

IMPACTO ECONÔMICO DA UTILIZAÇÃO DE VÁLVULAS REDUTORAS DE PRESSÃO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE PALMAS - TO

Waldo Coelho Bitencourt¹

Thiago Costa Gonçalves Portelinha²

Mysia Oliveira Bandeira³

RESUMO

A perda de água tratada é um dos maiores desafios das companhias de saneamento pelo mundo, figurando como um excelente ponto a ser trabalhado. A região norte do Brasil tem um dos piores índices de perdas, chegando a 50% em alguns estados. Neste cenário, surge o gerenciamento ativo de pressões como uma importante ferramenta no combate e controle de perdas reais, atuando diretamente no índice de vazamentos. No entanto, sua ação também pode acarretar a redução de consumo. Este estudo, realizado na cidade de Palmas, no estado do Tocantins, analisou os impactos econômicos causados pela utilização de uma válvula redutora de pressão na rede de distribuição de água em uma zona com boa setorização. Os resultados mostraram que a válvula reduziu em torno de 15,4% o volume medido nos hidrômetros e 47% do quantitativo global de vazamentos, resultando em um valor presente líquido positivo para o ano de 2017. A utilização de válvulas redutoras de pressão se mostrou interessante para setores de distribuição em PVC que não possuam rede de esgotamento sanitário.

Palavras-chaves: Gerenciamento de pressões. Redução de perdas. Hidráulica.

ABSTRACT

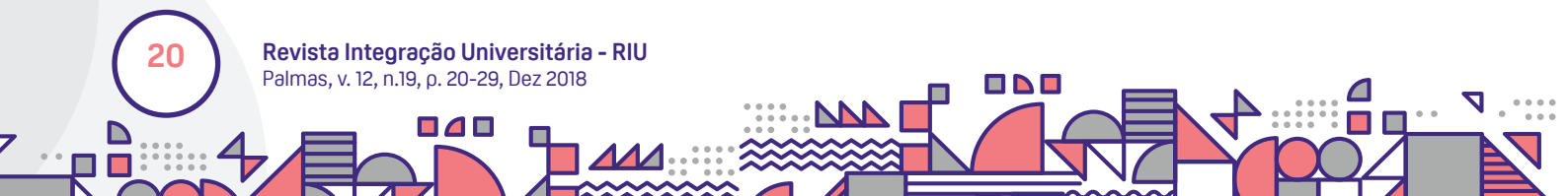
The loss of water is one of the biggest challenges for sanitation companies, and it is an excellent feature to be worked on. The northern region of the country has one of the worst losses index, reaching 50% in some states. In this scenario, active pressure management emerges as an important tool in the combat and control of real losses, acting directly on the leak rate, however, their action may also lead to a reduction in consumption. This study carried out in the city of Palmas in the state of Tocantins analyzed the economic impacts caused by the use of a pressure reducing valve in an area with good sectorization. The results showed that the valve reduced by 15.4% the volume measured in the hydrometers and 47% of the global quantity of leaks, resulting in a positive net present value for the year 2017, leading to the conclusion that the use of pressure reducing valves has proved to be interesting for PVC distribution sectors that do not have sanitary sewage networks.

Keywords: Pressure management. Reduction of losses. Hydraulics.

¹Engenheiro Ambiental pela UFT, aluno do curso de Engenharia Civil da FACTO, mestrando em Engenharia ambiental pela UFT. E-mail: bitencourtwaldo@mail.uft.edu.br

²Engenheiro Ambiental pela UFT, Doutor pela Universidade Nacional de Córdoba e professor adjunto dos cursos de Engenharia Civil e Ambiental da FACTO. E-mail: thiagoportelinha@mail.uft.edu.br

³Engenheira Civil pelo Centro universitário Luterano de Palmas, pós-graduanda em geoprocessamento. E-mail: mysiabandeira@gmail.com



1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, uma das maiores preocupações dos gestores de sistemas de abastecimento de água é a adoção de medidas capazes de minimizar as perdas na distribuição, que segundo dados do SNIS (2015), frequentemente chegam a valores de 30% no Brasil, e ultrapassando 50% na região Norte. Atualmente, o problema das perdas de água e seu controle assumem um papel cada vez mais importante na tendência a priorizar a sustentabilidade de consumo e proteção do meio ambiente. É objeto de considerável visibilidade na mídia e na política, principalmente em períodos de escassez ou em locais de rápido adensamento populacional, onde os sistemas se sobrecarregam e não conseguem abastecer a população em regime de perenidade. Como foi o caso da região metropolitana de São Paulo, no ano de 2014. (CÔRTEZ et al., 2015)

Um dos principais motivos de existirem valores altos para perdas de água, de acordo com Mao et al. (2017), é a grande quantidade de vazamentos devido a dois fatores principais: uso de materiais de baixa qualidade utilizados nos sistemas de água no Brasil, como é o caso do Policloreto de Polivinila (PVC) e, ainda, a ocorrência de altas pressões nos sistemas de abastecimento.

Desta forma, faz-se necessário o controle ativo de pressões para minimizar os gastos com reparos de vazamentos, que de acordo com Moraes, Cavalcante e Almeida (2010) nunca se limitam apenas às tubulações, sendo muitas vezes necessário escavar e recompor pavimentos asfálticos. Outro problema recorrente são os cadastros técnicos deficitários que, segundo Amorim et al. (2009), muitas vezes carecem de informações históricas, fazendo com que as escavações para reparos sejam feitas em locais equivocados, aumentando o volume escavado e, conseqüentemente, a área a ser reparada.

Segundo Tabesh, Asadiyami e Burrows (2009), para garantir a técnica adequada de controle de pressão é necessária uma análise global do sistema, o que inclui diferentes cenários por meio de diferentes configurações operacionais. Desta forma, somente por meio de uma análise integrada, baseada em instrumentos de suporte que garantam a fidelidade ao comportamento do sistema, será possível atingir os requerimentos em termos de máxima eficiência no controle de pressão, sendo que a modelagem hidráulica é um destes instrumentos. Segundo Ulanicki et al. (2000), as válvulas redutoras de pressão (VRPs) são muito utilizadas para o controle de pressão por serem autorreguláveis, fornecendo uma redução automatizada da pressão à jusante sobre uma gama de pressões à montante. A resistência da válvula é controlada por uma pressão alvo à jusante, e os pontos de controle da válvula podem ser constantes ou ainda agendados; esses pontos são determinados com relação aos pontos alvo que são identificados por meio da área de gestão de pressões (AGP).

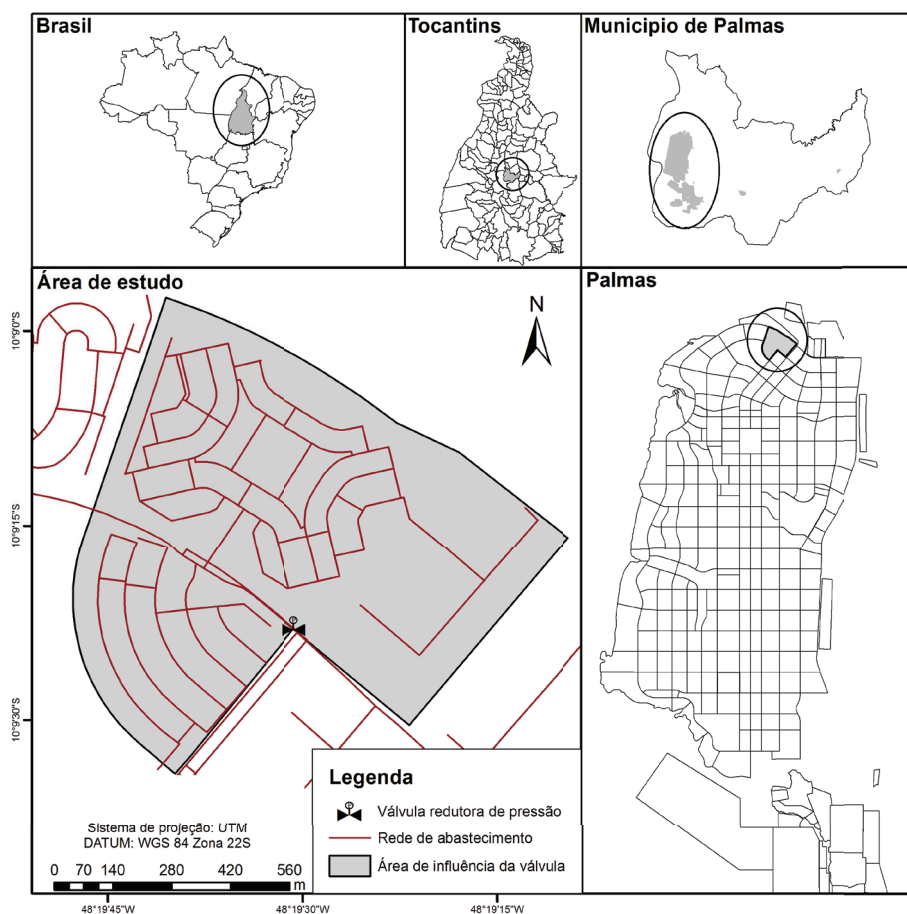
Em muitos casos, a pressão é reduzida com o intuito de evitar vazamentos e, por isso, a maioria dos estudos ressaltam o aspecto de eficiência operacional e redução de custos em função da regularização das pressões, esquecendo do impacto no consumo que também tem interferência direta na lucratividade das companhias. Alguns estudos apontam que, na melhor das circunstâncias, as perdas representam 10% do volume produzido e pelo menos 50% desse valor é devido à vazamentos por ineficiência na distribuição (BASMENJI; MOJTAHEDI; REZAYI, 2017; GÜNGÖR; YARAR; FIRAT, 2017; TABESH; ASADIYAMI YEKTA; BURROWS, 2009). Portanto, é necessário encontrar um ponto de equilíbrio entre essas pressões e as demandas dependentes de pressão, tendo em vista que as reduções de pressão, segundo Galvão (2007), podem tanto aumentar quanto diminuir o faturamento da empresa, dependendo completamente do cenário.

O presente estudo avaliou os impactos econômicos causados pela instalação de uma válvula redutora de pressão auto-regulável. Foram avaliadas as reduções no quantitativo total de vazamentos e redução no consumo após a instalação da válvula, assim como o seu impacto econômico. Para isso, utilizou-se um setor na parte Norte do município de Palmas, capital do estado do Tocantins.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de influência da VRP engloba as quadras 503 Norte, 601 Norte e 603 Norte, localizadas no norte da cidade de Palmas ($10^{\circ}09'15''S$ e $49^{\circ}19'30''O$), capital do estado do Tocantins (Figura 1). As quadras foram escolhidas para o estudo pois, de acordo com monitoramentos feitos pela companhia de saneamento local, nos setores em questão existe a incidência de altas pressões (acima de 500 KPa), principalmente no período noturno, quando o consumo é mínimo e a pressão se torna praticamente estática e, por consequência, a incidência de vazamentos também é acentuada.

Figura 1 – Local objeto do estudo.



Fonte: Acervo pessoal dos autores

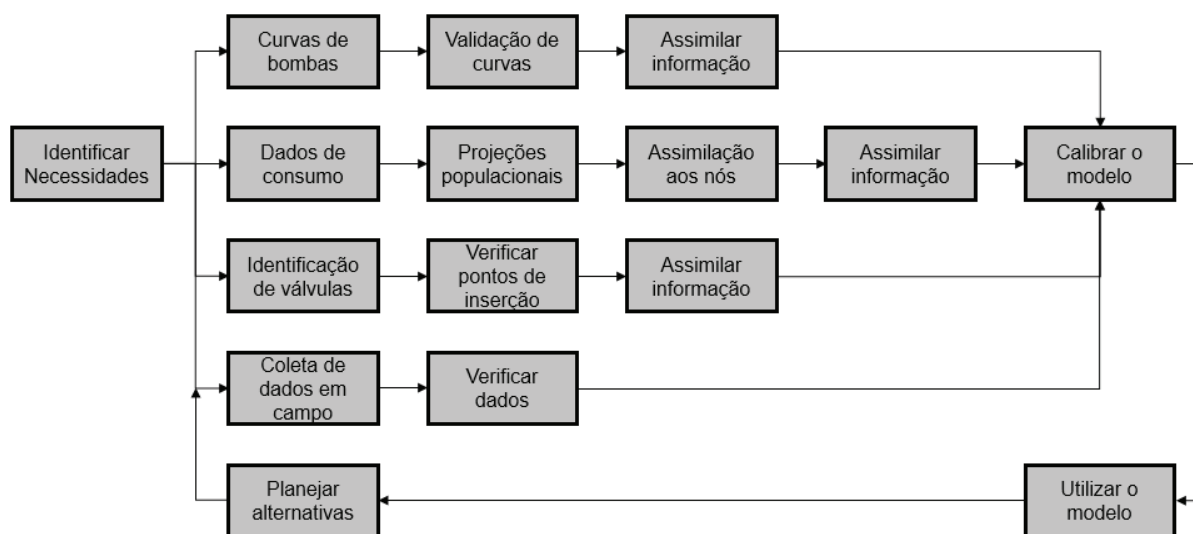
Foi realizada uma análise do comportamento da área de influência da VRP durante 2 anos antes e 2 anos após a instalação da mesma, tendo como fonte de dados a série histórica da companhia de saneamento local, iniciando em janeiro de 2014 e finalizando em dezembro de 2017. Os bairros possuem

duas entradas de abastecimento, entretanto, somente uma é utilizada para que não ocorra a mistura de água de reservatórios diferentes. Todas as redes dos setores são de Policloreto de Polivinila (PVC).

2.1 CONSTRUÇÃO DO MODELO HIDRÁULICO

A metodologia para construção do modelo (Figura 2) foi adaptada de Walsky et al. (2007). Como base para construção do modelo hidráulico foi utilizado o cadastro técnico preexistente, sendo que o modelo do setor conta com 319 nós de pressão dentro da área estudada, cada nó representa uma junção da rede. O modelo foi criado utilizando os softwares: ArcGIS, WaterGEMS e AutoCAD Civil 3D.

Figura 2 – Metodologia empregada na construção do modelo.



Fonte: Walsky et al. (2007) resumido e adaptado pelos autores

Foram corrigidas as incoerências do modelo e as demandas foram calculadas de acordo com o volume medido pelos hidrômetros. Dessa forma, a demanda adotada para cada nó, foi o consumo médio da ligação no respectivo ano estudado. A companhia local possui registro de todos os clientes de forma georreferenciada, possibilitando a criação do modelo de forma mais rápida e com as demandas posicionadas de maneira precisa.

2.2 ANÁLISES ESPACIAIS E ESTATÍSTICAS

Após a construção do modelo, foram simuladas situações com e sem a interferência da válvula redutora de pressão em condições estáticas (maior pressão possível). Depois da simulação, os nós de pressão foram exportados para o ArcGIS para interpolação de uma superfície de pressões. O método utilizado na interpolação foi o IDW (*inverse distance weighted interpolation*), que considera que as coisas que estão mais próximas são mais parecidas das que as que estão mais distantes. Para prever um valor para algum local não medido, o IDW utiliza os valores amostrados à sua volta dividido em 8 setores circulares e incluindo, no máximo, 15 pontos e no mínimo 10 pontos por setor. Todas as demais análises do modelo de pressões foram feitas a partir desta interpolação.

O quantitativo de vazamentos foi levantado pelo sistema de geração de ordens de serviço e consiste na mobilização de equipes de manutenção e classificação da natureza do vazamento. Todos os serviços registrados de retirada de vazamentos são relacionados com o hidrômetro mais próximo. Nesse caso, foi utilizado o software ArcGIS para definir um local no espaço para cada vazamento e, assim, levantar o quantitativo ao longo dos meses dentro da área desejada. Os vazamentos foram divididos em 4 tipos: colar de tomada, ramal, rede e cavalete (PARENTE; SILVA, 2016). Outros elementos intermediários foram englobados nos citados anteriormente, tais como: junções foram incluídas em “rede”; hidrômetros foram incluídos em “cavalete”; as adutoras não foram consideradas em virtude da ausência de tal elemento no setor estudado.

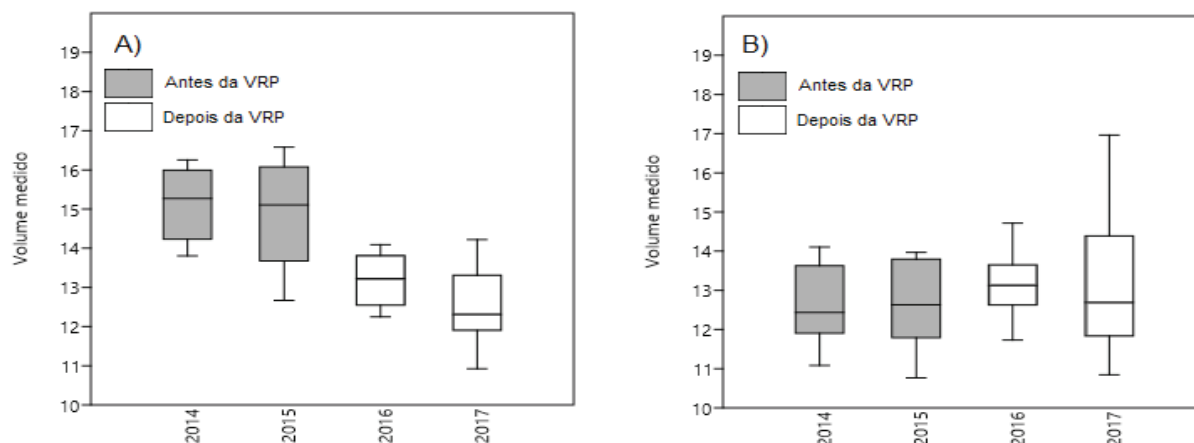
Foi realizada a análise econômica tendo como parâmetro as bases da Caixa Econômica Federal (2017) e DNER (2017), considerando todos os serviços necessários para remoção dos vazamentos e recomposição dos locais pós-manutenção.

A análise estatística foi baseada em Montgomery e Runger (2010). Foi aplicado o método de Shapiro-Wilk para aferir ou rejeitar a condição de normalidade do conjunto amostral de consumo, o método de Levene foi utilizado para verificar a condição homocedástica. Após constatada a condição de normalidade e homocedasticidade no conjunto de dados, foi aplicado o método paramétrico de variância ANOVA para testar a heterogeneidade dos conjuntos amostrais, seguido de um teste post-hoc de Dunn's com correção de Bonferroni para apontar quais médias específicas possuem significativa diferença entre si. Os testes realizados para os dados de consumo foram desenvolvidos de forma análoga para uma área adjacente sob a influência da mesma zona de pressão para fins de validação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no levantamento da série histórica de consumo foi possível constatar que a redução de pressão também acarretou na redução do volume medido nos hidrômetros, conforme Figura 3. Foram comparados o setor impactado diretamente pela válvula com outro setor adjacente sob a influência da mesma zona de pressão.

Figura 3 - Variação do consumo medido (m^3) ao longo dos anos na área de estudo sob influência da VRP (A) e área adjacente de referência (B), no município de Palmas – TO.



Fonte: Dados da companhia de saneamento local tratados pelos autores.

O teste post-hoc de Dunn's mostrou diferença dos anos de 2014 e 2015 em relação aos anos de 2016 e 2017 nos dados de consumo oriundos da área sob influência da válvula redutora de pressão, o que não ocorreu na área de referência adjacente ($P > 0,05$), conforme observado na Tabela 1. A válvula redutora de pressão foi instalada no começo do ano de 2016, o que leva à constatação de que houve uma redução significativa no consumo que, por sua vez, tem impacto direto no faturamento da empresa detentora da concessão.

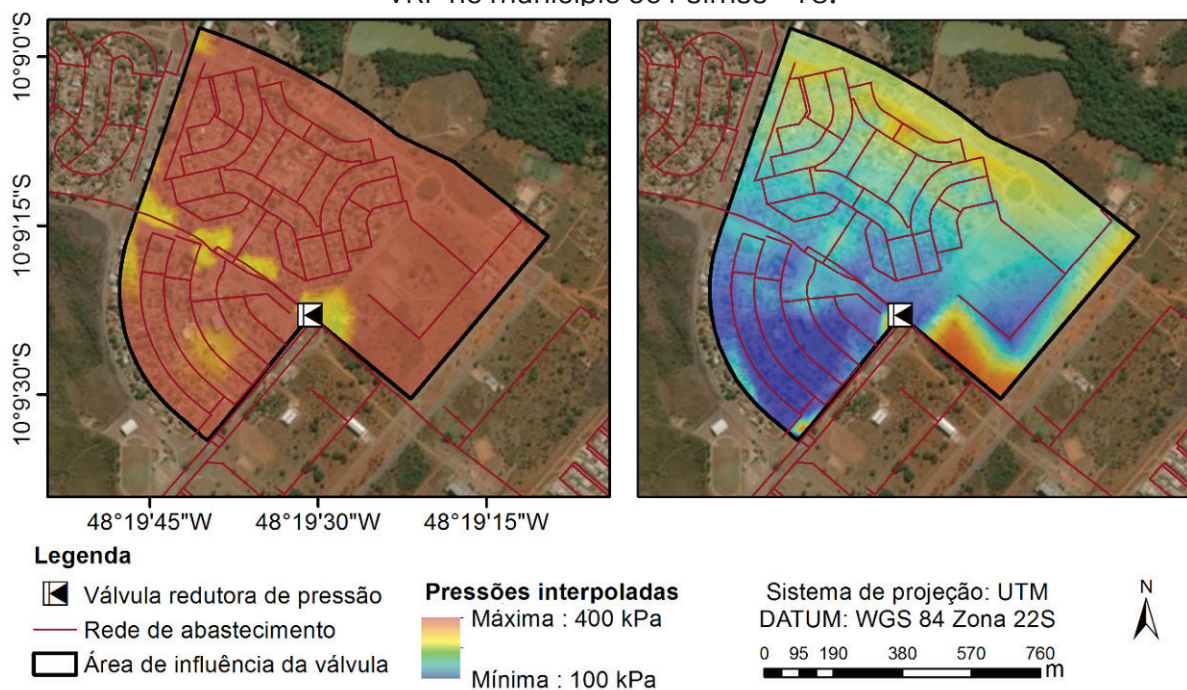
Tabela 1 - Resultados do teste post-hoc de Dunn's para a área sob influência da VRP.

	2014	2015	2016	2017
2014	-	1	0,005902	0,0001019
2015	1	-	0,01847	0,0004388
2016	0,005902	0,01847	-	1
2017	0,0001019	0,0004388	1	-

Fonte: Os autores

A Figura 4 demonstra que é possível entender o grau de redução das pressões no setor estudado. Muitos nós interpolados do modelo hidráulico na situação anterior ao acionamento da válvula apresentaram pressões acima de 500 kPa, que é superior ao máximo valor sugerido pela NBR 12.218/1994. Após a instalação da válvula, todas as pressões se mantiveram dentro da amplitude recomendada pela norma (entre 100 e 500 kPa).

Figura 4 - Superfície de pressões interpoladas do modelo hidráulico antes e depois da instalação da VRP no município de Palmas - TO.



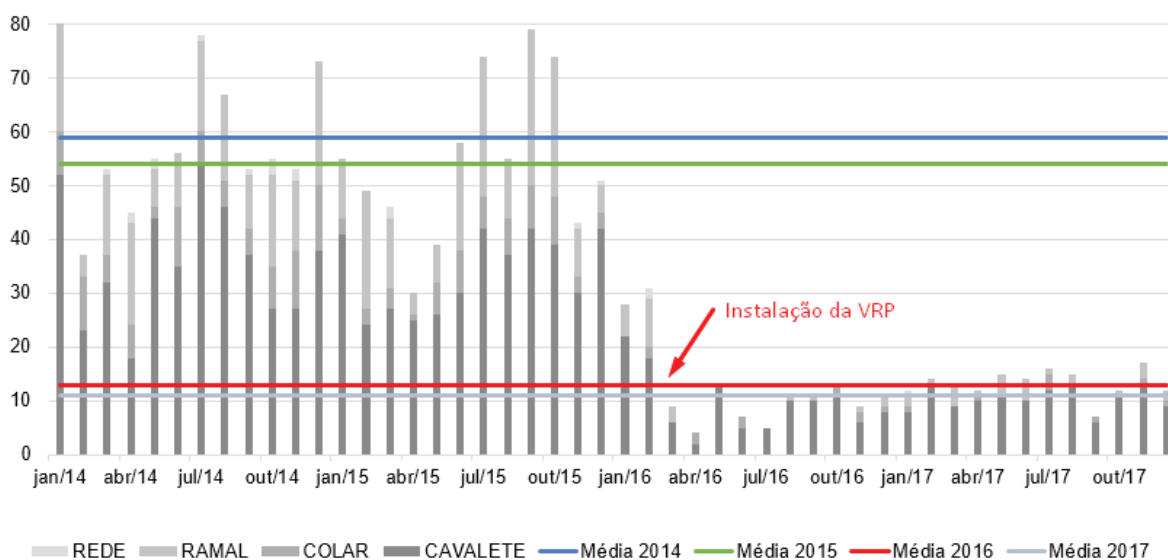
Fonte: Os próprios Autores

O objetivo principal em se fazer o gerenciamento de pressões por meio da setorização e regulagem de pressões montantes é sempre o de reduzir vazamentos. Dessa forma, é possível reduzir o desgaste ao qual os componentes constituintes do sistema são submetidos, acarretando uma redução no quantitativo global de vazamentos. Esse fato impacta positivamente os valores de perdas reais e reduz custos de manutenção e obras civis associadas. Em um estudo conduzido no Azerbaijão por Basmenji, Mojtahedi e Rezayi (2017), os valores de perdas reais devido às altas pressões ultrapassam facilmente os 30%. Outro relato apresentado por Güngör, Yarar e Firat (2017), na cidade de Denizli na Turquia, mostrou que o número de falhas em redes de distribuição foi reduzido a próximo de zero devido ao gerenciamento de pressões feito de maneira correta.

A Figura 4 demonstra o impacto da redução de pressões no quantitativo global de vazamentos, que no caso do setor estudado caiu de uma média mensal de 59 e 54, nos anos de 2014 e 2015; para 13 e 11, nos anos de 2016 e 2017, respectivamente. O vazamento mais comum foi do tipo cavalete, que é geralmente a única parte da malha de distribuição de água, que fica exposta, sujeita às ações, tais como raios solares, impactos mecânicos e ressecamento do polímero devido à incidência solar, que podem reduzir a durabilidade e vida útil do material do qual são constituídos.

Almeida e Fontes (2009) conduziram um estudo na cidade de Belo Horizonte - MG, no qual a substituição de hidrômetros (parte do cavalete) danificados proporcionou uma queda do índice de perdas de 60% para 39%. É importante para reduzir falhas e situações de submedição em cavalete, escolher materiais de alta resistência a intempéries, vedar com precisão as junções que compõe o kit e observar a validade informada pelo fabricante, criando cronogramas de substituição e manutenção do parque de hidrômetros.

Figura 4 – Série histórica de vazamentos na área de influência da VRP, no município de Palmas - TO.



Fonte: dados da companhia de saneamento local adaptados pelos autores

De acordo com levantamentos realizados nas bases da Caixa Econômica Federal (2017) e DNER (2017), foi estimado o custo médio de remoção de um (1) vazamento no estado do Tocantins de

R\$ 364,00, o que no cenário estudado leva a uma economia anual de R\$ 209.664,00 para a companhia de saneamento, após a instalação da válvula.

A redução de consumo foi de aproximadamente 15,4% nos anos após a instalação da VRP, que representou uma potencial redução de faturamento para a companhia da ordem de R\$ 69.332,00 por ano, gerando, por fim, uma economia anual de R\$ 140.331,00, considerando a inflação brasileira de 2,95% no ano de 2017.

Atualmente, existem seis (6) válvulas redutoras de pressão instaladas na cidade de Palmas. Entretanto, existem outros locais que possuem altas pressões que podem ser trabalhadas. O modelo hidráulico mostrou cerca de 18 outras zonas de elevada pressão, que se submetidas a um correto processo de setorização, podem elevar o faturamento da companhia, minimizar a frequência de vazamentos e aumentar a vida útil do sistema.

É importante ressaltar para eventuais estudos futuros, que no setor avaliado não existe coleta de esgoto, que representa 44,4% do valor faturado total das ligações que também sejam contempladas por este serviço, pois o coeficiente de retorno adotado (80%) incide diretamente sobre o consumo de água. Esse valor pode influenciar na aplicabilidade do gerenciamento de pressões do ponto de vista da concessionária, já que o valor poupado pela redução de vazamentos em zonas que tenham coleta de esgoto pode não ser suficiente para cobrir a perda de faturamento decorrente da redução de consumo, já que nos bairros atendidos por esgoto o valor faturado é 80% maior.

Para os clientes, tanto em zonas atendidas como em não atendidas por esgoto, o gerenciamento de pressões gera um cenário favorável, pois de toda forma poderá ocorrer a redução da conta de água e a eficiência do sistema será otimizada, evitando possíveis transtornos decorrentes de falhas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram identificados impactos econômicos negativos e positivos decorrentes da instalação da VRP, entretanto, prevaleceram os impactos positivos. O estudo mostrou que mesmo havendo redução no consumo de água, o gerenciamento de pressões gerou uma economia superior a R\$ 100.000,00 anualmente, valor que pode ser multiplicado ao estender o método para outras áreas da cidade. Outro ponto observado foi a otimização do sistema, com a redução do número de falhas na rede de distribuição em função da adequação da faixa de pressões, que torna a operação do sistema menos onerosa, diminuindo a quantidade de equipes mobilizadas para reparos.

Portanto, a redução de pressões em sistemas de distribuição de água de material PVC ainda é uma alternativa interessante. No entanto, é necessário avaliar a resposta de locais que possuam faturamento de esgoto, pois esse fator pode ter peso significativo no valor final da conta de água, já que representa 44,4% do valor total (taxa de retorno de 80%). Outro fator a ser considerado é a existência da fatura mínima, praticada em diversas companhias de saneamento pelo mundo, que consiste de um valor mínimo para manutenção do serviço. No caso da cidade de Palmas, o valor mínimo de consumo é de 10m³, o que torna a redução de pressões uma alternativa ainda mais viável, uma vez que estreita a amplitude de faturamento impactada para valores acima de 10m³. Do ponto de vista do cliente, uma redução do consumo de 15,4% não necessariamente representará uma conta de água 15,4% menor, mas a diminuição da frequência de vazamentos implicará em uma melhor qualidade de vida.

5 AGRADECIMENTOS

Especialmente aos colegas profissionais Sebastião Noletto Junior e Sindy Nepomuceno Lima, pela contribuição técnica a este trabalho. À BRK Ambiental por ceder os dados que possibilitaram a concretização deste trabalho por meio do terno de compromisso n. 011/2018.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ailton; FONTES, Pedro. Identificação de perdas volumétricas em um sistema de abastecimento de água no município de Belo Horizonte / MG. Anais II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, [s.l.], p.667-672, 2009. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/serhidro.87>.

AMORIM, Amilton et al. A modernização do Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano e a Influência da Evolução Tecnológica: uma reflexão sobre o futuro e a multidisciplinaridade do cadastro. **COBRAC 2006. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: Abnt, 1994. 4 p.

BASMENJI, Aida Bagheri; MOJTAHEDI, Alireza; REZAYI, Aliyeh. Analysis of the Urban Water Requisition Demand for the Purpose of Re-engineering and Water Network Optimization (Case Study: Tabriz' Eram Urban Area). *Civil Engineering Journal*, [s.l.], v. 3, n. 9, p.672-681, 7 out. 2017. *American Journal of Life Science Researches*. <http://dx.doi.org/10.21859/cej-03094>.

Caixa Econômica Federal. **SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Palmas, Brasil, 2017

CÔRTEZ, Pedro Luiz et al. Crise de abastecimento de água em São Paulo e falta de planejamento estratégico. *Estudos Avançados*, [s.l.], v. 29, n. 84, p.7-26, ago. 2015. *Fap UNIFESP (SciELO)*. <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142015000200002>.

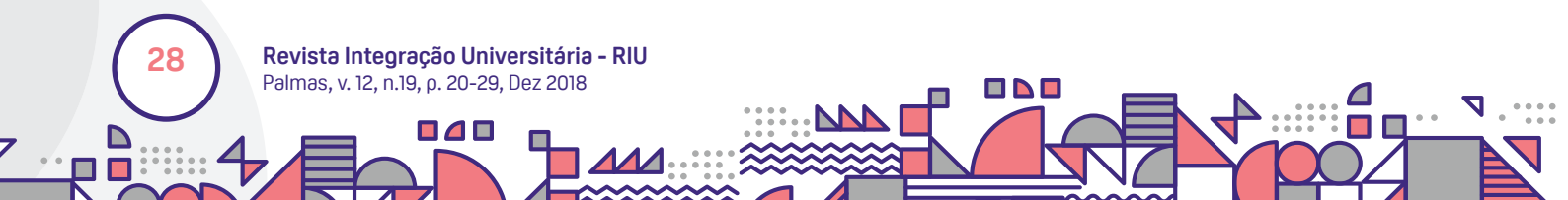
DNER - Gerência de Custos Rodoviários. **Preço de Obra Rodoviária – Estudo para atualização do Sistema de Custos Rodoviários –SICRO**, Rio de Janeiro, 2017

MAO, Xuyao et al. Characteristic analysis of a water hydraulic pilot-operated pressure-reducing valve. *Iop Conference Series: Earth and Environmental Science*, [s.l.], v. 69, p.12072-12082, jun. 2017. *IOP Publishing*. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/69/1/012072>.

MONTGOMERY, Douglas; RUNGER, George. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. 5. ed. Hoboken, Nova Jersey, Eua: John Wiley & Sons, 2010. 398 p.

MORAIS, Danielle Costa; CAVALCANTE, Cristiano A. Virgínio; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água. *Pesquisa Operacional*, [s.l.], v. 30, n. 1, p.15-32, abr. 2010. *Fap UNIFESP (SciELO)*. <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-74382010000100002>.

PARENTE, Dênis Cardoso; SILVA, Rafael Ramos. Comparativo financeiro entre o método destrutivo e não destrutivo de execução de ramais de ligação de água em Palmas – TO. *Liberato, Novo Hamburgo - RS*, v. 28, n. 17, p.119-252, dez. 2016.



GALVÃO, José Ricardo Bueno. Avaliação da relação pressão x consumo, em áreas controladas por válvulas redutoras de pressão (VRPs). Estudo de caso: rede de distribuição de água da Região Metropolitana de São Paulo. 2007. 249 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Engenharia Hidráulica, Escola Politécnica - Usp, São Paulo, 2007.

GÜNGÖR, Mahmud; YARAR, Ufuk; FIRAT, Mahmut. Reduction of water losses by rehabilitation of water distribution network. Environmental Monitoring And Assessment, [s.l.], v. 189, n. 10, p.498-511, 11 set. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-017-6219-5>.

TABESH, M.; YEKTA, A. H. Asadiyani; BURROWS, R.. An Integrated Model to Evaluate Losses in Water Distribution Systems. Water Resources Management, [s.l.], v. 23, n. 3, p.477-492, 14 jun. 2008. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-008-9284-2>.

ULANICKI, B. et al. Open and closed loop pressure control for leakage reduction. Urban Water, [s.l.], v. 2, n. 2, p.105-114, jun. 2000. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1462-0758\(00\)00048-0](http://dx.doi.org/10.1016/s1462-0758(00)00048-0).

WALSKI, Thomas M et al. ADVANCED WATER DISTRIBUTION MODELING AND MANAGEMENT. Exton: Bentley Institute Press, 2007. 690 p.