

MODELO MATEMÁTICO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA TRATADA DO MUNICÍPIO CEDE DE NOVA FRIBURGO

Iuri Anderson Porto

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rua Alberto Rangel s/n Vila Nova, Nova Friburgo-RJ
iurigalliard@yahoo.com.br

Gilberg Pereira da Silva

ev_gilberg@iprj.uerj.br

Pedro Paulo Gomes Watts Rodrigues

pwatts@iprj.uerj.br

Resumo: Este modelo matemático tem como finalidade o estudo do transporte de água coletada e tratada, tendo como referência as captações em operação no município de Nova Friburgo. Com ele será possível prever a pressão em cada trecho de rede do sistema, assim como qualquer outra informação do mesmo tais como a vazão, perda de carga etc.

Palavras-chave: modelo matemático, fenômenos de transporte, recursos hídricos.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente há um crescente interesse por parte da sociedade em assuntos que visam manter o meio ambiente livre de agressões e, quando isso não é possível, que ela seja minimizada ao máximo. Este estudo se faz de forma diferente, pois ele nos dá possibilidade de estudar um sistema de distribuição de água de um município grande em sua região onde é atendida, hoje, uma população aproximadamente 170.000 pessoas.

Através deste modelo a Concessionária de Água e Esgotos de Nova Friburgo(CAENF) faz todo e qualquer projeto de ampliação de rede, assim como melhorias nas localidades já atendidas, uma vez que a confiabilidade dele foi atestada com testes de campo.

2. FUNCIONAMENTO DO MODELO MATEMATICO

O modelo matemático adotado baseia-se na equação de Hazen-Williams:

$$v = 0,355CD^{0,63}J^{0,54} \quad (1)$$

Onde v (m/s) é a velocidade do escoamento, J (m/m) perda de carga unitária, D (m) diâmetro interno da tubulação e C é o coeficiente de rugosidade, parâmetro adimensional que depende da natureza do material utilizado na tubulação.

O modelo considera o nível piezométrico do ponto de entrada de água no sistema (captação) e aplica a equação (1) para determinar a perda de carga unitária. A essa perda assim calculada permite a extrapolação para todo um trecho de rede a partir dada equação (2).

$$h_f = L \times J(m) \quad (2)$$

Onde $L(m)$ é o comprimento do trecho.

Esta perda de carga é calculada com a vazão do nó logo em seqüência e em seguida subtraída do nível piezômetro deste próximo nó. Esta seqüência é repetida por uma infinidade de vezes até que seja gerado o relatório final com todos os dados de entrada e saída referentes ao sistema.

Os dados de entrada para o programa são a cota e a vazão concentrada para os nós e a extensão, diâmetro e rugosidade nos trechos de rede. O modelo conta também com bombas onde a entrada será a cota da mesma e a curva da bomba. Os registros são representados por trechos de redes fechados. Eles podem ser programados para fechar e/ou abrir em uma determinada hora.

3. DESENVOLVIMENTO DO MODELO MATEMÁTICO DO SISTEMA DE ADUÇÃO

No período compreendido entre os meses de julho de 2006 e janeiro de 2007, foi realizado o acompanhamento do processo de desenvolvimento do modelo matemático do sistema de adução de água tratada do município de Nova Friburgo, o qual foi gerado na plataforma do software Pipe 2000.

O ponto de partida do trabalho foi o modelo matemático desenvolvido pela empresa BBL, que teve o mérito de realizar o levantamento de demandas de cada região do sistema integrado do município, a partir dos dados de micro medição fornecidos pelo cadastro comercial da empresa. Além disso, nessa oportunidade, foram realizadas duas campanhas de medição de vazão e pressão em diversos pontos do sistema, o que permitiu levantar, com um bom nível de confiança, os perfis de consumo e de perdas ao longo de 24 horas de operação contínua.

Desta maneira, o modelo desenvolvido pela BBL já permitia a execução de simulações em tempo estendido e nele constavam informações básicas sobre as características físicas das principais unidades do sistema de adução operado pela CAENF.

No entanto, uma análise mais aprofundada do trabalho realizado, mostrou que existiam algumas falhas ou pendências, tais como:

- O modelo estava incompleto, sendo que o sistema de sub-adiução estava praticamente ausente e algumas elevatórias e reservatórios não haviam sido inseridos no modelo matemático;
- Algumas características operacionais não foram levadas em conta, como a execução da operação do horário de pico de energia elétrica, manobras de direcionamento de fluxo e desativação da operação de algumas Estações Elevatórias que só funcionam no período de estiagem, ou seja, fora do mês de maio, que foi a referência utilizada para execução da campanha de medição de vazão e pressão;
- Alguns elementos hidráulicos inseridos no modelo não estavam representando de forma correta a operação real do sistema, sendo que elementos importantes como extravasores de reservatórios sem bóia e simulações de entrada por cima de alguns reservatórios não foram simulados de forma correta;
- A saída dos dados de calibração estava muito confusa, sendo que não existia um nível de confiabilidade adequado nos resultados obtidos;
- As obras propostas para melhoria operacional do sistema de adução não foram definidas de maneira coerente com o plano estratégico da empresa e seria necessário efetuar uma nova análise de otimização operacional do sistema de adução.

Em função destes problemas e da evidente necessidade de aprimoramento do modelo matemático desenvolvido, foi-me dada a oportunidade de aprimorar o modelo hidráulico até um ponto de mínima confiabilidade, para a sua utilização como ferramenta real de trabalho no gerenciamento do sistema de adução da empresa.

As principais atividades desenvolvidas, bem como os resultados obtidos, as conclusões e recomendações do trabalho se encontram descritos a seguir.

3.1 Complementação do Modelo Matemático

A complementação do modelo matemático por mim, sendo adicionados ao modelo original todo o sistema de sub-adição e todas as elevatórias e reservatórios em operação do sistema.

Como consequência deste trabalho, foi necessário realizar uma redistribuição espacial das demandas nos nós de carregamento do modelo original, visto que algumas vazões que estavam concentradas em um determinado ponto de derivação do sistema de adução principal tiveram que ser redistribuídas ao longo dos elementos de sub-adição, que foram inseridos para completar o modelo hidráulico.

Esta distribuição foi feita com base nos dados populacionais do IBGE onde todo o município foi dividido em setores censitários, áreas com ocupação semelhante, possibilitando assim estimar a população nas áreas almeçadas, algumas vezes um quarteirão, com certo grau de confiança.

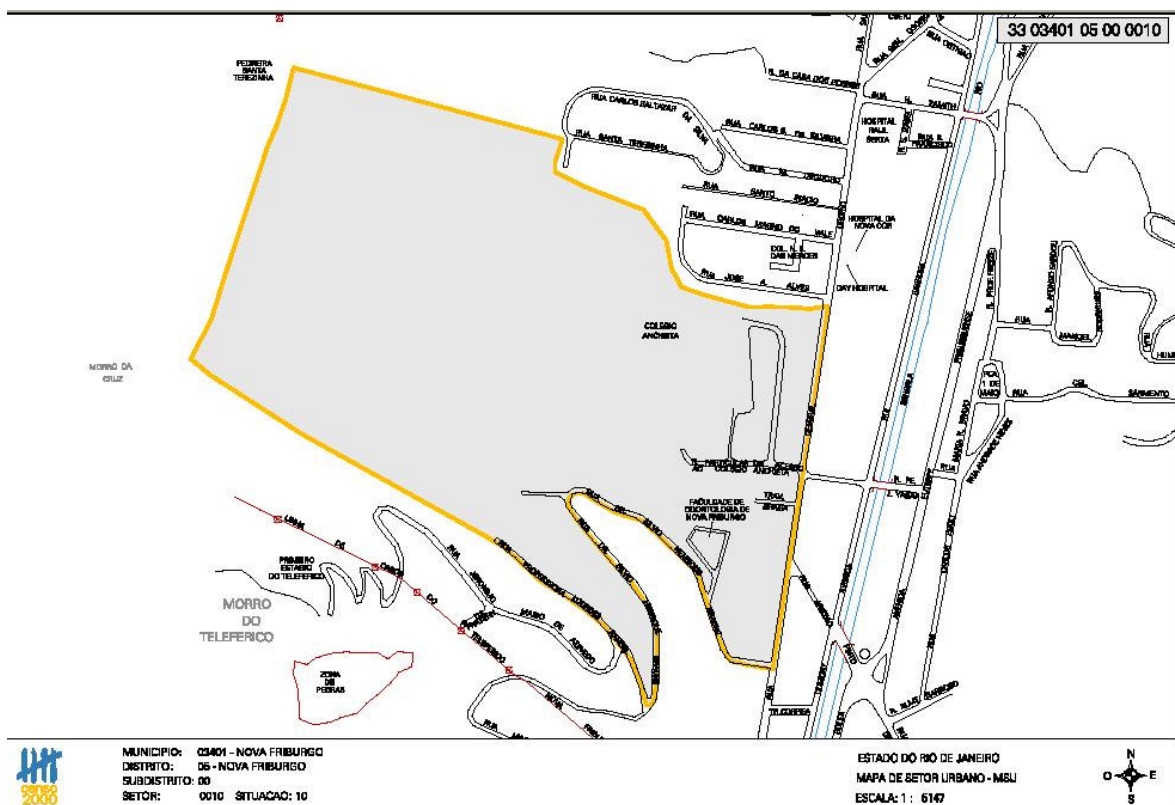


Figura 1: Exemplo de setor censitário

3.2. Aprimoramento da Representação das Condições Operacionais

3.2.1 Inserção de Procedimentos Operacionais

Nesta etapa foram levantados os procedimentos operacionais, como por exemplo, as rotações das bombas hora-a-hora que pode variar de 0 a 100% da rotação, horário de pico de energia elétrica (onde a empresa é obrigada a reduzir a produção para economizar energia elétrica para a cidade) assim como o abrimento e fechamento de registros.

3.2.2 Aprimoramento da Representatividade dos Elementos Hidráulicos Utilizados

O modelo neste momento passa a contar com condições específicas de suas unidades localizadas. Foram realizadas mudanças que permitem a simulação do extravasor dos reservatórios sem bóia e da entrada por cima no reservatório Pulmão (principal reservatório da cidade que foi criado para abastecer o centro no horário de pico com 2.513m³ de reservação). Outras mudanças importantes, como a simulação do by-pass do reservatório Pulmão e a regulagem das válvulas borboletas das adutoras do sistema RGC (principal captação da cidade, ela abastece 55% da cidade) e também outros registros menos importantes, porém necessária para a confiabilidade do modelo.

3.3 Ajustes de Calibração do Modelo

Para a calibração do modelo optou se em usar alguns pontos estratégicos no sistema. Foram nove pontos selecionados de acordo com sua importância para o sistema. Foram eles:

- M-07 Ponte do Solares (figura 2)
- M-08 Reservatório Pulmão (figura 3)
- M-09 Trevo de Duas Pedras (figura 4)
- M-10 General Osório (subida para o reservatório do Suspiro o segundo em importância para o sistema) (figura 5)
- M-11 Praça do Paissandu (Ponto de união das águas dos principais aduções) (figura 6)
- M-12 Estação Elevatória de Água Tratada Bairro da Graça (figura 7)
- M-13 Ponte da Saudade (figura 8)
- M-14 Estação Elevatória de Água Tratada Parque São Clemente (figura 9)
- M-15 Praça Conselheiro Paulino (figura 10)

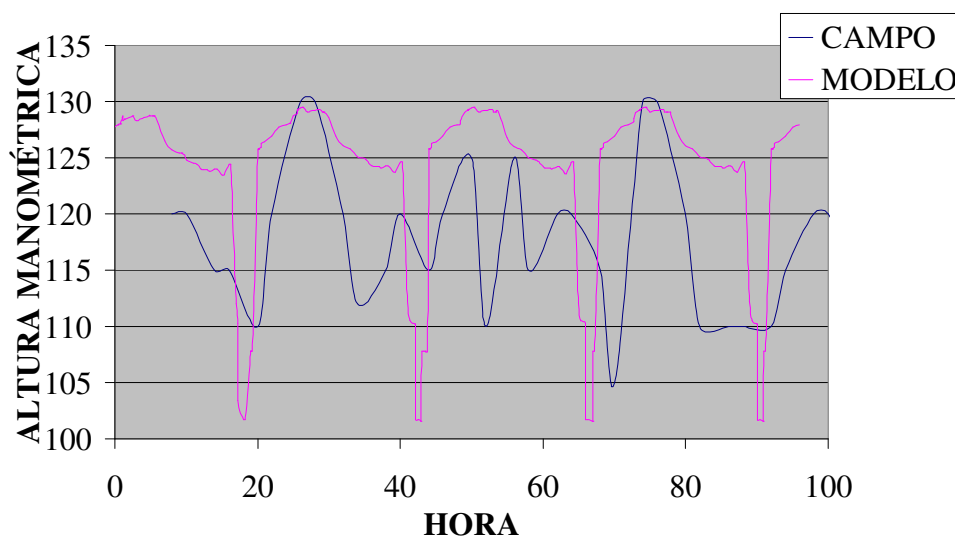


Figura 2

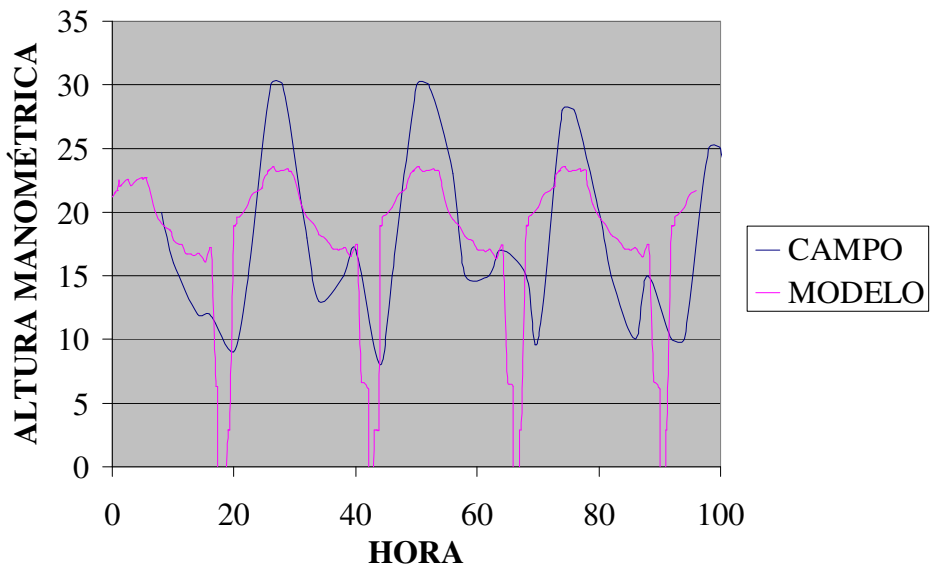


Figura 3

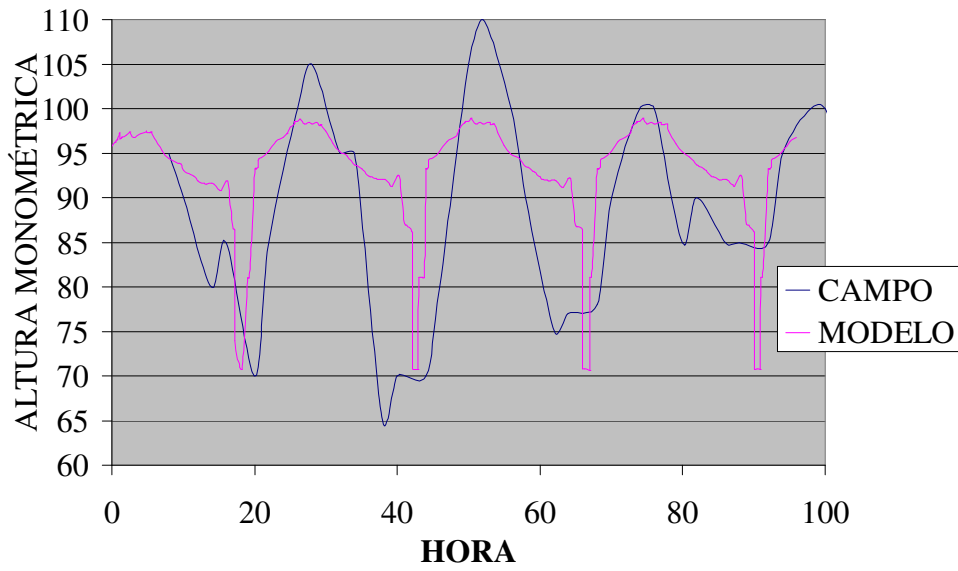


Figura 4

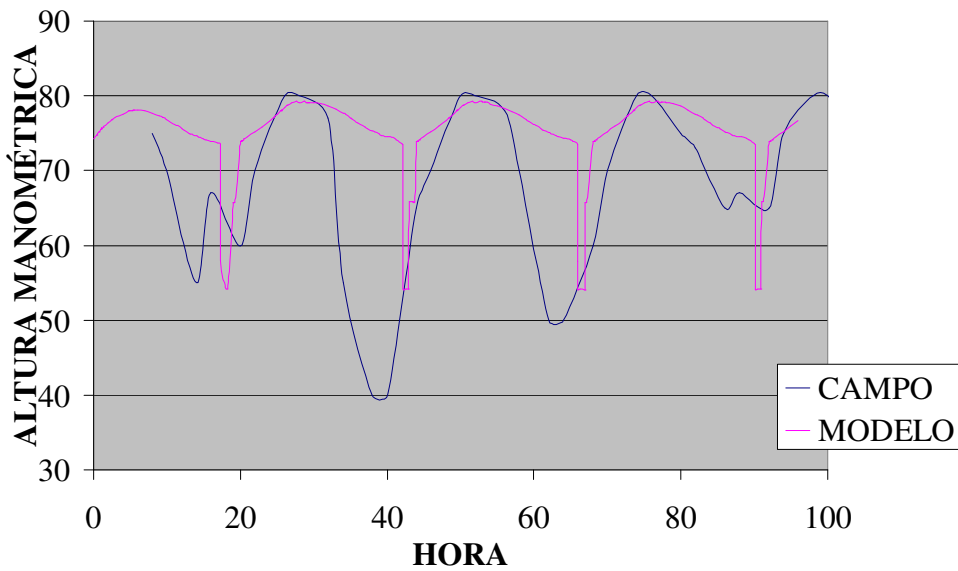


Figura 5

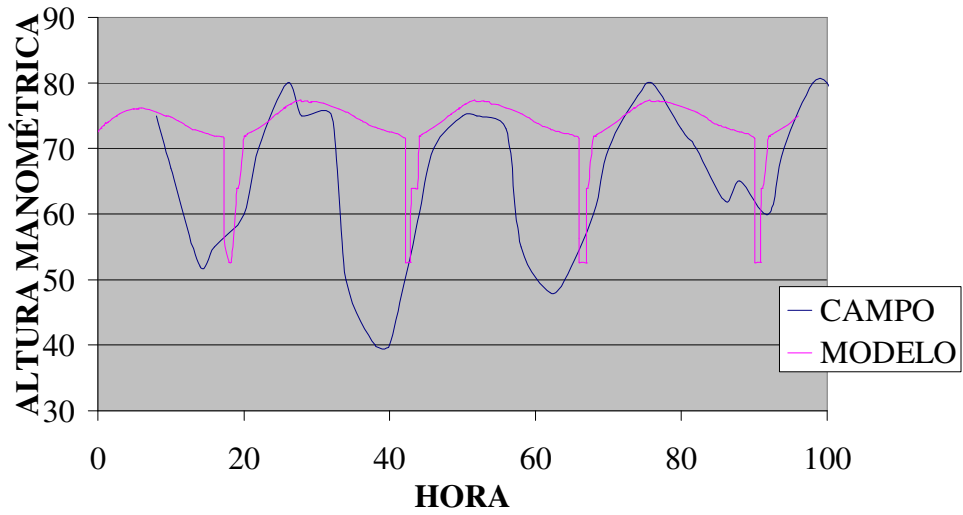


Figura 6

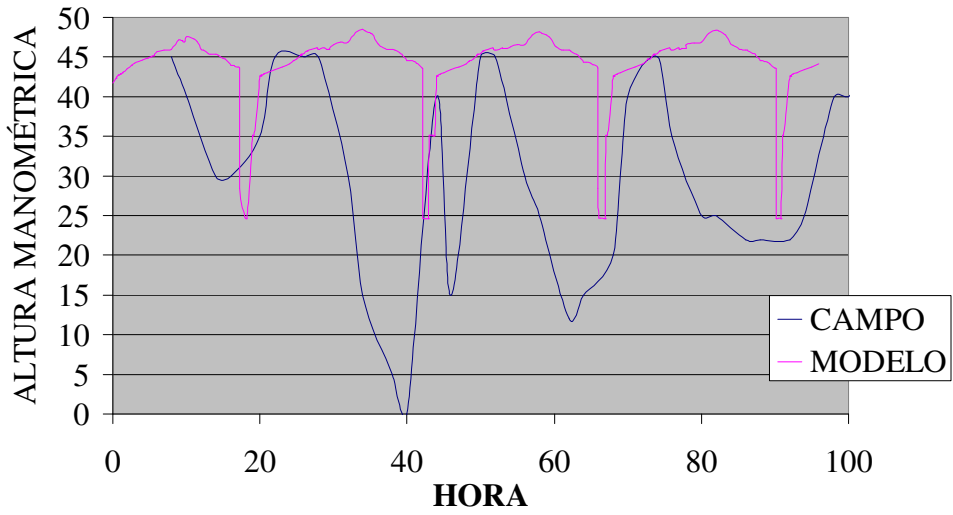


Figura 7

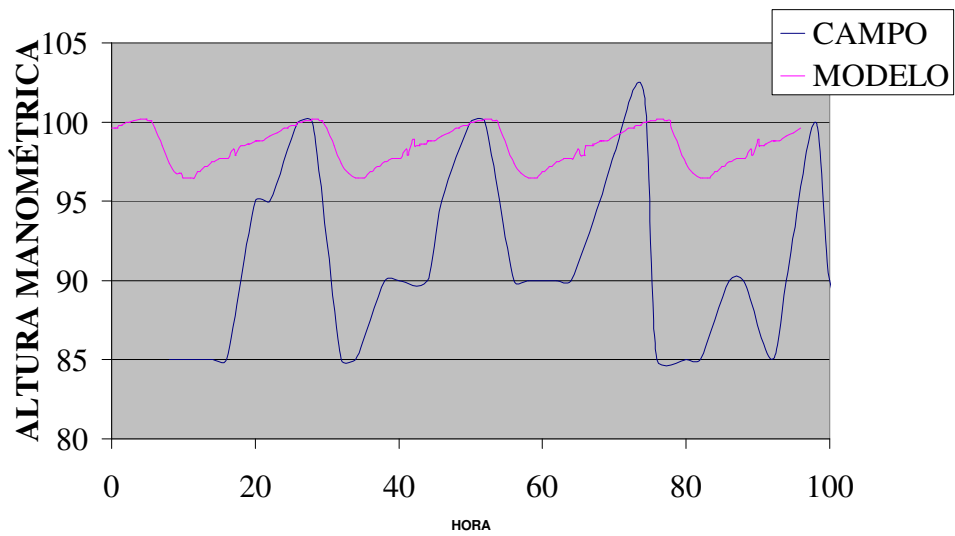


Figura 8

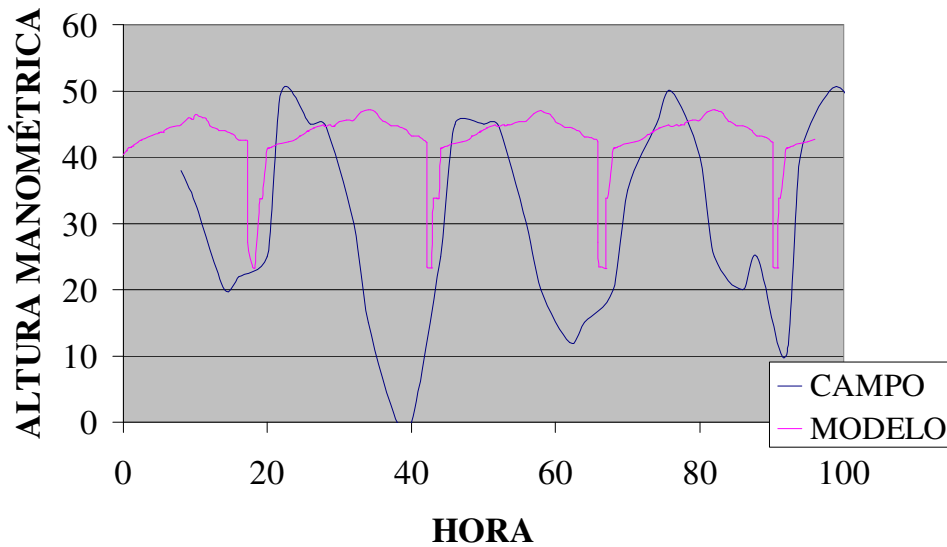


Figura 9

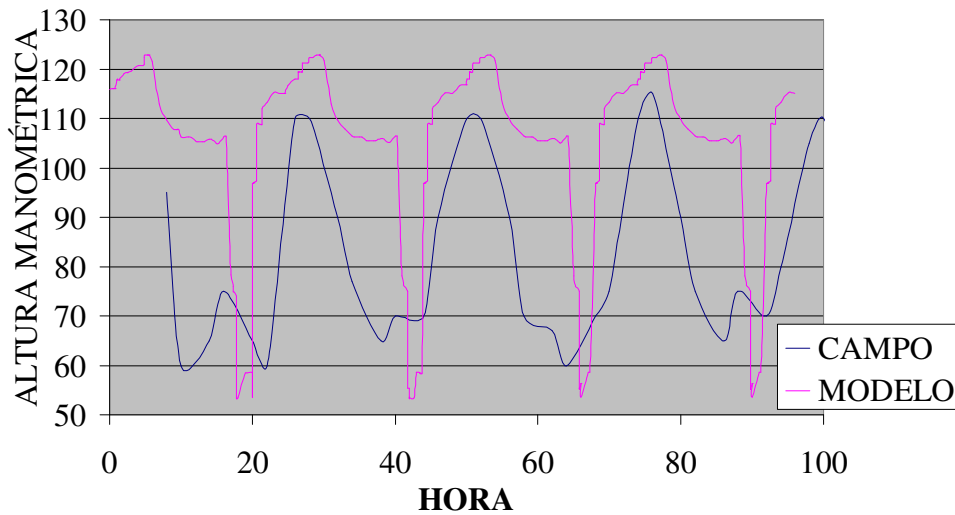


Figura 10

As medidas referentes às pressões foram aferidas entre 05/10/2006 e 12/10/2006 em horas nas mesmas horas em cada dia. É importante lembrar que as curvas das pressões no campo não possuem uma constância pois além de haver um consumo diferente para cada dia da semana, também há uma variação nas condições climáticas, entre outros fatores que alteram a leitura a cada verificação, ao contrario do modelo matemático que não é capaz de capturar esta a influência dessas variáveis.

O modelo foi calibrado de forma que todas as curvas destes pontos estejam próximas. Uma das medidas tomadas foi regular os registros das adutoras com o diâmetro efetivo de passagem de água adequado para poder igualar a pressão do modelo com a medida em campo, bem como programar a abertura e fechamento dos registros em consonância com o que é feito efetivamente no campo.

4. CONCLUSÃO

Esse estudo nos possibilitou ter uma melhor compreensão do sistema de distribuição de água em parte importante do município de Nova Friburgo, permitindo uma avaliação dos trechos que devem ser trocados por qualquer motivo, como, por exemplo, velocidade muito alta ou perda de carga acentuada, dispensando uma verificação *in situ*, o que representa uma considerável economia de recursos.

Ainda, através dele estão sendo corrigidos erros observados no sistema, tais como diâmetro inferior ao necessário, proporcionando um melhor atendimento à população. Outra contribuição relevante desse estudo é de servir de suporte à elaboração de um laudo técnico sobre a viabilidade de atendimento de uma determinada área do município.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço à Concessionária de Águas e Esgotos de Nova Friburgo, que me proporcionou a possibilidade de desenvolver este estudo, cedendo-me todos os dados relevantes ao projeto, assim como os detalhes do sistema de distribuição de água no município. Ao Prof. Pedro Paulo Gomes Watts Rodrigues por suas críticas construtivas ao trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- AZEVEDO NETTO, José Martiniano de et al. Manual de hidráulica. 8.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. CD-Rom.

MATHEMATICAL MODEL OF THE SYSTEM OF WATER DISTRIBUTION TREATED TO THE CITY YIELDS OF NOVA FRIBURGO

Iuri Anderson Porto

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Rua Ari Rongel s/n Vila Nova, Nova Friburgo-RJ
iurigalliard@yahoo.com.br

Gilberg Pereira da Silva

ev_gilberg@iprj.uerj.br

Pedro Paulo Gomes Watts Rodrigues

pwatts@iprj.uerj.br

Abstract: *A mathematical model was applied to assess the transport of the treated water in the Nova Friburgo district, Rio de Janeiro. The modelling allowed to make a prevision of the spatial distribution of the demand pressure, providing as natural outputs some relevant flow characteristics.*

Keywords: *mathematical model, transport phenomena, water resources.*