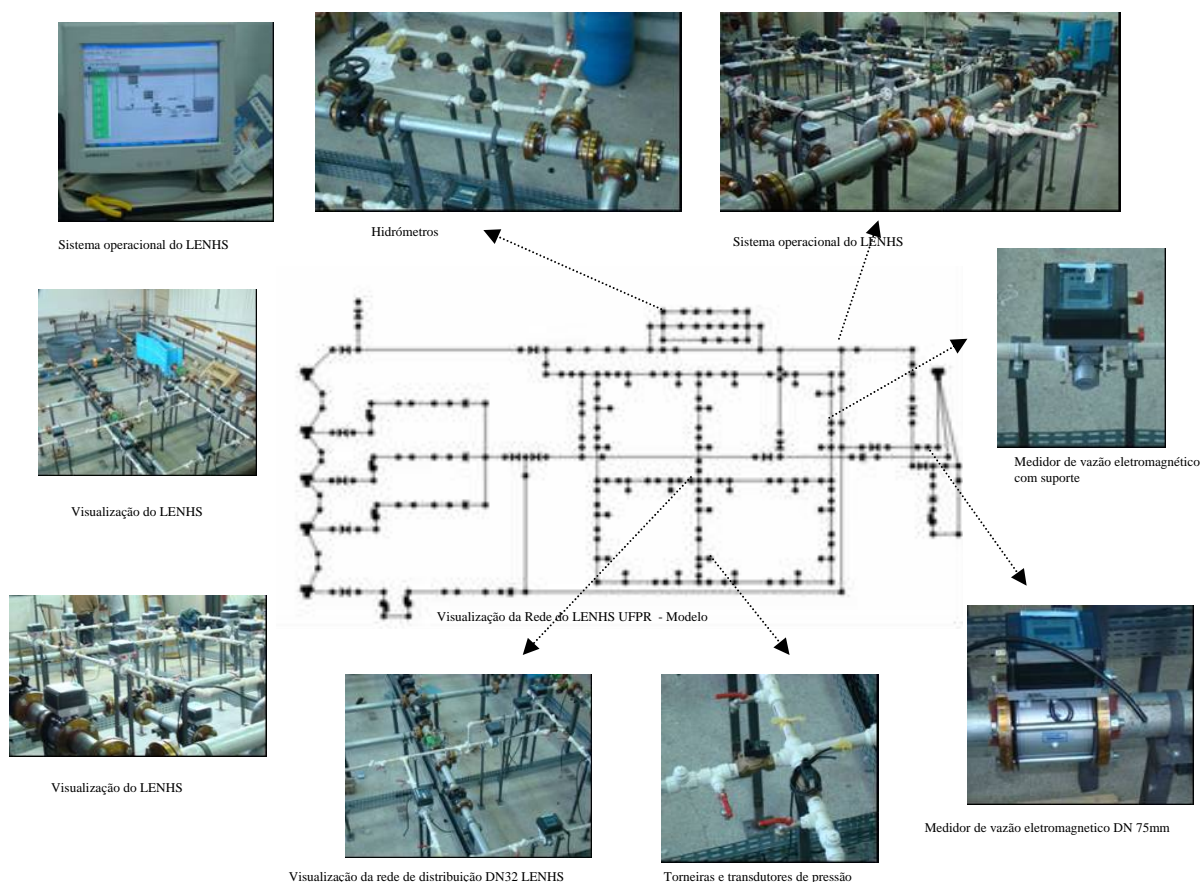
ASPECTOS CONCEITUAIS

O Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS) teve origem no final de 2006. Esse projeto continha atividades a serem desenvolvidas para a construção, operação e manutenção do LENHS. A ideia era montar um laboratório que pudesse ser utilizado para a pesquisa de eficiência energética em redes de distribuição de água e que ao mesmo tempo pudesse ser utilizado por alunos de graduação e pós-graduação para o desenvolvimento de aulas práticas.

A rede de distribuição de água que foi construída possui sensores, válvulas solenóides, medidores de vazão eletromagnéticos, bombas, medidores de velocidade de rotação, de consumo de energia, e outros elementos que não possuem representação em modelos computacionais. Para tanto, foram adquiridos equipamentos que possam fornecer dados para quantificar informações relacionadas à energia e à medições hidráulicas, os quais serão apresentados posteriormente. Cabe salientar que as tubulações hidráulicas, os conjuntos moto-bomba, os equipamentos de medição e sistema de comando e controle estão integrados possibilitando operação e obtenção de dados de forma simultânea.

A mesma prevê um modelo reduzido de um sistema de abastecimento de água, o qual composto por um conjunto de quatro reservatórios inferiores associados a conjuntos moto-bomba, uma rede de distribuição, um reservatório superior, além de linha de tubulação específica para avaliação e testes de medidores diversos. A rede pode ser visualizada na FIGURA 1, essa consiste em uma representação do modelo computacional adotado.

Por fim, em todos os experimentos, na parte da descrição dos equipamentos utilizados, não é citado, por conveniência, o sistema de comando e controle do LENHS. O software desenvolvido será posteriormente detalhado assim como a sua inter-relação com as ações práticas realizadas no laboratório.

**Figura 1 - Visualização da Rede do LENHS UFPR**

METODOLOGIA

Para este artigo foi realizada a construção da rede, hoje existente, no modelo computacional. A rede representada no modelo pode ser observada na Figura 1. A utilização do modelo computacional permitiu analisar a distribuição das pressões e velocidades. O modelo adotado foi o utilizado por Rossman (2000), EPANET 2.0.

A simulação hidráulica computacional da rede mostrada na Figura 1, teve algumas simplificações devido a falta de representação hidráulica de um sistema de distribuição de água. Um sistema de abastecimento é complexo, contam com vários sensores, válvulas redutoras de pressão, controladoras de vazão, medidores eletromagnéticos e outros elementos sem representação no modelo. Com a finalidade de se representar o mais próximo o modelo do protótipo foram realizadas algumas simplificações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

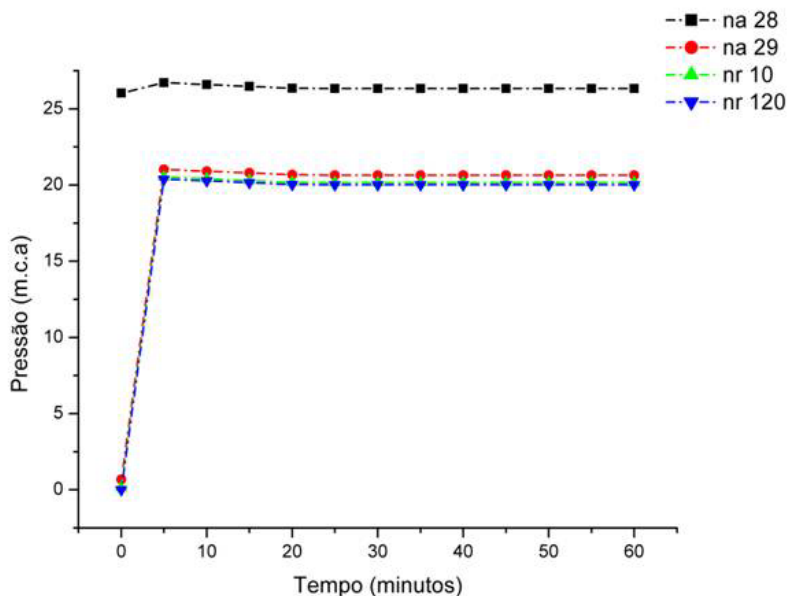
A partir do procedimento para avaliar o comportamento hidráulico e energético do LENHS, foram realizadas quatro simulações, de acordo com a demanda máxima no ponto de consumo. Em todas as simulações, foi utilizado um rendimento de 60% para o conjunto moto-bomba. E, foi utilizado um preço de R\$ 0,35 kWh. Desta forma, foi possível avaliar a rede do LENHS para diversos cenários.

A primeira simulação, a demanda máxima utilizada foi de 1,25 L/s e acionamento de duas bombas dispostas em paralelo. A variação de pressão em alguns pontos da rede e no ponto de consumo pode ser verificada pela Figura 2. Os pontos selecionados, denominados NA28, NA29, NR 10 e NR120.

Observando as Simulações 1 e 2 (Figuras 2 e 3) é possível observar que não houve reduções significativas da pressão nas duas simulações. Isso pode ser explicado pelo fato de na Simulação 1 (Figura 2) a demanda ser de

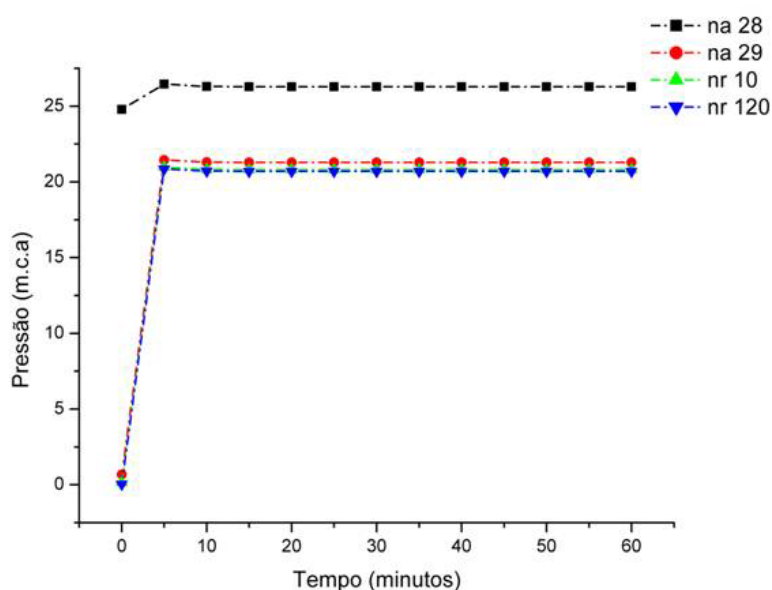
1,25 L/s e na Simulação 2 (Figura 3) de 1,42 L/s. Outro ponto importante a ser salientado é que na Simulação 1 e 2 foram utilizadas duas bombas dispostas em paralelo, houve apenas a variação na demanda de cerca de 14% (0,17 L/s) e na Simulação 2 foram utilizadas três bombas dispostas em paralelo., além disso na Figura 2 foram utilizadas duas bombas para a simulação enquanto que na Figura 3 foram utilizadas três bombas. Caso a simulação utilizasse as mesmas bombas seria possível observar a redução da pressão devido à perda de água para o meio ambiente.

Figura 2. Variação da pressão. Simulação 1.



Na segunda simulação houve aumento da demanda no ponto de consumo, com demanda máxima igual a 1,42 L/s. Foram acionadas as três bombas dispostas em paralelo. A pressão em alguns pontos da rede e no ponto de consumo pode ser representada pela e Figura 3. Os resultados das Simulações 1 e 2 foram muito próximos, como pode ser visualizado nas Figuras 2 e 3. O acréscimo na demanda de 14% é praticamente imperceptível na visualização dos gráficos.

Figura 3. Variação da pressão. Simulação 2.



Na Simulação 3 a demanda utilizada no ponto de consumo foi de 1,71 L/s. Na Simulação 4 a demanda máxima utilizada no ponto de consumo foi de 1,76 L/s, isto é, um aumento inferior a 3% em relação a Simulação 3. Para estas duas simulações foram utilizadas cinco bombas do sistema, sendo duas em série e três



em paralelo. O custo diário operando as cinco bombas seria de R\$ 6,37 para a simulação 3 e de R\$ 6,77 para a simulação 4. Observando os gráficos das Figuras 4 e 5 (Simulação 3 e 4, respectivamente) podemos perceber que os resultados foram muito próximos, tão próximos de quase não serem distinguidos no gráfico. Isso porque o aumento foi muito pequeno, menos de 0,05 L/s. Este pequeno acréscimo foi escolhido porque um acréscimo maior gerou pressão negativa no sistema, isto é o sistema absorveria matérias existentes no meio ambiente, por sucção. A avaliação da pressão pode ser visualizada na Figura 4 e 5.

Figura 4. Variação da pressão. Simulação 3.

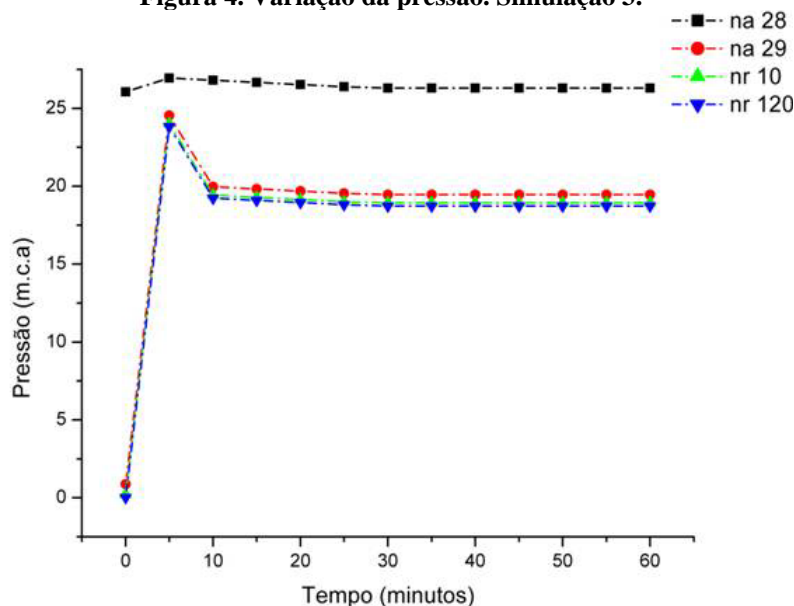
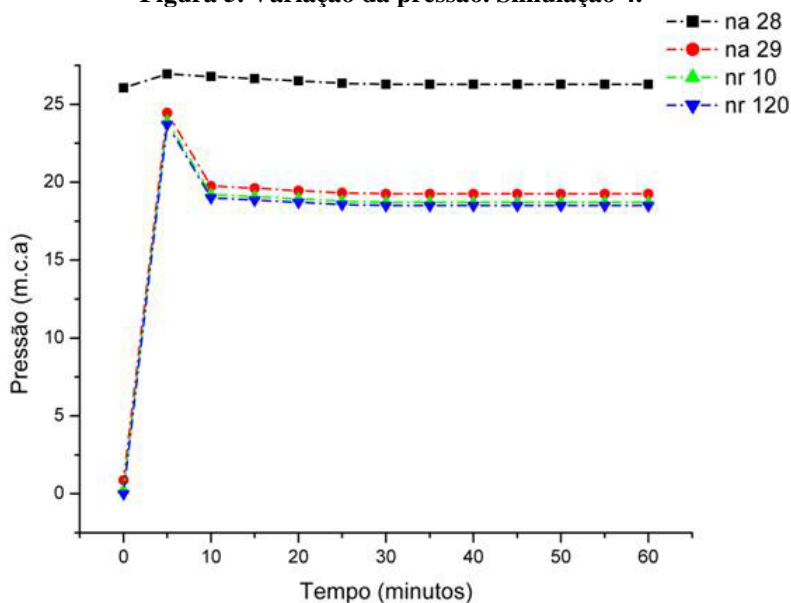


Figura 5. Variação da pressão. Simulação 4.



Em todas as simulações realizadas verifica-se que ocorre um pulso da pressão no momento do acionamento das bombas. Em seguida há uma diminuição e a pressão tende a se estabilizar. Observando as Figuras 3 e 4, o pulso da pressão é maior com decaimento intenso da pressão, até o ponto de estabilização.

Para a simulação 1, a estabilização da pressão ocorre depois de 15 minutos, enquanto que para a simulação 2, ocorre depois de 25 minutos, para a simulação 3 e 4, 30 minutos.



O aumento da demanda provoca diminuição da pressão na rede. Porém, comparando as pressões da simulação 2 com a simulação 3 ocorre aumento da pressão devido ao acionamento de mais bombas para atender o aumento da demanda no ponto de consumo. A pressão volta a diminuir com o aumento da demanda, como pode ser observado pelas pressões da simulação 4. No entanto, mesmo que há a diminuição da pressão, o custo diário de bombeamento aumenta de acordo com o aumento da demanda no ponto de consumo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho estão lançados os desafios para uma melhor representação hidráulica na modelagem de uma rede de distribuição de água, e com atenção especial para destacar que uma perda, apesar do custo da perda física, possui um aspecto de proteção (hidráulica) da rede.

Uma abordagem importante diz respeito aos comportamentos diferenciados para situações de bombeamento distintas. Isso significa que cada rede de abastecimento necessita de um estudo próprio, para cada situação particular. É possível encontrar uma generalização para obtermos o efeito benéfico do vazamento, que é a proteção hidráulica da rede. Mas deve-se ter cuidado para não sub-dimensionar o sistema e provocar o efeito inverso da proteção da rede.

Nas simulações realizadas, a solução hidráulica do sistema está diretamente relacionada à escolha do tipo de bomba, de modo que, o uso de bombas superdimensionadas provoca gastos adicionais de energia, enquanto que o uso de bombas sub-dimensionadas não atende as pressões mínimas disponíveis para efetuar o transporte de água até o consumidor final.

No entanto, para efetuar uma análise completa do comportamento energético da rede do LENHS é necessário considerar os custos adicionais de manutenção necessários ao longo da vida útil do projeto, já que a oscilação e alto valor da pressão podem provocar fadigas nas tubulações, gerando vazamentos e conseqüentemente aumento do gasto de água e energia, desafio para as atividades de pesquisa na seqüência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Colombo, A.F, and Karney, B.W., Energy and costs of leaky pipes: toward comprehensive picture, Journal of Water Resources Planning and Management: november/december 2002,
2. Rossigneux, N.V.Q. e Fernandes, C.V.S., Estabelecendo a importância relativa do controle de perdas em redes de distribuição de água – O exemplo de uma rede hipotética. SEREA, 2004.
3. Rossman, L, (2000), EPANET USERS MANUAL (VERSION 2,0), Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, U.S, Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio,
4. WEG motores elétricos disponível em:<
<http://www.weg.com.br/asp/system/empty.asp?P=134&VID=default&SID=822288007238736&S=1&A=closeall&C=32023>> em: acessado em 20 de setembro de 2007