

AVALIAÇÃO HIDRÁULICA DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA CIDADE DE PASSOS–M. G.

Hellen Antunes Lamoglia¹; Fernando das Graças Braga da Silva²; Augusto Nelson Carvalho Viana;³ Arthur Benedicto Ottoni⁴

RESUMO

Com a necessidade de água para a população torna-se indispensável o abastecimento e conseqüentemente o planejamento da rede de distribuição. Esta rede necessita operar em certas condições de pressão e vazão. Assim, a simulação é uma maneira de estudar e avaliar o comportamento de um sistema de distribuição de água dentro das condições em que opera. Desta forma, com dados de elevação, consumo, rugosidade e diâmetro das tubulações como informações de entrada no programa de simulação, obtém-se valores de pressão em cada nó e vazão de cada trecho que irão mostrar a real situação em que a rede de distribuição está sendo submetida. Esses dados mostram a eficiência do transporte de água da tubulação, que está diretamente ligada com a presença ou não de vazamentos na rede. No presente trabalho foi realizado o estudo do bairro Aclimação da cidade de Passos-MG, utilizando o programa Epanet. Ao final deste estudo, obtiveram-se resultados compatíveis com o esperado ao observar coerência nos valores de pressão e vazão simulados com as elevações dos terrenos e demanda dos nós.

Palavras chave: simulação, redes de distribuição de água, Epanet

1) Engenheira Hídrica e mestranda em Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Itajubá,. Av. BPS, 1303, Itajubá, MG, CEP:37500-903. e-mail: hellen.lamoglia@yahoo.com.br

2) Vice Diretor do Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Coordenador do Núcleo Modelagem em Meio Ambiente e Recursos e Sistemas Hídricos -NUMMARH, e-mail: fbraga.silva@gmail.com; tel: (35) 3629- 1485.

3) Professor Associado, Universidade Federal de Itajubá,. Av. BPS, 1303, Itajubá, MG, CEP:37500-903. e-mail: augustonelsonviana@yahoo.com.br

4) Professor Adjunto IV, Universidade Federal de Itajubá,. Av. BPS, 1303, Itajubá, MG, CEP:37500-903. e-mail: arthurotoni@unifei.edu.br

ABSTRACT

With the need for water for the population it is essential supplies and therefore the planning of distribution network. This network needs to operate under certain conditions of pressure and flow. Thus, the simulation is a way to study and evaluate the behavior of a system of water distribution within the conditions in which it operates. Thus, with elevation data, consumption, roughness and diameter of pipes as input information in the simulation program, we obtain values of pressure and flow for each node and each section, and this will show the real situation where the distribution network is being submitted. These data show the efficiency of water transport pipe, which is directly linked with the presence or absence of leaks in the network. This present work was made based in the district Aclimação of the city Passos-MG, using the program Epanet. At the end of this study we obtained consistent results with those expected to observe consistency in the values of pressure and flow simulated with the elevations of land and the node demand.

Key words: Simulation, Water Distribution systems, Epanet.

1 – INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água urbano é composto de componentes que permitem que a água seja retirada da fonte pela captação aduzida a reservatórios até que esta chegue ao consumidor final residencial.

Dentro desse sistema, encontra-se um conjunto de tubulações, válvulas, acessórios, reservatórios e bombas, responsáveis por atender as condições sanitárias, de vazão e de pressão nos diversos pontos de consumo. Ao longo da rede de distribuição pode ocorrer uma perda de carga ou de pressão, devido, principalmente, ao atrito nas canalizações retas e aos acessórios utilizados. Outros fatores que podem provocar uma queda na pressão em parte do sistema são: o desperdício, o entupimento de canalizações, o aumento nas taxas de consumo e, até mesmo, as ligações irregulares.

Segundo Porto (2006), os valores do projeto devem garantir uma carga de pressão dinâmica mínima de 15 mca e máxima de 50 mca, visando a redução de perdas por vazamentos nas juntas das tubulações. Além disso, a atenção à influência topográfica é determinante no comprimento das tubulações. Estas devem ser adequadas ao relevo, já que as perdas de cargas existentes diminuem as pressões disponíveis. Reside aí a relevância do local e das condições ideais para que não ocorra prejuízo a nenhuma parte do sistema.

De acordo com Valadão (2006), um sistema de distribuição de água ou uma rede hidráulica é definido como qualquer arranjo de tubos para o propósito de transportar água ao consumidor. Esse sistema é considerado como uma coleção de vários tipos de componentes que são interligados de uma pré-determinada maneira. Uma canalização tem dois terminais que podem ser conectados numa rede. Similarmente uma bomba ou qualquer outro componente hidráulico pode ser conectado a dois terminais da rede. O comportamento de cada componente na rede é verificado experimentalmente em laboratório ou por relações empíricas. A rede hidráulica consiste de um número qualquer de nós e trechos de acordo com a configuração desejada. Fontes ou reservatórios podem ser introduzidos em qualquer nó, e cada trecho pode incluir bombas, turbinas, válvulas e outros elementos hidráulicos onde a relação energia-vazão é conhecida.

Segundo 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

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.

Deste modo o objetivo do trabalho é a aplicação do software Epanet, para avaliação hidráulica da rede de distribuição de água na cidade de Passos-MG, obtendo valores de pressão nos nós e vazão nos trechos.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na rede de abastecimento do bairro Jardim Aclimação da cidade de Passos – MG e os dados foram fornecidos pelo SAAE do município (Serviço Autônomo de Água e Esgoto).

As etapas do trabalho desenvolvido são ilustradas na

Figura 1.



Figura 1 - Etapas do trabalho desenvolvido

2.1 Área de estudo

A área de estudo foi selecionada baseada na disponibilidade de dados e, principalmente, pela característica de isolamento da rede de distribuição de água do local. Assim, o bairro selecionado foi o Jardim Aclimação da cidade de Passos – MG, mostrado nas figuras 2 e 3. A Figura 2 mostra uma visão mais ampla da região estudada, como a localização da estação de tratamento de água e a caixa d'água em relação ao bairro considerado. Na Figura 3, vê-se o bairro onde ocorre a distribuição de água a ser estudada.

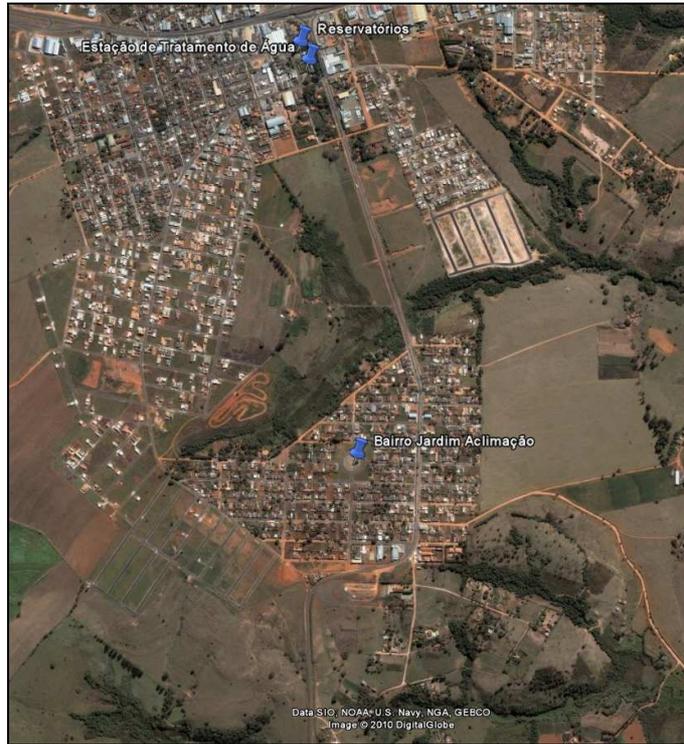


Figura 2 - Imagem de satélite com ampla visão da área estudada. (Fonte: Google Earth, 2010)

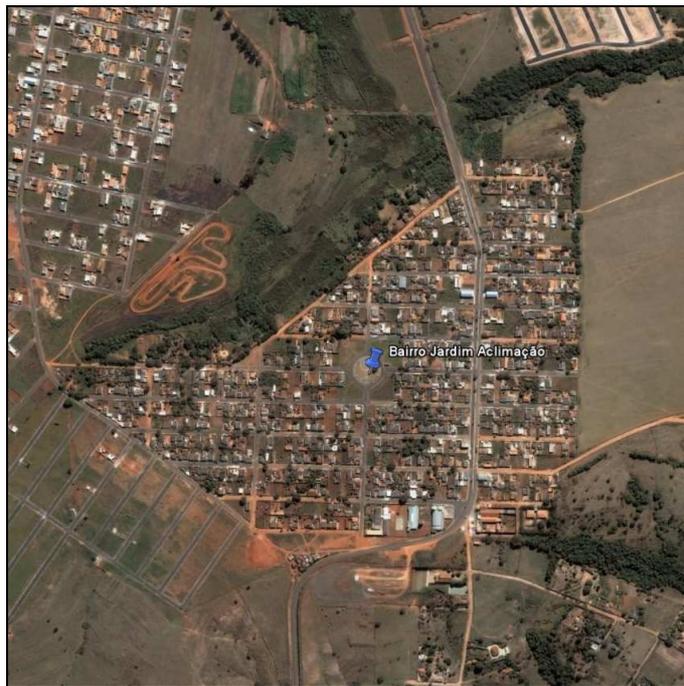


Figura 3 - Imagem de satélite com visão detalhada do bairro estudado (Fonte: Google Earth, 2010)

2.2 Dados obtidos junto a companhia de água

A obtenção de dados só foi possível mediante a disponibilidade dos mesmos junto ao SAAE, Serviço Autônomo de Água e Esgoto da cidade de Passos – MG. Os dados foram disponibilizados de maneira que possibilitou a utilização do software AutoCAD para a visualização dos mesmos. Dentre os dados fornecidos estão a localização da rede, o comprimento, material e diâmetro das tubulações, o consumo mensal por residência e a topografia do bairro a ser estudado. A Figura 4 ilustra fielmente a rede de distribuição de água da cidade de Passos – MG.

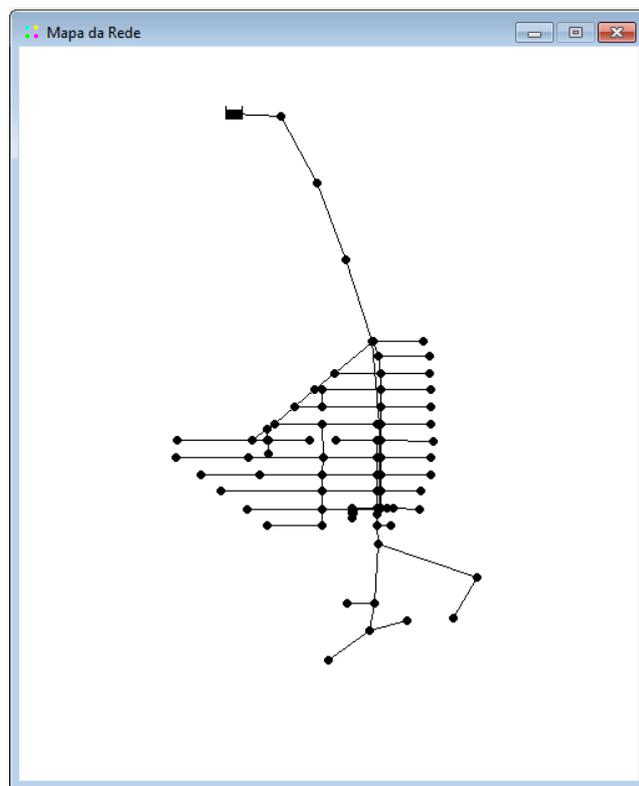


Figura 4 - Mapa com as curvas de nível do bairro estudado

2.3 Manuseio das informações

O manuseio dos dados teve início com a divisão da rede em trechos, posteriormente, foi feita a colocação dos nós seguida da distribuição e determinação da porcentagem de consumo mensal de água em cada nó. Com o auxílio de um programa de geoprocessamento foram obtidos os valores das cotas em cada nó. Assim, foi possível organizar as informações possíveis e necessárias sobre a área em estudo e a rede de distribuição de água presente no local em um arquivo de formato Excel para futura análise. Na Tabela 1 constam algumas informações da rede em estudo.

Tabela 1 - Dados de consumo de cada nó e sua porcentagem equivalente

Nós	Cotas (m)	Consumo (%)
1	815,59	0,19
2	805,70	0,72
3	781,88	0,00
4	757,02	1,07
5	786,36	0,00
6	804,23	0,00
7	803,44	0,00
8	803,83	0,00
9	804,15	0,00
10	804,80	0,00
11	804,00	0,00
12	803,27	0,19
13	804,15	0,17
14	804,24	0,18
15	802,85	1,33
16	802,16	1,55
17	800,86	0,98
18	799,52	0,94
19	796,95	1,91
20	796,39	1,55
21	794,05	1,18
22	790,57	1,67
23	790,40	0,54
24	785,52	1,86
25	786,36	1,46
26	781,24	2,44
27	781,66	1,47
28	776,67	3,67
29	777,20	1,54
30	770,60	3,26
31	773,08	0,93
32	761,93	0,58
33	768,09	0,30
34	756,79	1,42
35	758,10	1,12
36	802,18	1,34
37	799,67	1,45
38	796,77	1,21
39	790,37	1,84
40	784,16	1,15
41	804,80	0,00
42	803,90	0,00

Nós	Cotas (m)	Consumo (%)
43	803,38	0,66
44	801,30	1,55
45	802,33	0,86
46	802,65	1,01
47	800,79	1,29
48	796,83	4,66
49	798,03	3,09
50	792,03	2,61
51	788,75	3,55
52	796,75	1,95
53	786,69	2,59
54	782,92	4,11
55	797,61	1,37
56	778,51	0,86
57	775,27	0,75
58	780,76	0,13
59	775,29	0,41
60	776,59	1,27
61	795,29	1,65
62	772,18	0,24
63	770,12	0,64
64	776,92	2,62
65	784,79	1,42
66	764,99	1,61
67	765,53	0,60
68	767,74	1,72
69	771,93	0,00
70	764,60	1,39
71	804,66	2,72
72	803,93	0,00
73	804,19	0,00
74	778,18	0,00
75	772,65	0,00
76	788,92	0,00
77	791,81	0,00
78	780,03	0,00
79	772,18	0,00
80	765,73	0,00
81	804,32	3,01
82	804,45	1,30
83	804,64	7,16
Total (%)		100,00

2.4 Estudo do Epanet

O software utilizado no estudo foi o Epanet. Tal escolha foi feita por esta ferramenta ser muito utilizada em diversos trabalhos científicos, com resultados eficientes e de fácil interface. Este software possibilitou, a partir de dados da rede como níveis de reservatórios, comprimentos, rugosidade, diâmetro das tubulações, demandas e cotas topográficas dos nós, entre outros, as simulações das pressões nos nós e vazões nos trechos.

Após a caracterização completa da rede, pôde-se iniciar o processo de modelagem com o Epanet. Inicialmente, desenhou-se o arranjo da rede de distribuição de água. Completada essa etapa, foi possível editar as propriedades dos objetos que constituem o sistema, descrever as condições de operacionalidade, selecionar um conjunto de opções de simulação, executar a simulação hidráulica e, só então obter acesso aos resultados da simulação. Na etapa da edição das propriedades dos objetos, foram configurados os trechos de tubulação e nós com as cotas topográficas para os nós, diâmetro, rugosidade e comprimento das tubulações.

2.5 Simulações computacionais

A simulação tem início com a configuração de algumas propriedades que necessitam ser pré-definidas, no caso as identificações para os componentes do modelo (nós, reservatórios, tubulações, bomba, etc).

Selecionam-se as unidades das grandezas a serem usadas e a opção de cálculo da perda de carga contínua, considerando que o programa fornece várias opções de cálculo, como mostra a Tabela 2. Neste trabalho utilizou-se para a simulação a equação de Hazen-Williams. Esta é uma das fórmulas mais utilizadas para o cálculo de perda de carga em sistema de pressão, possui a restrição de ser usada apenas para água e foi desenvolvida inicialmente para escoamentos turbulentos.

Tabela 2 - Fórmulas para cálculo da perda de carga contínua em escoamento em pressão. (Fonte: Tutorial do Epanet).

<i>Fórmula</i>	<i>Termo de Perda de Carga (A)</i>	<i>Expoente do caudal (B)</i>
Hazen-Williams	$10.7 C^{-1.852} d^{-4.87} L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.083 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L$	2
Chezy-Manning	$10.3 n^2 d^{-5.33} L$	2

Onde: ϵ – rugosidade absoluta (mm); q – vazão (m³/s); C – coeficiente de rugosidade, que vai depender da natureza e estado das paredes do tubo; d - diâmetro da tubulação (m); f – fator de Darcy-Weisbach; n - coeficiente de rugosidade de Manning; L – comprimento da tubulação (m);

Assim, com os dados inseridos (Tabela), a rede montada e as condições de operacionalidade definidas, inicia-se o processo de modelagem com o Epanet com alguns dados.

Tabela 3 - Dados característicos da rede inseridos no Epanet

Trecho	Nó inicial	Nó final	Comprimento [m]	Diâmetro [mm]
1	1	2	300,0	100
2	2	3	302,0	100
3	3	4	315,0	100
4	4	5	325,0	100
5	5	6	297,0	100
6	6	7	94,0	100
7	7	8	10,0	100
8	8	9	8,0	100
9	8	11	14,5	100
10	10	11	19,0	50
11	11	12	17,5	75
12	12	13	91,5	75
13	13	14	10,0	75
14	13	81	22,0	50
15	14	16	62,0	50
16	16	17	144,0	50
17	16	17	61,0	50

3. RESULTADOS

Neste trabalho, foi apresentado o estudo de uma simulação hidráulica estática ou instantânea. Para o software, os nós são interpretados como pontos da rede onde as tubulações se conectam e por onde a água entra e sai. A Figura 5 apresenta o mapa da rede com suas variações de valores de pressão nos nós e vazão nas tubulações, com as faixas de valores destacadas através das variações de cores.

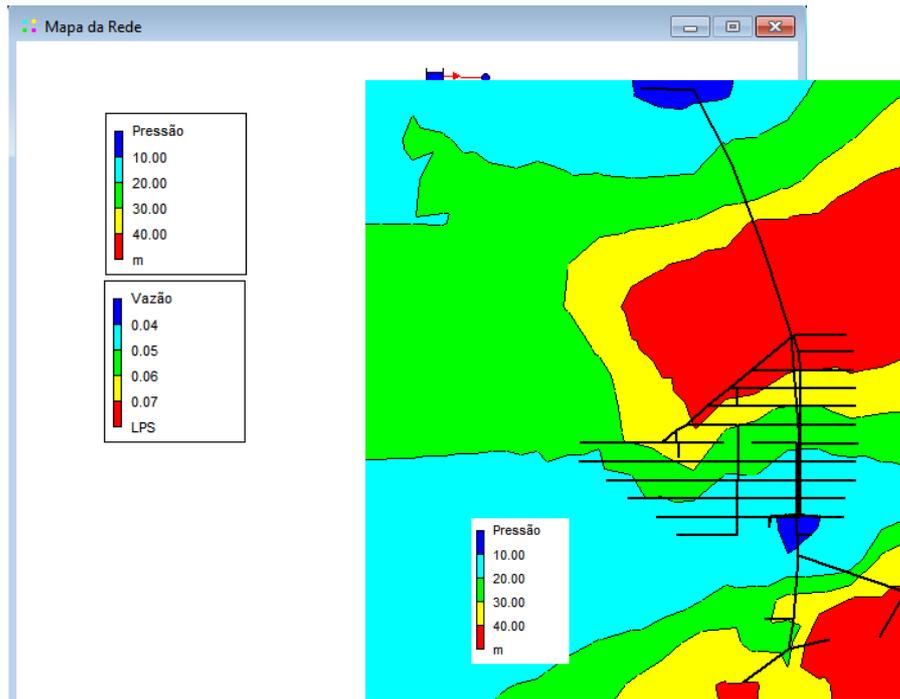


Figura 5 - Mapa da rede com variações de pressão nos nós e vazão nas tubulações no sistema de distribuição no Epanet

Como resultado, ainda em relação aos nós, pode-se visualizar um gráfico de isolinhas, apresentado na figura 6, onde estão identificadas as zonas de valores de pressão em função da classificação de cores mostrada na legenda. Na figura 6 estão identificados os valores de consumo.

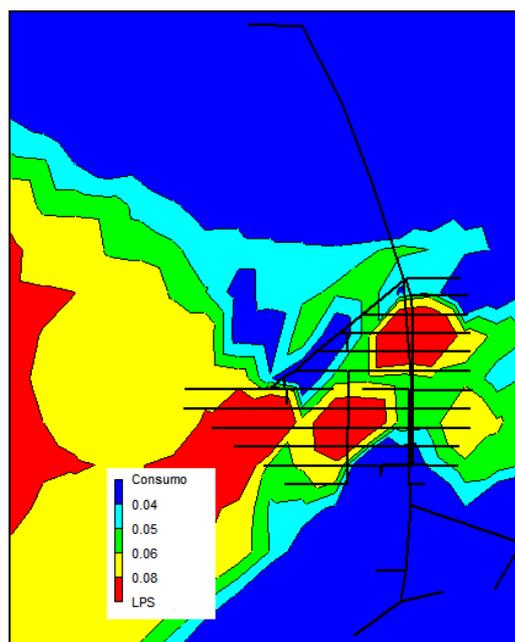


Figura 6 - Isolinhas para diversos valores de consumo nas tubulações do Epanet

As tubulações são trechos que transportam a água entre vários pontos da rede. O Epanet considera que o escoamento ocorre por pressão ao longo de toda a simulação nas tubulações. Desta forma, o escoamento ocorre dos pontos com carga hidráulica mais elevada para os pontos com carga hidráulica mais baixa.

Finalmente, para uma melhor visualização da rede com as suas respectivas variações de pressão em cada nó e variações de vazão em cada trecho, foram gerados os gráficos da apresentadas figura 7 e 8, respectivamente.

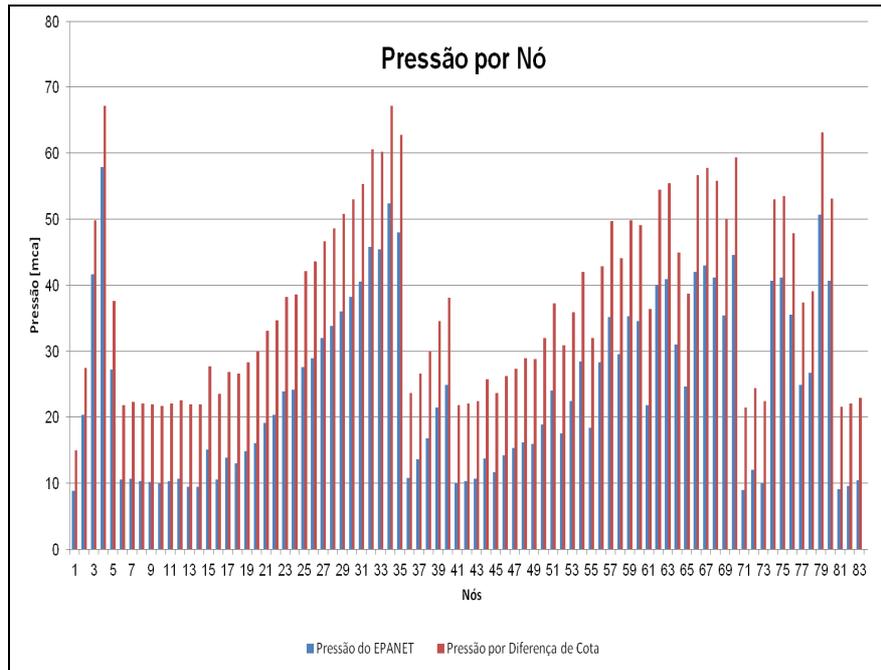


Figura 7 - Pressão nos nós da rede.

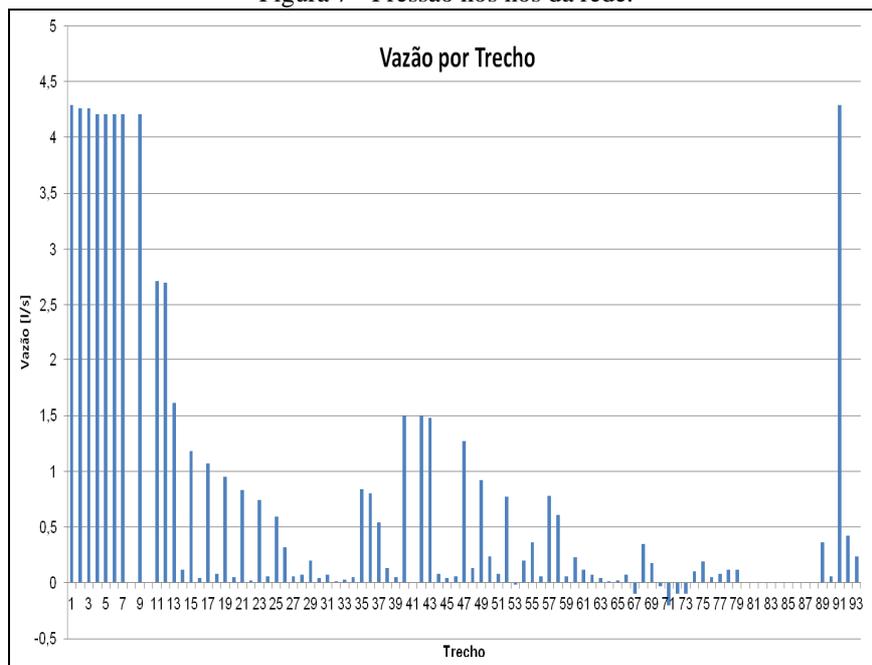


Figura 8 - Vazão nos trechos de tubulação

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste trabalho, foi realizado o estudo hidráulico da rede de distribuição de água do bairro Aclimação da cidade de Passos – MG, utilizando-se o software Epanet. Sendo um bairro isolado, ou seja, um bairro que não sofre grande influência da rede de distribuição de água da cidade, os resultados da simulação apresentaram-se bem consistentes. Por outro lado, considerando que o bairro estudado apresenta uma grande variação altimétrica devido ao seu tamanho e o relevo local, houve como consequência uma grande variação de pressão nos nós e na vazão dos trechos, que por sua vez pode ser justificada pela presença de alguns grandes consumidores.

Outra forma de análise da consistência dos dados é a comparação dos valores de pressão e da variação geométrica entre a elevação do reservatório e das elevações dos nós. Com base nesta análise, verificou-se uma boa consistência dos dados. Foi possível analisar, por meio dos dados simulados, que o nó que apresenta a menor cota topográfica é o que tem a maior pressão, como realmente deve ser. Assim, valores muito altos de pressão podem causar vazamentos, principalmente em juntas e emendas, por terem menor resistência à alta pressão.

Foram verificadas neste trabalho apenas as condições de funcionamento da rede de distribuição, que são essenciais para a análise de perdas e eficiência da rede de distribuição de água.

Para análises futuras, aconselha-se um estudo mais aprofundado e detalhado que apresentem resultados com valores mais próximos de valores reais. Com uma quantidade maior de dados reais e experimentos, é possível o aprimoramento do modelo de simulação através de uma calibração, podendo-se, desta maneira, obter valores cada vez mais específicos para cada estudo de caso.

Agradecimentos: Agradece-se a Fapemig – Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais pelos costumeiros auxílios recebidos.

5. BIBLIOGRAFIA

-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.

PORTO, RODRIGO M., “Hidráulica Básica”, 4ª Edição, São Carlos, 2006;

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

-SILVA, et. al. Avaliação hidráulica em setores da rede de distribuição de água de Itajubá – MG considerando vazamentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XVII., 2007, São Paulo. Anais Associação Brasileira de Recursos Hídricos – São Paulo, 25 a 29 de novembro de 2007. p. 20.

-SILVA et al., 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.

VALADÃO, M. N. Simulação Hidráulica de Rede de Abastecimento de Água – Aplicação em Setores de Itajubá – M.G. 2006. 58 f. Monografia (Título de Engenheiro Hídrico) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2006.

