

Desempenho de rede de abastecimento de água a partir da simulação computacional utilizando o EPANET 2.0**Performance indicators of water supply network from the computational simulation using the EPANET 2.0**

DOI:10.34117/bjdv6n8-084

Recebimento dos originais:08/07/2020

Aceitação para publicação:10 / 08/2020

Ana Alice Quintans de Araujo

Doutoranda em Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
Endereço: Av. Juvêncio Arruda, s/n - Universitário, Campina Grande - PB, 58109-790
E-mail:anaaliceq@gmail.com

Amanda Raquel Bezerra de Lima

Graduanda em Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
Endereço: Av. Juvêncio Arruda, s/n - Universitário, Campina Grande - PB, 58109-790
E-mail:amandarblima@hotmail.com

Cícero Fellipe Diniz de Santana

Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882, Universitário, Campina Grande – PB, 58429-900
E-mail:cicero.esa@hotmail.com

Sabrina Holanda Oliveira

Graduanda em Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB
Endereço: Rua Aprígio Veloso, 882, Universitário, Campina Grande – PB, 58429-900
E-mail:sabrina.holanda.oliveira@hotmail.com

Ruth Silveira do Nascimento

Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande, Professora Associada A do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Ciencia e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB
Endereço: Av. Juvêncio Arruda, s/n - Universitário, Campina Grande - PB, 58109-790
E-mail:ruthrn@gmail.com

Rui de Oliveira

Doutor em Engenharia Civil da Leeds Metropolitan - LEEDS, Professor Associado B do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Ciencias e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB
Endereço: Av. Juvêncio Arruda, s/n - Universitário, Campina Grande - PB, 58109-790
E-mail:ruideo@gmail.com

RESUMO

A região Nordeste sofre com escassez prolongada de água e necessita de uma gestão eficiente dos sistemas de abastecimento de água. Para tanto, foi realizada a análise do Índice de Hashimoto para a pressão ao longo de bairros, situados na Zona de pressão B na cidade de Campina Grande-PB. O estudo objetivou simular a variação dos indicadores, traçando a rede de distribuição no software EPANET e determinando os indicadores de confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade. A partir desta, observou-se que os bairros Prata e São José possuem comportamento semelhantes com pressões satisfatórias ao longo dos pontos selecionados, entretanto o bairro Centro possui pontos em não conformidade devido sua grande extensão e topografia irregular. A partir desses resultados pode-se concluir que o uso de modelos de simulação da qualidade da água pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade do serviço de abastecimento de água, apoiando as atividades de operação e manutenção do sistema.

Palavra-Chave: Operação e manutenção de sistema de distribuição de água, Hashimoto, Pressão.

ABSTRACT

The Northeast region suffers from prolonged water shortages and needs efficient management of water supply systems. For this purpose, the Hashimoto Index was analyzed for pressure along districts, located in the pressure zone B in the city of Campina Grande-PB. The study aimed to simulate the variation of the indicators, tracing the distribution network in the EPANET software and determining the indicators of reliability, resilience and vulnerability. From this, it was observed that the districts of Prata and São José have similar behavior with satisfactory pressures along the selected points, however the Centro district has points in nonconformity due to its great extension and irregular topography. From these results it can be concluded that the use of water quality simulation models can contribute significantly to the improvement of the water supply service quality, supporting the operation and maintenance of the system.

Keywords: Operation and maintenance of water distribution system, Hashimoto, Pressure.

1 INTRODUÇÃO

A região Nordeste é a que mais sofre com a escassez prolongada de água, pois apresenta um regime pluviométrico com irregularidade de chuvas associado a taxas de evapotranspiração muito elevadas, além da predominância de rochas impermeáveis, que contribuem para a limitação das águas superficiais e agrava, conseqüentemente, a sua distribuição para a população.

Diante do exposto, a gestão dos sistemas de abastecimento de água torna-se uma importante ferramenta auxiliadora afim de minimizar a disparidade da distribuição hídrica encontrada, tendo como base os critérios de avaliação de risco. Para esta análise, surgem os indicadores que são instrumentos utilizados na difusão de informações sobre o objeto estudado e segundo Oliveira (2016), sua utilidade torna-se mais evidenciada pela capacidade de análise

e acompanhamento de fenômenos até mesmo não detectáveis em termos imediatos, tendo um significado maior que o fornecido pela observação direta, expressa por gráficos ou formas estatísticas.

Para o monitoramento da qualidade são utilizadas simulações eletrônicas que possibilitam o acompanhamento da água em tempo real e o desempenho qualitativo dos processos envolvidos com base nos padrões de qualidade da água. Haja vista que como as redes de distribuição de água, em geral, localizam-se abaixo de vias com tráfego intenso, sua inspeção física é limitada e de difícil acesso. Logo, uma solução para o problema é análise do comportamento deste sistema de forma indireta com auxílio de softwares.

A partir da entrada de valores, é possível extrair do software dados como vazão das tubulações, pressão nos nós, concentração de cloro residual livre, nível de água dos reservatórios que abastecem o sistema, entre outros, bem como simular todo o transporte e destino de água e estabelecimento de cenários de projeto, o que possibilita uma visão sistêmica do processo de abastecimento e acompanhamento constante dos parâmetros hidráulicos desejados.

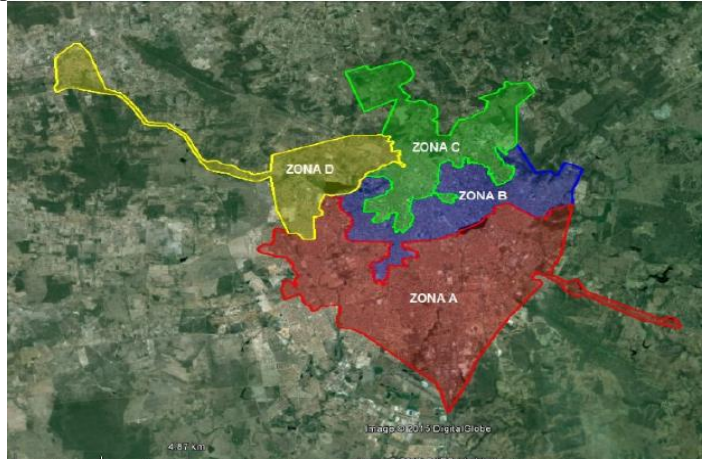
Diante do exposto, o estudo objetivou simular a variação dos indicadores de qualidade da água no sistema de abastecimento de água de Campina Grande, traçando a rede de distribuição e determinando os índices de Hashimoto da rede com relação à pressão do sistema de abastecimento utilizando os indicadores de confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Na cidade de Campina Grande-PB, o serviço de distribuição de água é administrado pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), sendo constituído por captação, adução de água bruta, tratamento convencional, adução de água tratada, reservação e distribuição. Com a finalidade de promover uma boa gestão da operação de distribuição de água, a companhia dividiu a rede em quatro zonas de pressão, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Representação das zonas de pressão da rede de distribuição de água de Campina Grande-PB.



Fonte: Adaptado de Menezes (2011)

O estudo analisa a zona de pressão B, da rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande-PB. Entretanto no âmbito desta zona de pressão, foram selecionados os bairros Prata, São José e Centro por serem considerados críticos devido às frequentes intercorrências e maior envelhecimento da rede.

2.2 MODELAGEM COMPUTACIONAL

A partir da utilização de softwares de simulação hidráulica como o EPANET 2.0, desenvolvido pela United States Environmental Protection Agency (EPA) e licenciado como domínio público é possível executar simulações estatísticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água em redes de distribuição constituídas por tubulações, bombas, válvulas e reservatórios de nível fixo e/ou variável.

No entanto, para o seu desenvolvimento fez-se necessária a obtenção das cotas do terreno que foram obtidas através da carta de curvas de nível do município de Campina Grande, em AutoCAD, e o nível de água utilizado foi o máximo mais frequente num período de 12 meses, entre 2013 e 2014, obtidos dos relatórios diários do Centro de Controle Operacional da CAGEPA (NASCIMENTO, 2016).

2.3 EXTRAÇÃO DOS DADOS NO EPANET

Após execução da simulação no EPANET 2.0 e escolha da análise da pressão nos nós, selecionou-se a opção tabela, em seguida séries temporais para o nó e posteriormente foi feita a extração dos dados de Pressão de cada nó ao longo de uma semana (período de simulação máximo disponível pelo programa).

Em seguida os dados foram organizados em planilhas de Excel e contabilizada as quantidades de horas, falhas, eventos e desvio padrão para cada nó.

2.4 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA PESQUISA

Os parâmetros são avaliados com base no índice de Hashimoto levando em consideração os dados de Pressão (mca) e utilizando os cálculos de confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade.

2.5 CÁLCULO DA CONFIABILIDADE

Segundo Paixão et. al. (2003), confiabilidade é a probabilidade da operação do sistema estar em estado satisfatório e sua equação é expressa como:

$$Conf = Prob(X_t \in S) = Prob(X_t \geq X_0) = 1 - \frac{NF}{NT} \quad (1)$$

Onde:

X_t = o desempenho do sistema ao longo do tempo; $t = 1$;

X_0 = valor limite especificado;

S = estado satisfatório;

NF = o número total de intervalos de tempo no qual $X_t < X_0$ = falha.

Para o parâmetro estudado (Pressão), a faixa de valores adotada segue a NBR 12218/1994 que estabelece as pressões de 10 e 50 mca como valores mínimo e máximo, respectivamente. Portanto, os valores encontrados entre este intervalo são considerados satisfatórios.

2.6 CÁLCULO DA RESILIÊNCIA

Resiliência é a medida em escala de tempo da capacidade do sistema em retornar ao estado satisfatório, uma vez que a falha ocorre (PAIXÃO et al., 2003). Sendo assim, quando diz-se que um sistema é muito resiliente significa que ele consegue voltar ao regime normal de operação mais rapidamente, enquanto que o contrário implica em um evento mais demorado e de lenta recuperação.

Portanto, a resiliência serve para avaliar a média de quão rapidamente o sistema retorna de um estado de falha para um estado satisfatório de atendimento à demanda (ARAGÃO, 2008).

A Equação (2) foi utilizada para o cálculo da resiliência e é expressa como:

$$Res = \frac{1}{E\{d\}} = \left[\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M d_j \right]^{-1} ; \text{ para } M > 0; \text{ para } M = 0 \quad (2)$$

Onde:

M = número de eventos insatisfatórios;

d = duração do evento insatisfatório;

j = índice do evento insatisfatório;

E = valor esperado do tempo em que o sistema permanece em estado insatisfatório.

2.7 CÁLCULO DA VULNERABILIDADE

Conforme Paixão et. al. (2003), vulnerabilidade é a quantidade hídrica em termos de volume que o sistema deixa de ofertar para suprir as necessidades contidas no mesmo. No caso da pressão, sua vulnerabilidade será obtida pela diferença entre o valor obtido na simulação e a faixa de conformidade.

A Equação (3) define o valor médio da vulnerabilidade:

$$Vul_med_j = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M médias[S_j] \quad (3)$$

Onde:

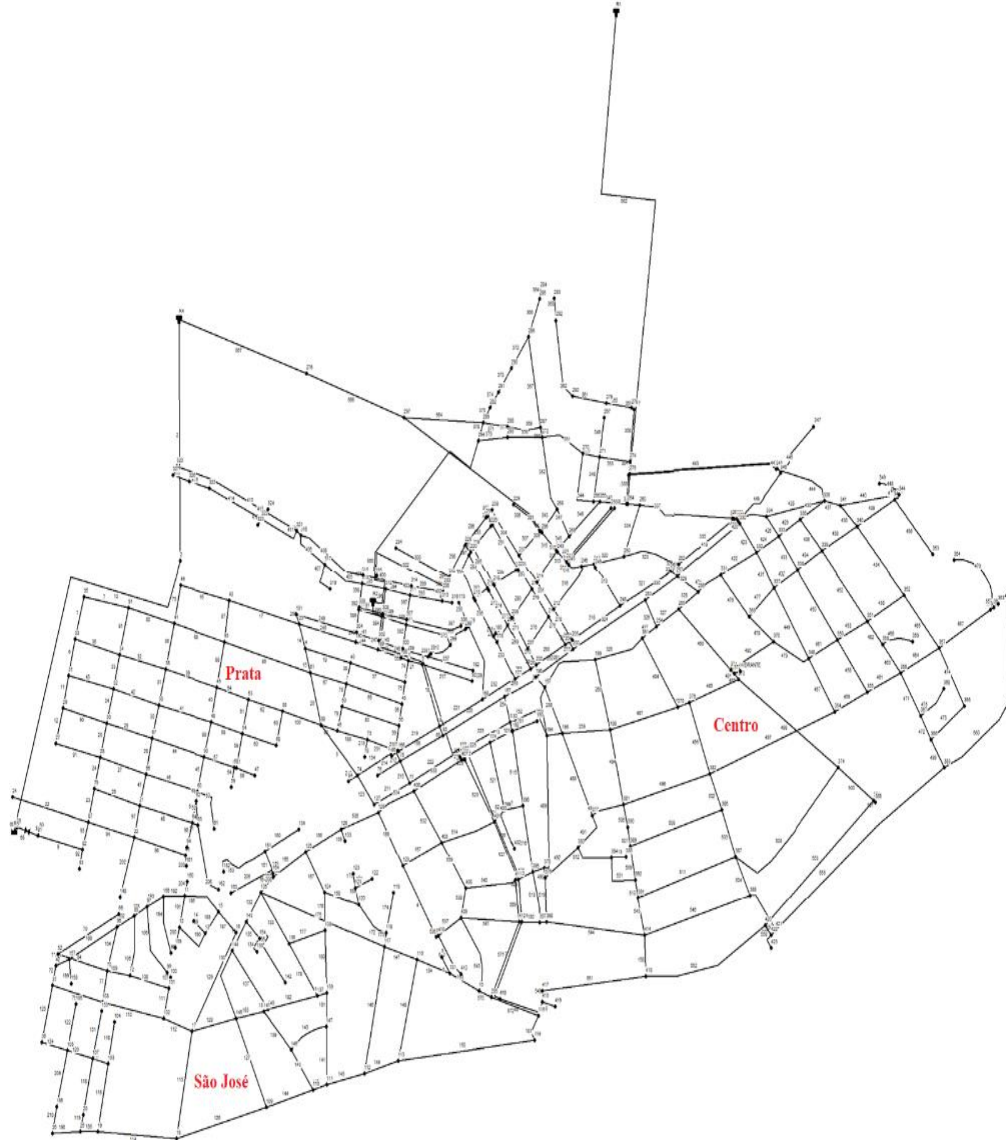
S = desvio relativo aos valores de concentração, pressão ou volume e as faixas de valores exigidos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da planta baixa da rede de abastecimento de Campina Grande (Figura 3), fornecida pela CAGEPA, realizou-se o traçado dos trechos que simulam a distribuição de água dos bairros analisados.

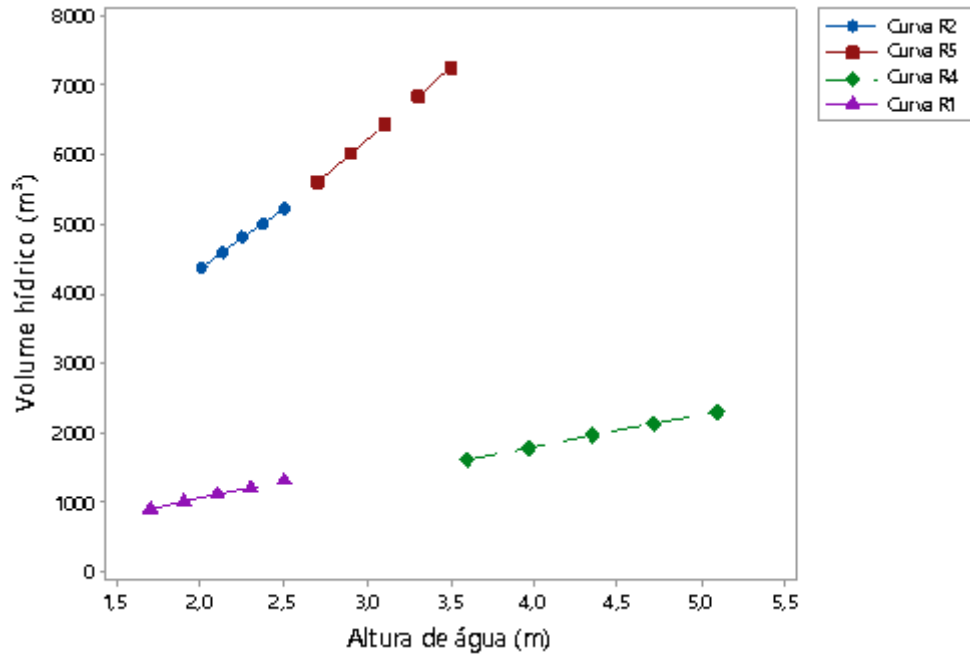
Com o auxílio do software EPANET foram construídos (Figura 2) 563 trechos que representam as tubulações da rede de abastecimento e 410 nós que equivalem às ligações entre os trechos e auxiliarão na condução do percurso da água.

Figura 2 – Esquema da rede de distribuição simulada no EPANET.



As curvas que conseguem obter o comportamento do volume foram obtidas a partir, primeiramente, da definição do mês de Junho como referência, pois dentre os meses estudados ao longo de um ano observou-se o período em que a cidade possui maior população flutuante. Posteriormente, a realização do cálculo das modas horárias dos volumes e níveis dos dados referentes ao ano de 2013, haja vista que este parâmetro se mostrou mais representativo que a média pois o banco de dados possui alguns valores discrepantes decorrentes da manutenção e operação dos reservatórios. E finalmente, o gráfico pôde ser elaborado de posse dos dados de nível e volume mínimos e máximos e dos níveis intermediários a 25%, 50% e 75%, relacionando-os com seus respectivos volumes escolhidos intuitivamente por se tratarem de reservatórios prismáticos, de acordo com a Figura 3.

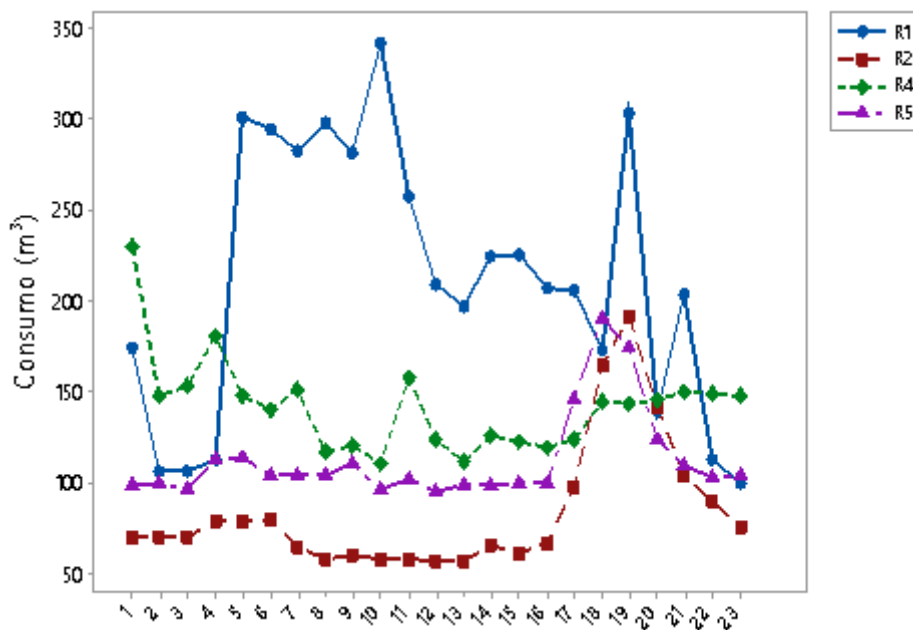
Figura 3 – Curva de Volume dos reservatórios



Fonte: Autor (2018)

Os perfis de consumo dos bairros simulados foram calculados a partir dos dados de variação de volume dos reservatórios cedidos pelos relatórios do Centro de Controle e Operações (CCO) da CAGEPA, de forma que foi estimada a média horária para cada mês e, portanto, foi alcançado um padrão de consumo de água mensal e posteriormente para o intervalo de um ano. Os perfis de consumo dos reservatórios analisados encontram-se na Figura 4.

Figura 4 – Perfil de consumo dos reservatórios.



Fonte: Autor (2018)

Os gráficos dos perfis de consumo dos reservatórios R2 e R5 possuem comportamento comum, no qual o maior consumo de água é no período entre 18 e 19 horas, devido ao retorno da população aos seus lares nesta faixa de horário. Entretanto, o comportamento singular dos reservatórios R1 e R4 se deve, provavelmente, às especificidades das funções dos mesmos. Haja vista que o R1 localizado no bairro do Alto Branco, consoante Meneses (2011), serve de poço de sucção da estação elevatória EEAT-11 que atende o R7 e o R4 serve de poço de sucção para a EEAT-09, que atende ao sistema do Brejo e não funciona no horário de ponta.

3.1 DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS DE SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE VULNERABILIDADE DA REDE

Fez-se necessária a escolha de pontos estratégicos, representados na Figuras 5 e 6, de acordo com sua distribuição no mapa bem como por representarem áreas com grande circulação de pessoas. No bairro da Prata foram selecionados os nós 27, 33, 44, 67 e 58, que representam a Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Elpídio de Almeida, Feira da Prata, Hospital Joao XXIII, Igreja do Rosário e Mosteiro das Clarissas, respectivamente. No São José os nós escolhidos foram 109, 102, 18, 117 e 136, que simbolizam o Hospital Universitário Alcides Carneiro, Estádio Presidente Vargas – Campo do Treze, Hospital Municipal Pedro I, Casa da Criança Dr Joao Moura e Escola Estadual de Ensino Fundamental Clementino Procópio, na devida ordem. E no Centro os nós 73, 398, 383, 199, 386, 348, 346, 270, 315, 175 e 251, que equivalem ao Teatro Municipal Severino Cabral, Loja Hiper Cartucho, Bar do Cuscuz, Shopping Cirne Center, Igreja Nossa Senhora do Carmo, Feira Central, Sesc Centro, Ministério do Trabalho, Posto Presidente, Banco Itaú e Museu Histórico de Campina Grande, nesta ordem.

Figura 5 – Ilustração dos pontos estratégicos escolhidos na simulação nos bairros do São José e Prata.



Fonte: Nascimento (2016).

Figura 6 – Ilustração dos pontos estratégicos escolhidos na simulação nos bairros do Centro.



Fonte: Autor (2018).

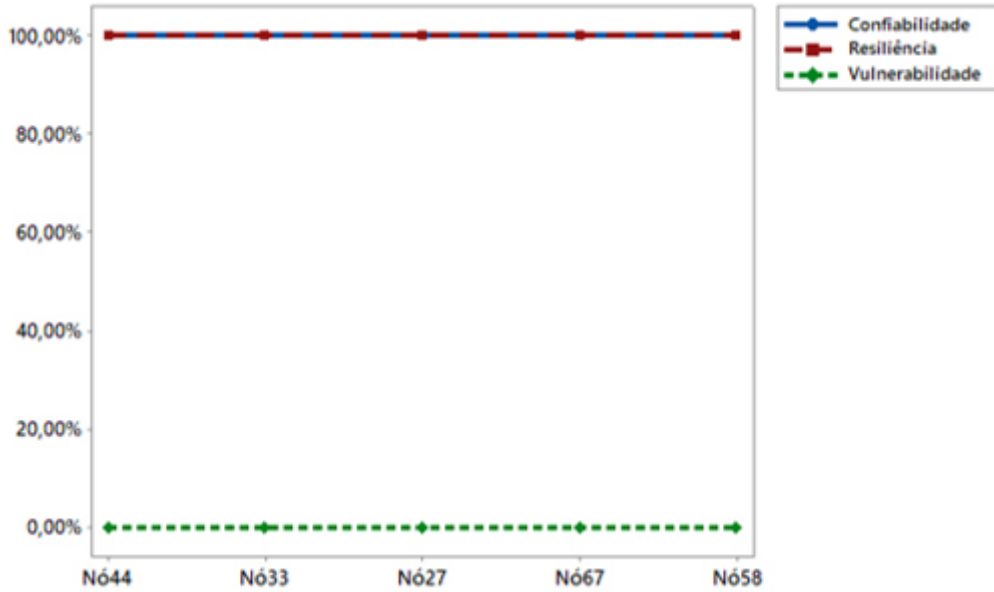
3.2 INDICADORES DE CONFIABILIDADE, RESILIÊNCIA E VULNERABILIDADE

Segundo Hasimoto et. al. (1982) os critérios de Confiabilidade, Resiliência e Vulnerabilidade, podem medir o desempenho de um sistema, assim, de posse destes índices pode-se fazer uma avaliação mais acertada nos projetos que serão implantados e que representarão melhor os cenários futuros.

Na prática podem ocorrer incidentes e, portanto, as funções propostas para o sistema podem não ser cumpridas. Logo, os indicadores de sustentabilidade aparecem como ferramentas capazes de auxiliar no monitoramento da operacionalização do desenvolvimento sustentável, apresentando informações sobre o estado das dimensões ambientais, econômicas, culturais, institucionais e outras (CARVALHO et. al., 2011).

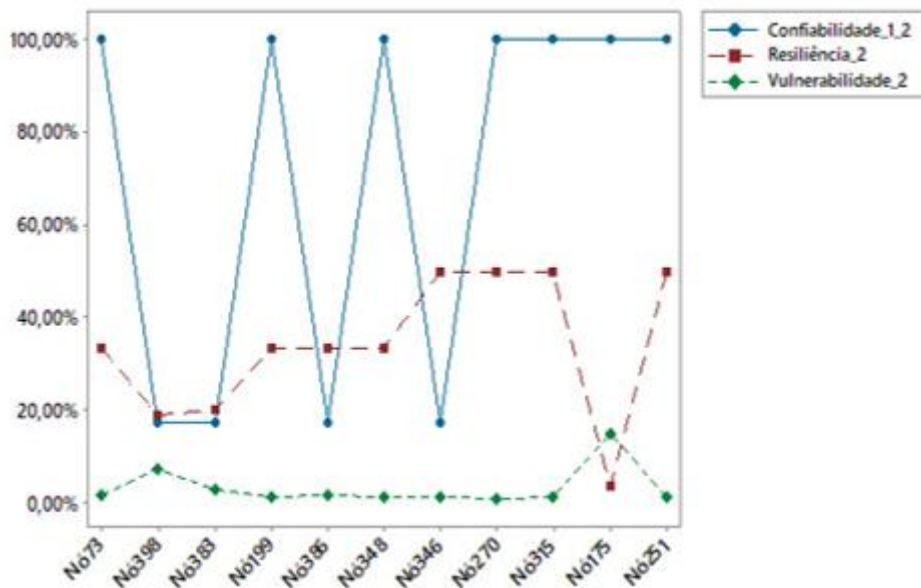
Aplicando estes indicadores para análise da pressão ao longo da rede de abastecimento, e seguindo a faixa de valores adotada que segue a NBR 12218/1994 estabelecendo as pressões de 10 e 50 mca como valores mínimo e máximo, respectivamente, obtém-se as Figuras 7, 8 e 9.

Figura 7 – Aplicação dos índices para o bairro Prata



Fonte: Autor (2018).

Figura 8 – Aplicação dos índices para o bairro São José



Fonte: Autor (2018).

O bairro Centro, apresenta comportamento distinto dos demais bairros, haja vista que tem extensão maior, topografia irregular, o que implica em pontos com elevações bem diferentes, e abastecimentos realizados pelos reservatórios R1 e R4 que possuem regimes de operação particulares conforme discutido anteriormente.

Quanto a Confiabilidade observa-se que os nós 398, 383, 386 e 346 apresentam valores baixos e desempenho insatisfatórios com pressões acima do máximo permitido em todo tempo

ao longo dos sete dias de simulação. Isto ocorre provavelmente devido a sua topografia irregular, visto que estes são os pontos com menores elevações variando entre 513 a 523m, enquanto a altitude média da cidade é de 551m.

Para a resiliência todos os pontos demonstraram que o sistema possui lenta recuperação no bairro Centro, fato que ocorre, pois, alguns reservatórios funcionam em regime de batelada, o que implica em um fornecimento hídrico descontínuo do sistema. Logo, em caso de falha a descontinuidade de alimentação da rede corrobora para uma maior dificuldade de reestabelecimento do fornecimento de água e conseqüentemente da pressão, haja vista que a variação de volume na tubulação implica diretamente na alteração das pressões.

Sua vulnerabilidade, foi obtida pela diferença entre o valor obtido na simulação e a faixa de conformidade, e foi observado que nenhum ponto deixou de ofertar água para suprir as necessidades contidas ao longo do sistema.

4 CONCLUSÕES

O uso de modelos de simulação da qualidade da água pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade do serviço de abastecimento de água, apoiando as atividades de planejamento, operação e manutenção do sistema. Sendo assim, a simulação da qualidade da água na rede de distribuição foi fundamental para a aplicação da análise de risco por meio dos índices de Hashimoto, fornecendo informações sobre a confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade na análise da pressão na operação e manutenção do SAACG.

Os bairros Prata e São José desempenham comportamentos satisfatórios, comprovados pelos cálculos dos índices, enquanto o bairro Centro apresenta alguns problemas de operação podendo ser resolvidos com a adição de novos reservatórios de alimentação com regime de operação mais regular.

Logo, observou-se que estas ferramentas são importantes auxiliadoras para uma boa gestão do processo, tanto no aspecto de deficiência do sistema quanto com relação a qualidade da água e conhecimento do sistema para escolha da melhor alternativa que solucionará o sistema.

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, T. G. Transposição das águas do rio São Francisco para a bacia do rio Paraíba: uma avaliação da sinergia e sustentabilidade hídrica utilizando o modelo de rede de fluxo AcquaNet. **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**: Projeto de rede para distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

CARVALHO, J. R. M. de, CURI, W. F, CARVALHO, E. K. M. de A, CURI, R. C. **Proposta e validação de indicadores hidroambientais para bacias hidrográficas: estudo de caso na sub-bacia do alto curso do Rio Paraíba, PB**. Soc. & Nat., Uberlândia, ano 23 n. 2, 295-310, Maio/Agosto. 2011

HASHIMOTO, T. **Reliability, Resilience, and Vulnerability Criteria for water resource system performance evaluation**. Water Resources Research, Vol. 18, No.1, pages 14-20, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. Fevereiro 1982.

MENESES, R. A. Diagnostico operacional de sistemas de abastecimento de água: o caso de Campina Grande. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, 2011.

NASCIMENTO, R. S. Modelo conceitual para a gestão da qualidade da água em sistemas de abastecimento de médio porte. **Tese** (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, 2011.

OLIVEIRA, M. L. de; Desenvolvimento de método para avaliação de desempenho de sistemas de abastecimento de água: aplicação ao caso da rede DF e entorno. **Dissertação** (Mestrado) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2016.

PAIXÃO, M. P, STUDART, T. M. de C, CAMPOS, J. N. B, CARVALHO, R. M. de. **Aplicação de indicadores de performance na avaliação de sistemas hídricos: um estudo de caso**. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba – PR. Novembro de 2003.