

ESTUDOS INICIAIS DE CALIBRAÇÃO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA – PASSOS - MG

Fernando das Graças Braga da Silva¹, Marcos Willian de Oliveira Guimarães,² Augusto Nelson Carvalho Viana³, Hellen Antunes Lamoglia⁴

RESUMO – No presente trabalho realizou-se a simulação, através da ferramenta EPANET, do escoamento em uma rede de distribuição de água de Passos-MG e após a simulação foi realizada a calibração da rede de distribuição. Utilizou-se na calibração a biblioteca Galib. Apresenta-se neste trabalho alguns resultados iniciais desta pesquisa. Os resultados demonstraram bons ajustes de valores simulados e medidos de pressão e vazão. Os resultados de calibração de no caso rugosidades na rede conduziram a simulações mais confiáveis.

Palavras-Chave – Simulação, Epanet, Galib, calibração.

ABSTRACT– In the present work is the simulation tool by EPANET, the flow in a water distribution network of Passos-MG and after the simulation was performed to calibrate the distribution network. Was used to calibrate the library Galib. It is presented in this paper some initial results of this research. The results showed good fits of simulated and measured pressure and flow. The calibration results in the case of roughness on the network led to more reliable simulation.

Palavras-Chave – Simulation, Epanet, Gatib, calibration.

1) Universidade Federal de Itajubá: Av, BPS, 1303, CEP:37500-903, Pinheirinho, Itajubá-MG, 35-36291265, email: ffbraga.silva@gmail.com

2) Universidade Federal de Itajubá: Av, BPS, 1303, CEP:37500-903, Pinheirinho, Itajubá-MG, 35-36291265, email: marcoswog1@yahoo.com.br

3) Universidade Federal de Itajubá: Av, BPS, 1303, CEP:37500-903, Pinheirinho, Itajubá-MG, 35-36291265, email: augustonelsonviana@yahoo.com.br

4) Universidade Federal de Itajubá: Av, BPS, 1303, CEP:37500-903, Pinheirinho, Itajubá-MG, 35-36291265, email: lamoglia@hotmail.com

1.INTRODUÇÃO

A gestão operacional das redes de abastecimento é de fundamental importância para garantir o fornecimento, reduzir perdas de água e consequentemente de energia.

De acordo com Lamoglia et. al(2011) citando Lopes (2006) as redes existentes podem ser consideradas sistemas resultantes de intervenções de várias naturezas. Desde a implantação das mesmas, alterações substanciais das demandas ocorrem principalmente devido ao crescimento e à redistribuição da população ao longo de seu traçado, muitas vezes já submetida a expansões e ações de reabilitação (substituições, adições e limpeza); fatores como envelhecimento, desgaste e ocorrência de incrustações fazem com que características como as rugosidades e os diâmetros interno dos condutos sofram alterações substanciais; pressões internas excessivas e tráfego intenso promovem o surgimento de aberturas nos condutos, acessórios e junções, que passam a apresentar vazamentos. Por isso há grande dificuldade em se usar modelos matemáticos, pois ao considerar parâmetros capazes de fornecer respostas compatíveis com as condições reais da rede, e não apenas meios de simplificar os sistemas físicos, mas usar dispositivos de cálculos cada vez mais eficientes

As perdas em sistemas de distribuição de água representam um percentual significativo do volume de água captado, tratado e distribuído para o consumo. Estas perdas podem ser classificadas como físicas ou não físicas. As perdas não físicas estão relacionadas com o processo de comercialização da água consumida pela população: são erros na medição, usuários não cadastrados, ligações clandestinas; enfim, eventos que fazem com que volumes efetivamente consumidos não sejam faturados. Já as perdas físicas representam o volume de água que é realmente perdido, principalmente através de vazamentos ao longo do sistema de abastecimento de água.

Além das perdas, muitos sistemas de abastecimento de água têm apresentado deficiências operacionais, seja, pelo elevado incremento na demanda nos últimos anos ou pela falta de manutenção adequada. O aumento da demanda ocasionado pelo crescimento demográfico e pelas mudanças nos padrões de consumo da sociedade tem tornado os sistemas de distribuição de água cada vez mais complexos exigindo, portanto, uma análise mais precisa do comportamento hidráulico da rede.

Graças ao desenvolvimento computacional das últimas décadas, modelos matemáticos cada vez mais complexos têm possibilitado o surgimento de técnicas avançadas nas questões relacionadas ao projeto e dimensionamento ótimo de redes de distribuição de água, incluindo o problema do controle operacional das perdas físicas.

Como mostrado em SILVA et al. (2009), vários softwares apóiam na construção de modelos para uma melhor estruturação de redes de distribuição, assim como na análise do funcionamento de redes já existentes. Dentre os existentes, o EPANET, é uma ferramenta muito utilizada por tratar-se de uma ferramenta de domínio público, e pela sua flexibilidade com relação às mudanças de funcionamento, alteração de consumo, mudanças de níveis do reservatório, etc.

De acordo com ROSSMAN (2002), o EPANET é um programa que permite a execução de simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água de sistemas de distribuição em pressão. Permite obter os valores da vazão em cada trecho, 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 passos de cálculo.

A calibração é uma técnica que busca estimar valores para as variáveis desconhecidas de um sistema com o auxílio de outras ferramentas como simulador hidráulico e técnicas de otimização, entre as técnicas de otimização utilizadas destacam-se os algoritmos genéticos, que por sua robustez conseguem encontrar soluções ótimas ou próximas da ótima em um menor tempo computacional.

Neste trabalho realizou-se a modelagem inicial e calibração do bairro Aclimação da cidade de Passos, MG.

2.OBJETIVOS DO TRABALHO

Realização da calibração da rede de distribuição de água inicial da cidade de Passos – MG.

3.METODOLOGIA

3.1 - REDE DO ESTUDO

A rede selecionada para o estudo faz parte do sistema que abastece o bairro Aclimação na cidade de Passos no sul de Minas Gerais. A escolha foi feita principalmente por este setor ser isolado do sistema e dispor de relativa confiabilidade no cadastro de acordo com técnicos do SAAE Passos-MG.

Todas as informações da rede de abastecimento do bairro Aclimação foram fornecidas pelo SAAE- Serviço Autônomo de Água e Esgotos, de Passos. As informações cedidas são de comprimento e diâmetro dos trechos e cota e consumo nos nós .

Estas informações levam em consideração apenas o consumo residencial, sendo necessário adicionar a esses os vazamentos para cada nó. É importante lembrar que esta é uma estimativa grosseira do consumo, pois o vazamento na rede é diretamente proporcional a pressão.

3.2 DADOS COLETADOS EM CAMPO

A Figura 2 ilustra a rede com relativa ao estudo. Observa-se a localização dos Dataloggers instalados para aquisição de dados de pressão.



Figura 2 Rede do bairro Aclimação com o posicionamento dos Dataloggers

3.3 DADOS COLETADOS EM CAMPO USADOS NA CALIBRAÇÃO

As pressões utilizadas na calibração são referentes aos períodos de alta, média e baixas pressões, que correspondem respectivamente aos horários 5:00. A solução para este tipo de problema depende da população inicial adotada. Assim, foram adotadas cinco populações diferentes e para cada uma foi aplicada a rotina de calibração.

A partir de informações obtidas junto ao SAAE e campo foram montadas a topologia da rede em estudo, utilizando o EPANET (figuras 3).

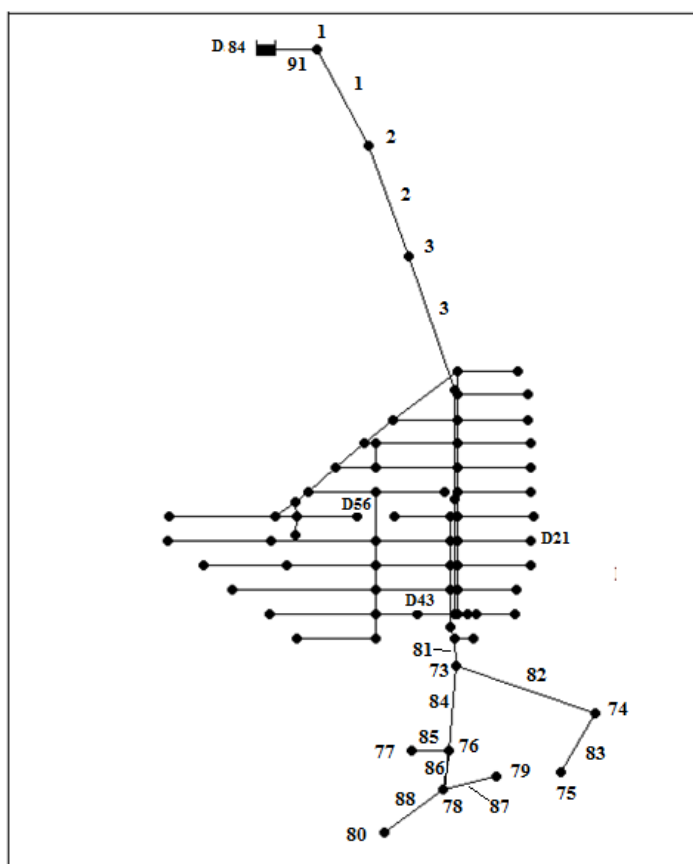


Figura 3. Rede do bairro Aclimação traçada no EPANET

3.4 TRABALHOS DE CAMPO REALIZADOS

Foram utilizados vários equipamentos necessários para a aquisição dos dados de campo, tais equipamentos são:

- Geofone eletrônico;
- Medidores de pressão com armazenadores de dados;
- Medidor de vazão ultra-sônico;
- Equipamento DGPS;

- Medidas de pressão

As medidas de pressão foram tomadas em torneiras residenciais abastecidas diretamente pela rede. As residências utilizadas para a aquisição de dados foram selecionadas de forma que pudessem representar a maior parte do sistema, com tomadas de pressão em pontos de máxima, mínima e média pressão.

A Figura 4 ilustra imagens um medidor de pressão com armazenador de dados para registros das informações ao longo do tempo.



Figura 4 - Medidor de pressão com armazenador de dados instalados em pontos diferentes de monitoramento

- Medidas de vazão

O sistema em estudo é abastecido por um reservatório exclusivo. Na saída deste reservatório há um medidor de vazão Eletromagnético. Tal medidor não é dotado de dispositivo para o armazenamento dos dados, somente de um mostrador digital, que pode ser visualizado na Figura 5, sendo (a) o armazenador de informações e (b) o sensor de medidas.



Figura 5 - Medidor ultrassônico de vazão

- Dados de consumo de água

A partir dos dados de consumo mensais das residências do bairro, disponibilizados pelo SAAE Passos, foram determinados os consumos médios de cada quadra.

3.5.DESENVOLVIMENTO COMPUTACIONAL

Utilizou-se duas metodologias para a calibração que são apresentadas abaixo.

- ACOPLAMENTO ENTRE AS BIBLIOTECAS de Algoritmos genéticos e EPANET

Neste trabalho adotou-se o método implícito para a calibração da rede, que consiste em minimizar o erro entre as medidas feitas em campo e as simuladas.

Em uma simulação de um sistema de abastecimento existem os dados de entrada e os de saída, onde este último é a resposta da simulação. Os de entrada são diâmetro, comprimento e rugosidade dos trechos e cota e consumo dos nós e os de saída são pressão nos nós e a vazão nos trechos. Na calibração ocorre o inverso, onde a partir de alguns dados de saída coletados em campo, como por exemplo, pressão, tenta-se determinar alguns dados de entrada. Neste trabalho o dado de entrada que foi calibrado é a rugosidade, onde ele é determinado a partir da pressão coletada em três pontos da rede.

No processo de calibração, utilizando AGs o primeiro passo é determinar uma população inicial de possíveis soluções para o problema. Cada solução é chamada de “cromossomo” ou “indivíduo” e cada variável dessa solução é chamada de “gene”. Neste trabalho cada variável corresponde a um valor de rugosidade de um determinado trecho. A melhor solução é a que apresentar a menor diferença entre os valores simulados e coletados em campo. Os itens a seguir mostram detalhadamente cada passo do processo de calibração. Uma biblioteca de Algoritmos genéticos utilizada produziu-se a Inicialização, seleção, cruzamento, mutação, atualização e finalização enquanto as funções do EPANET são usadas somente nas etapas de avaliação hidráulica e atualização.

- FUNÇÃO OBJETIVO USADA

Nesta etapa cada indivíduo do item anterior é avaliado através de uma função objetivo. Essa função avalia a diferença entre os dados de pressão coletados em campo com os simulados para cada solução. Segue abaixo a função objetivo utilizada neste trabalho.

$$FO = \sum_{i=1}^{ns} |P_M - P_S| \quad (1)$$

Onde:

ns: é o número de nós onde foi coletada a pressão.

P_M : pressão medida em campo.

P_S : pressão simulada para cada solução.

4 RESULTADOS

4.1 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Na Figura 6 pode ser observado o comportamento da pressão na rede em relação a vazão na saída do reservatório.

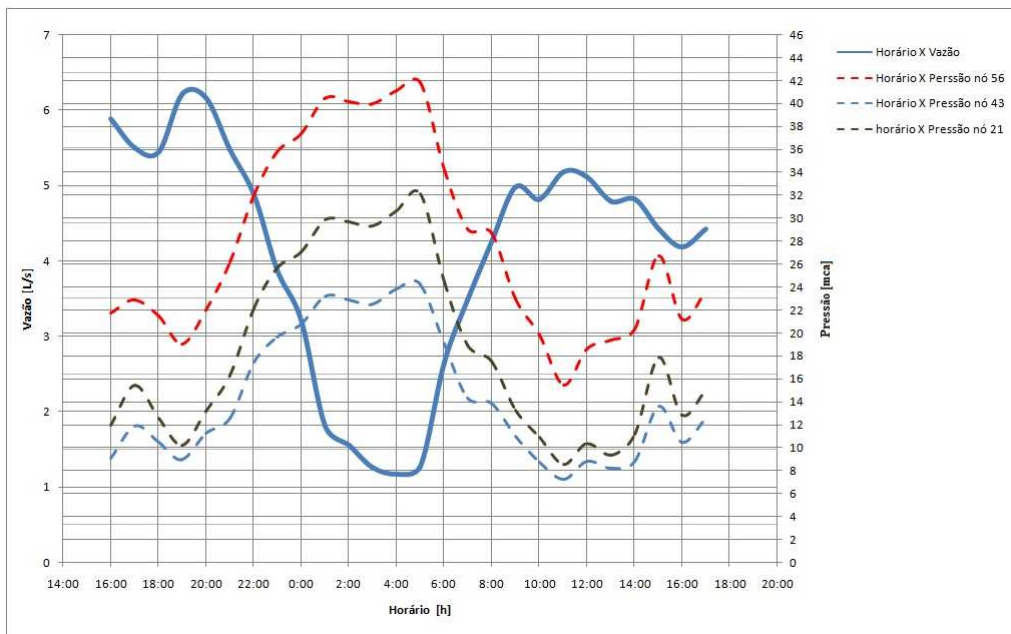


Figura 6. Variação da vazão na saída do reservatório e da pressão nos três pontos da rede

[s1] Comentário: FORMATAR MELHOR O GRAFICO DE ACORDO COM ORIENTACAO

-PRESSÕES

Observa-se na Figura 7 que a diferença entre as pressões simuladas para a solução de cada população inicial adotada e as medidas em campo, em negrito, é muito pequena, menor que 1 mca, a não ser o nó 56, que no período de média pressão apresentou uma diferença significativamente grande. Este erro pode ter sido causado por diversos motivos. Características do AG como, por exemplo, tipo de cruzamento, tipo de mutação e aplicação ou não do elitismo, tamanho da população e número de gerações podem interferir nos resultados. Outro fator que pode modificar os resultados finais são os erros nas medidas coletadas em campo, como por exemplo, cotas, comprimento dos trechos, diâmetros e consumos. O consumo (vazamentos + consumo residencial) devem ser um dos principais causadores deste erro, pois a rotina de calibração não considera que o vazamento é diretamente proporcional a pressão. Uma rotina mais completa determina, além das rugosidades, os consumos em cada nó, distribuindo de forma mais correta as perdas por vazamento ao longo da rede, onde os pontos de maior perda são freqüentemente os de maior pressão.

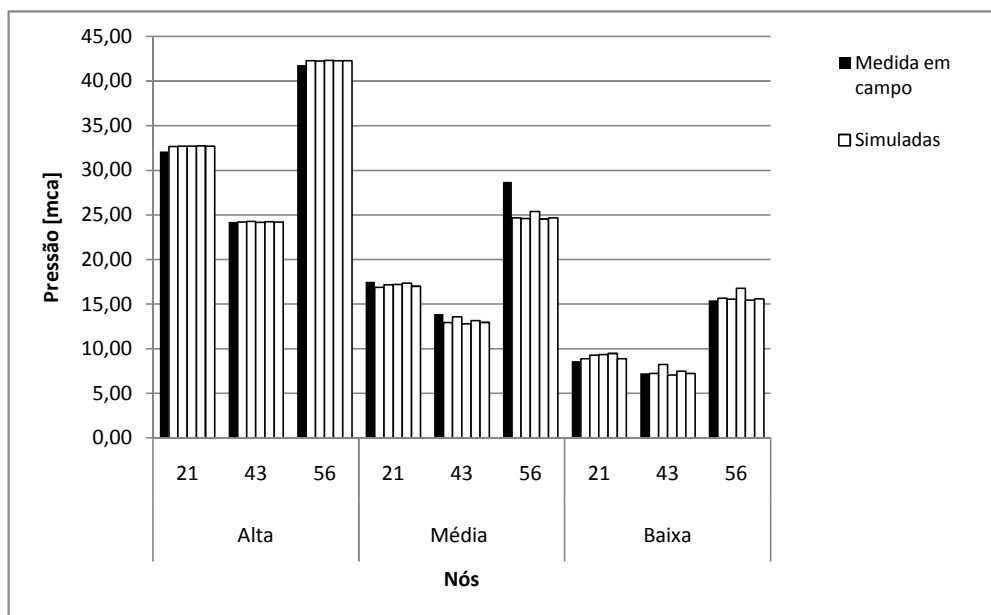


Figura 7. Diferença entre pressão medida em campo PM e simulada PS para a solução de cada uma das cinco populações

Com as rugosidades encontradas é possível prever com mais confiabilidade as pressões nos outros pontos da rede. Desta forma abaixo mostra-se a simulação de pressões na rede após a calibração para o período de alta pressão de acordo com a figura 8.

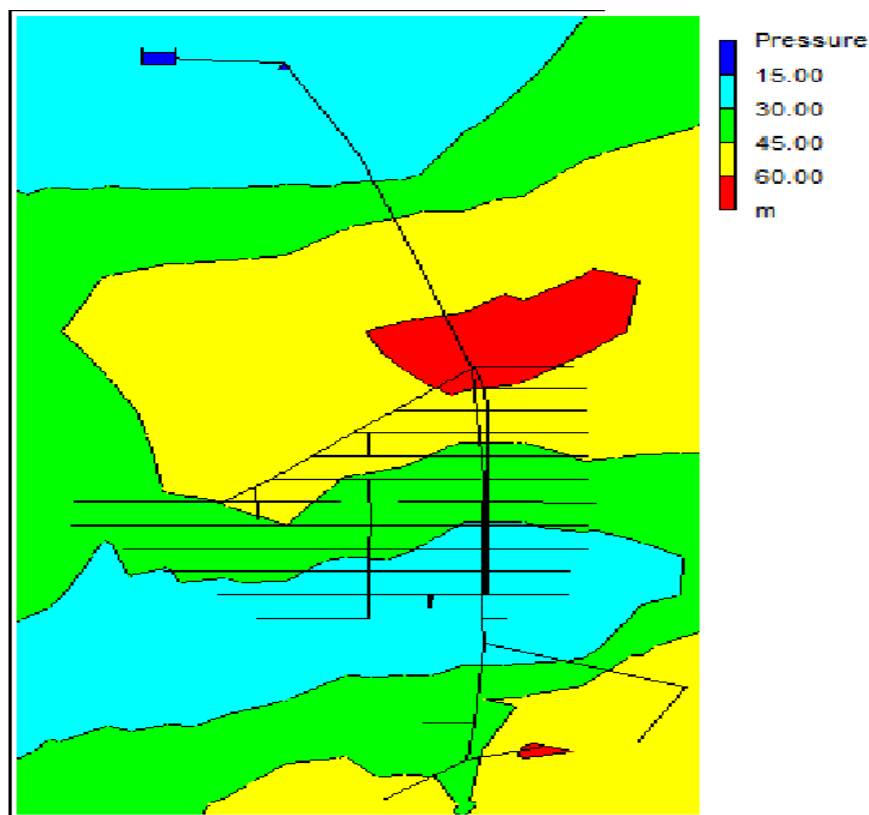


Figura 8. Pressão na rede para o período de alta pressão

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Foram implementadas rotinas computacionais de calibração utilizando como ferramentas o EPANET, bibliotecas e algoritmos genéticos.

Tal rotina encontrou soluções para a qual o erro entre as pressões simuladas e as medidas em campo foi para a maioria dos pontos abaixo de 1 mca. A rotina criada determina apenas a rugosidade da rede, considerando conhecidas as outras informações da rede como diâmetros nos trechos e consumos nos nós. Essas considerações podem alterar consideravelmente os resultados. Uma calibração mais detalhada poderia considerar mais parâmetros, ou seja, não somente a rugosidade, mas também consumos, diâmetros, comprimento dos trechos e outras informações que apresentem incertezas. Com esta calibração se pode obter uma simulação com resultados mais fidedignos.

AGRADECIMENTOS – Os autores do trabalho agradecem a FAPEMIG pelo apoio aos estudos através de bolsa de pesquisador mineiro.

- BIBLIOGRAFIA

-LAMOGLIA, H.A., SILVA, F.G.B,VIANA,A.N.C, OTTONI, A.N. (2011). Avaliação hidráulica de sistema de distribuição de água da Cidade de Passos-MG.In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XIX., 2011, Maceió. Anais Associação Brasileira de Recursos Hídricos –

-LOPES, M.E. Desenvolvimento de uma rotina básica de otimização para calibração de diâmetros de redes de água com o uso dos Algoritmos Genéticos. 2006. 51 f. Monografia (Título de Engenheiro Hídrico) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2006.

-ROSSMAN, L. A. (2002). – Epanet 2 – Manual do Utilizador, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Lisboa/Portugal.

-SILVA, F.G.B, Felber, A.,Willian, M. Análise do Comportamento das Pressões com a Variação do Consumo na Rede de Distribuição de Água do Setor Jardim América, Itajubá-M.G. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XVIII., 2009, Campo Grande. Anais Associação Brasileira de Recursos Hídricos – Mato Grosso do Sul, 22 a 26 de novembro de 2009. p. 13.