

FACULDADE EVANGÉLICA DE JARAGUÁ
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MARCOS VINÍCIUS PEREIRA DE PAULA
MATHEUS DOS SANTOS LIMA

PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL: ANÁLISE
DOS INDICADORES DE DESEMPENHO NA CIDADE DE JARAGUÁ - GO

Jaraguá - 2019

MARCOS VINÍCIUS PEREIRA DE PAULA
MATHEUS DOS SANTOS LIMA

**PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL: ANÁLISE
DOS INDICADORES DE DESEMPENHO NA CIDADE DE JARAGUÁ - GO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à banca examinadora do curso de
Engenharia Civil da Faculdade Evangélica de
Jaraguá, como requisito parcial para a obtenção
do título de Engenheiro Civil.

Orientador (a):
Prof.^a M.^a Jéssica Nayara Dias

MARCOS VINÍCIUS PEREIRA DE PAULA
MATHEUS DOS SANTOS LIMA

PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL: ANÁLISE
DOS INDICADORES DE DESEMPENHO NA CIDADE DE JARAGUÁ - GO

Trabalho de Conclusão de Curso DEFENDIDO e APROVADO em ____ de _____ de
201__, pela Banca Examinadora do Curso de Engenharia Civil, constituída pelos membros:

Profa. M.^a. Jéssica Nayara Dias

- Orientadora -

Prof. Esp. Aurélio Caetano Feliciano

- Membro Interno -

Profa. M.^a. Luana de Lima Lopes

- Membro Externo -

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1 Balanço hídrico	6
2.2 Perdas de água	7
2.3 Ações de combate a perdas	8
2.3.1 <i>Método das Vazões Mínimas Noturnas</i>	8
2.3.2 <i>Haste de Escuta</i>	9
2.3.3 <i>Modelagem Hidráulica</i>	10
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Acompanhamento do uso da haste de escuta	11
3.2 Acompanhamento da instalação de Válvula Redutora de Pressão (VRP) ..	12
3.3 Análise dos dados cedidos pela empresa de Saneamento	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1 Aplicação do Método das Vazões Mínimas Noturnas	15
4.2 Controle de Pressão	17
5 CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS	20

**PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL:
ANÁLISE DOS INDICADORES DE DESEMPENHO NA CIDADE DE JARAGUÁ -
GO**

Marcos Vinícius Pereira de Paula ¹

Matheus dos Santos Lima ²

Jéssica Nayara Dias ³

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo apresentar os efeitos do combate a perdas de água potável de 2016 a 2018 no sistema de distribuição da cidade de Jaraguá, situada no interior do estado de Goiás. Para tanto, neste estudo de caso realizou-se um acompanhamento em campo do trabalho realizado pela Saneago, concessionária pública responsável pelo abastecimento da cidade, sendo possível analisar a eficiência do uso da haste de escuta em conjunto com outras ferramentas, como o Método das Vazões Mínimas Noturnas e a instalação de Válvula Redutora de Pressão (VRP) na rede. Ao analisar os índices operacionais do distrito, percebeu-se uma redução nas perdas com o uso dos dispositivos analisados, o que gerou tanto ganhos ambientais quanto econômicos. Na análise, verificou-se que a cidade, no ano 2018, registrou perdas no sistema de abastecimento de 29,58%, ficando abaixo da média nacional de 38,30%. O controle ativo dos vazamentos é essencial para diminuir as perdas, e, devido ao fato da haste de escuta ser um dispositivo de preço acessível, a mesma se mostrou eficaz se combinada com outros métodos. Verificou-se ainda que o estudo do comportamento hidráulico das redes de distribuição é muito importante para o controle de pressão na tubulação, evitando vazamentos na rede devido a elevados níveis de pressão estática.

Palavras-chave: Perdas de água potável; Haste de escuta; Controle de pressão; Rede de distribuição.

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: marcos.vinicius.jaragua10@gmail.com

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: enghariamatheus3@gmail.com

³ Professora, Mestra, orientadora do curso de Engenharia Civil – Faculdade Evangélica de Jaraguá. E-mail: jessicadias.engenharia@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável para existência de vida no planeta terra. A mesma é considerada, para muitos, um recurso abundante e inesgotável devido ao fato de ser renovável, porém, nos últimos anos notou-se, principalmente no Brasil, que o volume de água doce tem diminuído consideravelmente. (SAVEH, 2019).

Como consequência da redução do volume de água doce no país, o sistema de abastecimento de água potável nos meses de estiagem vem sofrendo racionamentos, isso se deve aos reservatórios estarem trabalhando no limite mínimo de suas capacidades. O racionamento traz prejuízos, podendo ser estes financeiros e sociais, financeiros para as empresas de saneamento, que irão comercializar um volume menor de água, e sociais, uma vez que impactam diretamente na qualidade de vida das pessoas. Uma das formas encontradas para combater o racionamento é o combate a perdas em sistemas de abastecimento de água.

O combate às perdas de água em sistemas de abastecimentos traz vários benefícios. Segundo dados do Instituto Trata Brasil (2018), cerca de 38,30% da água produzida é perdida, desse modo, além de contribuir com o combate ao racionamento, a técnica traz a oportunidade de diminuir custos agregados com mão de obra, produtos químicos, consumo de energia e tempo de operação das Estações de Tratamento de água (ETA). Para Chaves (2014), a redução das perdas aperfeiçoa a distribuição, além de dar sobrevida ao sistema e impactar na redução dos custos de produção, sendo possível cobrar tarifas com preços mais acessíveis ou ter um aumento de faturamento que pode ser usado para melhorias de infraestrutura da empresa.

Ainda em relação ao uso de técnicas que promovem a redução nas perdas no sistema de abastecimento, os benefícios vão além daqueles justificáveis pelo bem-estar social e financeiro da empresa responsável, uma vez que em, se tratando do meio ambiente passa a ser necessário captar um volume menor de água dos mananciais, para atender a demanda da população, o que reduz impactos. Assim, segundo Chaves:

O programa de redução de perdas tem por objetivo geral a promoção do uso racional de água em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços prestados, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes.

Um exemplo de método usado para combate a perdas de água é a haste de escuta, um equipamento bastante simples e de preço acessível. O aparelho é composto por um amplificador acoplado a uma barra metálica, sua função é captar os ruídos gerados pelo vazamento em acessórios da rede de distribuição de água como cavaletes e registros. Porém o ponto negativo é que a ferramenta não indica o local exato do vazamento e sim a possibilidade de vazamento oculto nas proximidades.

Por se tratar de um equipamento de fácil manuseio e de custo acessível, o uso da haste de escuta foi universalizado dentro da Companhia Saneamento de Goiás S/A – Saneago, sendo a técnica abordada e cujos resultados foram analisados neste artigo. O estudo do método se deve ao fato do mesmo estar propiciando, nos últimos anos, bons resultados dentro da empresa. No caso de Jaraguá, por exemplo, o uso possibilitou uma notável redução nos índices de perdas, e benefícios operacionais para a concessionária.

Partindo do exposto anteriormente, o objetivo principal deste trabalho é demonstrar a importância do combate as perdas de água potável no sistema de distribuição de água, utilizando como objeto de estudo a haste de escuta, em conjunto com métodos capazes de identificar anormalidades no processo de abastecimento. Assim, foi possível demonstrar o progresso conquistado na cidade de estudo através da análise dos índices de desempenho dos últimos três anos do município.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil, apesar de ser um país rico em água doce, tem seu potencial hídrico mal distribuído, o que pode ser observado na Tabela 1 (BARROS; AMIN, 2008)

Tabela 1: Distribuição percentual dos recursos hídricos brasileiros por suas regiões (BARROS; AMIN, 2008)

Região	Recurso (%)	Superfície (%)	População (%)
Norte	68,50	45,30	6,98
Centro-Oeste	15,70	18,80	6,41
Sul	6,50	6,80	15,05
Sudeste	6,00	10,80	42,65
Nordeste	3,30	18,30	28,91

Analisando a Tabela 1, é possível observar que em regiões como o sudeste brasileiro, tem-se a maior concentração de população do país com 42,65%, e possui o segundo menor índice de recursos hídricos disponíveis, com apenas 6,00%, o que evidencia a desproporcionalidade se comparado a região norte do país, com 6,98% da população brasileira residindo na região, enquanto possui cerca de 68,50% dos recursos disponíveis. Outro fator relevante que pode ser levantado se deve a difícil localização do recurso hídrico e principalmente ao seu acesso, onde grande parte destes recursos está concentrada em áreas subterrâneas.

2.1 Balanço hídrico

Pode-se considerar que toda a água do planeta está em movimento, esse aspecto, somado à troca de água em seus diferentes estados físicos, remetem ao chamado ciclo hidrológico. Para realizar o estudo dos processos envolvidos no ciclo hidrológico utiliza-se o balanço hídrico, que é responsável pela análise das entradas e saídas de água em um sistema em um intervalo de tempo.

Como um exemplo de aplicação do conceito de balanço hídrico, cita Teodoro et al. (2007) a bacia hidrográfica, pois é composta por um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formadas nas regiões mais altas do relevo por divisores de água. Assim esta tem definido o espaço de entrada, a bacia, o local de saída e a seção de rio que define a bacia hidrográfica. Dessa forma, o balanço hídrico resulta na vazão de água desse sistema.

Com base nos conceitos apresentados, pode-se aplicar a equação da continuidade da massa (Eq. 1) para representar o balanço hídrico, de modo que a mesma é calculada como a diferença entre o volume de água de entrada (E) menos o volume de água de saída (S) que deve igualar a variação dos estoques de água na área em um determinado período de tempo (ΔV).

$$\Delta V = E - S \quad (1)$$

Através do exposto, não é difícil perceber que o cálculo do balanço hídrico corresponde ao principal modelo para uma avaliação técnica das possíveis perdas de água no sistema, pois é uma ferramenta importante que pode ser utilizada para diversos fins, como: identificar os períodos secos (deficiência hídrica) e úmidos (excedente hídrico) de uma determinada região e identificar os melhores períodos para estimar o potencial hídrico da região. Portanto, a determinação do balanço hídrico contribui para a

racionalização e planejamento do uso dos recursos hídricos, assim representando um equilíbrio de forma matemática e planejamento, evitando a falta de água.

2.2 Perdas de água

As perdas de água sempre foram um dos pontos frágeis dos sistemas de saneamento e das empresas que operam esses serviços, independentemente de serem públicas ou privadas. Ou seja, perdas de água em sistemas de abastecimento estão diretamente relacionadas às condições da infraestrutura instalada e à eficiência operacional e comercial da concessionária que opera o sistema de saneamento do município. A crise hídrica que marca algumas regiões do país, notadamente o Sudeste e Nordeste, vêm sendo insistentemente discutida entre autoridades, formadores de opinião e a sociedade nos últimos anos. Apesar dos indicadores de perdas serem ruins a tempos, a escassez de água está aumentando a cada dia mais.

Para entender melhor o processo de perdas, Ghidetti (2013) destaca que se mede a diferença entre o volume de água tratada colocada à disposição da distribuição e o volume medido nos hidrômetros dos consumidores finais, em um determinado período de tempo. Alguns autores têm diversas definições sobre as perdas, nas quais se dividem em perdas reais, físicas, perdas aparentes e comerciais, o Instituto Trata Brasil tem a seguinte definição para as perdas reais:

As perdas reais equivalem ao volume de água perdido durante as diferentes etapas do processo – captação na natureza, tratamento, armazenamento e distribuição – antes de chegar no consumidor final, cujas origens são devido a vazamentos nas tubulações, redes, ramais, vazamentos estruturais, extravasamentos, descargas. (Instituto Trata Brasil e GO associados, 2018:11).

No Quadro 1, são apresentadas as principais causas de perdas reais em um sistema de abastecimento. Percebe-se que as perdas reais afetam diretamente os custos de demanda e produção, elevando assim o nível de captação de água e gerando ineficiências em questões ambientais e de produção. Assim, quando se trata de perdas reais, dois pontos devem ser destacados pela sua extrema importância:

- A conservação dos recursos naturais, já que quanto menores as perdas reais, menores serão as necessidades de explorar ou ampliar as captações de água;
- A saúde pública, pois esses vazamentos associados podem levar à entrada de agentes nocivos na tubulação, resultando em doenças ocasionadas pela contaminação.

Quadro 1. Detalhamento de perdas reais (SAÚDE, 2018).

	Subsistemas	Origens	Magnitudes
Perdas Reais (Físicas)	Adução de água bruta	Vazamentos nas Tubulações	Variável em função do estado das tubulações e eficiência operacional.
		Limpeza dos Poços	
	Tratamento	Vazamentos Estruturais e Descargas	Significativa, em função do estado das tubulações e eficiência operacional.
		Lavagem dos Filtros	
	Reserva	Vazamentos Estruturais, Limpeza e Extravasamentos	Variável, em função do estado das tubulações e eficiência operacional.
		Limpeza nos poços de sucção	
	Adução de água tratada	Limpeza nos poços de sucção	Variável, em função do estado das tubulações e eficiência operacional.
		Descargas	
	Distribuição	Vazamento na Rede	Significativa, em função do estado das tubulações e eficiência operacional.
		Vazamento nos Ramais	
Descargas			

As perdas aparentes, por sua vez, correspondem aos volumes de água que foram consumidos, porém não foram autorizados. Ou seja, perdas por erros de medição dos hidrômetros, consumo não faturados, ligações clandestinas e cadastro comercial. O Quadro 2 apresenta o detalhamento das perdas aparentes.

Quadro 2. Detalhamento de perdas aparentes (Saúde, 2018)

Perdas Aparentes (Não Físicas)	Origens
	Ligações clandestinas/ irregulares
	Ligações sem hidrômetros
	Hidrômetros parados
	Hidrômetros que subestimam o volume consumido
	Ligações inativas reabertas
	Erros de leitura
	Número de economias errado

Segundo o Instituto Trata Brasil e GO associados (2018), durante o processo de abastecimento de água potável através das redes de distribuição, as perdas do recurso hídrico podem acontecer em decorrência de causas como “vazamentos, erros de medição e consumos não autorizados, onde essas perdas trazem impactos negativos para o meio ambiente, para receita e para os custos de produção das empresas”.

Nesse sentido, como as perdas aparentes impactam diretamente a receita das empresas, um elevado nível dessas perdas reduz a capacidade financeira dos prestadores e, dos recursos disponíveis para ampliar a oferta, melhorar a qualidade dos serviços e realizar as despesas requeridas na manutenção e reposição da infraestrutura.

As perdas de água constituem-se em um problema mundial, gerando baixas performances à grande maioria dos sistemas; porém, alguns países ou cidades, com planejamento, conhecimento, recursos e gestão, conseguiram atingir e manter baixos níveis de perdas nos seus sistemas.

2.3 Ações de combate a perdas

2.3.1 Método das Vazões Mínimas Noturnas

O método das vazões mínima noturna expressa a característica operacional do sistema de abastecimento de água. O método relaciona-se ao procedimento denominado “*step – test*” em que usualmente uma válvula é operada para obtenção de condições operacionais diferenciadas que permitem estabelecer o fator noite e dia.

A vazão mínima noturna ocorre diariamente no horário entre a 01h00min e 05h00min horas. No intervalo entre esses horários é quando ocorrem as maiores perdas e existem maiores facilidades de determinar o que ocasiona estas perdas. As perdas noturnas são maiores que as perdas de mesmas causas ocorridas durante o período do dia. Este fato ocorre em decorrência da pressão noturna da rede de distribuição de um setor ser maior que a pressão diurna (GHIDETTI, 2013).

Para se chegar à quantidade de vazamentos é necessário estimar praticamente todos os componentes dos consumos noturnos, a menos dos grandes consumidores, onde é possível medir os seus consumos individuais observados durante os ensaios. Para os consumos residenciais costuma-se assumir hipóteses baseadas em medições

específicas de consumo e extrapoladas para o conjunto de consumidores da área envolvida, ou utilizar dados da literatura. O valor obtido por esse método é bastante confiável se o sistema estiver funcionando de forma correta, deve-se garantir, por exemplo, a identificação de que o sistema não esteja sendo abastecido pela ETA durante o período da mínima. Nos casos em que há falta de água durante o dia, a tendência é que durante a noite as caixas das residências sejam abastecidas, o que certamente vai trazer discrepância nos dados coletados. Tsutiya (2006) diz que:

A utilização da Vazão Mínima Noturna para a determinação de perdas é vantajosa devido ao fato de que, no momento de sua ocorrência há pouco consumo e as vazões são estáveis (as caixas de água estão cheias), e uma parcela significativa do seu valor refere-se às vazões dos vazamentos (TSUTIYA, 2006).

Para a cidade de Jaraguá, a utilização deste método passou por algumas adequações para tornar viável sua utilização. No método normal de cálculo, a base obtida para acompanhar os vazamentos é através do cálculo da vazão, que são feitos por equipamentos que tem alto custo de implantação, porém como distrito ainda não conseguiu fazer os investimentos necessários para implantação, a vazão da Mínima Noturna é calculada através do consumo dos reservatórios que abastecem a cidade, em que por meio do controle do nível dos mesmos é possível chegar ao consumo em litros/hora/ligação durante o período noturno determinado pela SANEAGO, que é responsável pelo tratamento e distribuição de água potável do distrito.

A Análise destes dados obtidos diariamente é importante para o gestor da companhia da cidade, pois através dos resultados obtidos é possível determinar a possibilidade de vazamentos ocultos, bem como vazamentos de redes, devido a uma anormalidade, no que diz respeito ao comportamento de consumo da cidade, obtida durante a Mínima Noturna de um determinado dia.

2.3.2 Haste de Escuta

O controle dos vazamentos se dá geralmente de duas maneiras: pelo controle passivo e pelo controle ativo. No controle passivo, a empresa de saneamento fará o reparo apenas depois que o vazamento aflora à superfície, ou seja, quando está visível, na maioria destes casos a população comunica a empresa sobre o problema. O controle passivo resulta em um maior volume perdido, uma vez que grande parcela dos vazamentos não visíveis demora a aflorar (TSUTIYA, 2006).

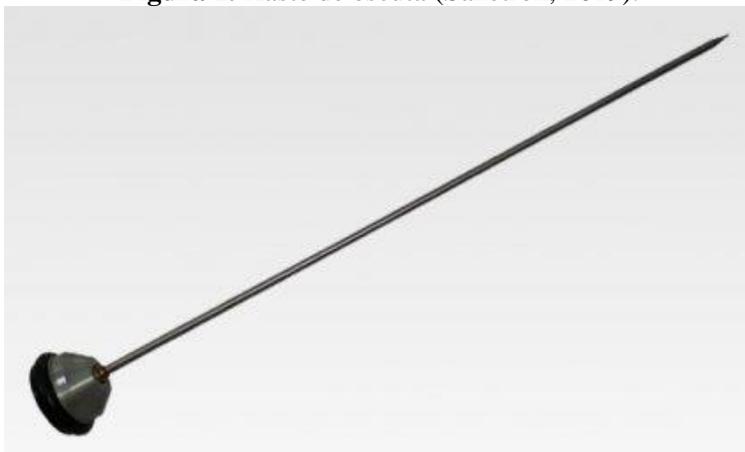
Conforme Arnesen et al. (2015), a pesquisa de vazamentos não visíveis por métodos acústicos em sistemas de abastecimento de água é dependente do treinamento, da experiência e da capacidade auditiva dos técnicos. Contudo, os sinais acústicos emitidos pelos vazamentos e transmitidos à superfície dos pavimentos possuem características espectrais que podem ser utilizadas para identificação de vazamentos de água. O desenvolvimento de um sistema baseado no reconhecimento de padrões dos sinais acústicos, que opere de forma independente ou colaborativa ao técnico, pode aumentar a eficiência do diagnóstico, além de reduzir custos com mão de obra e manutenção.

Em se tratando do controle ativo, é feito a busca por esses vazamentos não visíveis por aparelhos acústicos que permitem ouvir o ruído causado pelo vazamento, pode ser utilizado ferramentas como haste de escuta, geofone, correlacionado de ruídos. No caso da cidade de Jaraguá, o método utilizado é o da haste de escuta.

A haste de escuta (Figura 1) é um equipamento bastante simples e de preço acessível, assim, foi possível universalizar seu uso dentro da SANEAGO. O aparelho é composto por um amplificador acoplado a uma barra metálica, sua função é captar os

ruídos gerados pelo vazamento em acessórios da rede de distribuição de água como cavaletes, registros. Porém o ponto negativo é que a ferramenta não indica o local exato do vazamento e sim a possibilidade de vazamento oculto nas proximidades.

Figura 1. Haste de escuta (Sanetron, 2019).



O uso da haste de escuta como ferramenta auxiliar permite analisar o método das vazões mínimas noturnas, que segundo Ghidetti (2013) é um método bastante eficaz, uma vez que as perdas noturnas são maiores que as perdas de mesma causa ocorridas durante o período do dia, em decorrência da pressão noturna da rede de distribuição, ser maior que a pressão diurna.

2.3.3 Modelagem Hidráulica

Um dos maiores causadores de vazamentos nas redes de distribuição é a pressão e através da modelagem do sistema é possível detectar pressões elevadas assim como insuficientes em um determinado modelo, como também a ausência ou não de setorização das redes (CHAVES, 2014). Na modelagem utilizam-se programas computacionais como o meio principal para fazer simulações hidráulicas, podendo assim demonstrar o comportamento dos setores existentes e intervenções nos setores propostos (CHAVES, 2014).

Os dados são obtidos depois de várias simulações e comparações, de modo que se busque a divisão do sistema de abastecimento de forma igual, analisando as necessidades de intervenções como, por exemplo, a instalação de Válvula Redutora de Pressão (VRP). A VRP é o dispositivo responsável para que se evite a flutuação da pressão no sistema, controlando a pressão da água através de um atuador ou outra parte de um sistema pneumático (CHAVES 2014). Já Silveira diz que:

Para a pressão do ar dentro de uma faixa de pressão apropriada, a pressão deve ser ajustada o suficiente para que possa variar sem alterar os requisitos mínimos e máximos do sistema. Em certas aplicações, uma VRP deve garantir que a saída de pressão de ar permaneça constante, independentemente das mudanças de pressão em pontos anteriores no sistema e alterações no fluxo (SILVEIRA, 2019).

O controle da pressão em uma rede de distribuição é essencial para as companhias de saneamento uma vez que são uma ferramenta importante no combate as perdas no sistema de distribuição. A vinculação entre a eficiência operacional de uma companhia de saneamento está diretamente relacionada com seu nível de perdas em suas unidades operacionais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

É perceptível que o saneamento básico é o setor mais prejudicado da infraestrutura no Brasil, o que se deve a problemas de gestão e falta de investimentos em melhoria e aprimoramento do sistema. Nesse sentido, a realização de um estudo de caso com o intuito de testar e comprovar os benefícios de dispositivos de combate a perdas de água se mostra importante.

Nesta pesquisa, realizada na cidade de Jaraguá, localizada no interior de Goiás, parte dos dados foram obtidos através de pesquisas gerais, em materiais que descrevem os processos no país como um todo, e a outra parte foi cedida pela Companhia de Saneamento de Goiás S/A – Saneago, localizada na cidade de estudo.

Os materiais pesquisados para compor a pesquisa foram artigos, publicados em revistas da área, livros, sites institucionais de empresas de abastecimento, além de outras fontes especialistas no assunto.

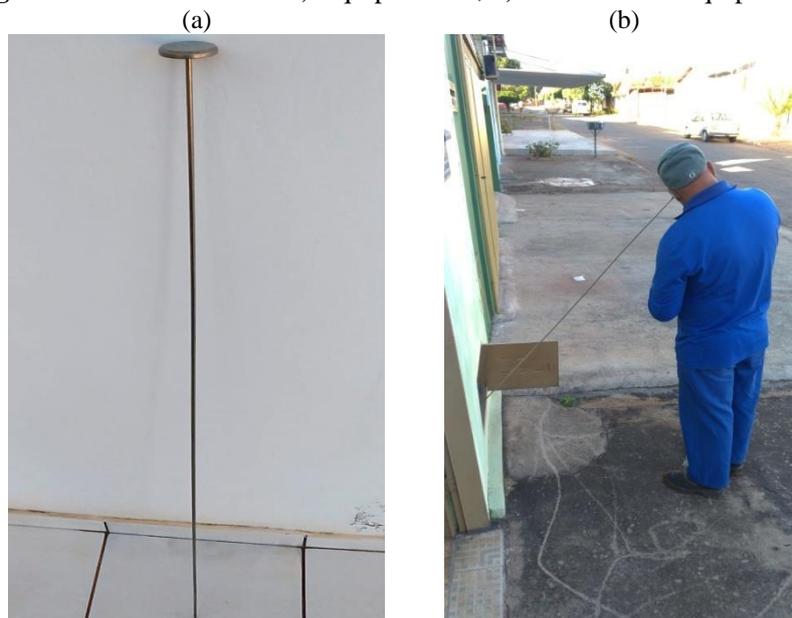
Um acompanhamento do trabalho realizado pela Saneago com os dispositivos que tem por finalidade a redução das perdas no sistema de abastecimento foi realizado. Este processo foi dividido em duas etapas, que consistem no acompanhamento do uso da haste de escuta e na instalação de uma válvula redutora de pressão. Além disso, dados cedidos pela empresa foram utilizados para atingir o objetivo proposto na pesquisa.

3.1 Acompanhamento do uso da haste de escuta

Inicialmente, o processo do uso do equipamento de estudo, haste de escuta (Figura 2.a) foi realizado. Conforme citado anteriormente, a haste de escuta é uma ferramenta capaz de identificar vazamentos não visíveis, assim como fraudes nas ligações do município. A mesma permite a captação de ruídos, gerados pelo vazamento em acessórios da rede de distribuição de água como os cavaletes e registros.

Conforme pode ser observado na Figura 2.b, o operador basicamente posiciona uma das extremidades do equipamento no ponto da rede de abastecimento analisada e a outra, que possui um amplificador, é colocada no ouvido, de modo a perceber vibrações produzidas pelos vazamentos.

Figura 2. Haste de escuta. a) Equipamento; b) Manuseio do equipamento.



3.2 Acompanhamento da instalação de Válvula Redutora de Pressão (VRP)

A segunda etapa do estudo de caso foi realizada no ano de 2019, através do acompanhamento, da análise e instalação de uma válvula redutora de pressão (VRP) em um ponto da rede. A VRP é um dispositivo utilizado para reduzir a pressão com que a água chega ao ponto de abastecimento, uma vez que pressões elevadas influenciam diretamente no aumento das perdas de água no sistema.

Em um primeiro momento, o operador contou com o auxílio de um manômetro, dispositivo usado para medir pressão, para aferir a pressão dinâmica nas tubulações da rede de distribuição, onde o valor medido na rede no ponto de instalação da VRP foi de 60 mca (metros de coluna d'água), que está acima do máximo permitido pela Norma regulamentadora, NBR12218 (ABNT, 2017), o que justifica o elevado número de vazamentos no ano de 2018, sendo notável que a rede de distribuição está trabalhando com sobrecarga.

Para identificar o melhor local de instalação da VRP, é realizado análises da topográfica da cidade de modo a identificar os locais com maior pressão na rede de distribuição, para o setor contemplando, o departamento de engenharia da empresa utilizou o EPANET, programa de simulação hidráulica, que através das curvas de níveis do local faz o correto dimensionamento da Válvula. Assim, de acordo com os resultados obtidos, o melhor local para instalação da VPR no Bairro Primavera III, foi na rua das Castanheiras. O ponto exato de instalação pode ser observado pela Figura 3 (Localização - Google Earth).

Figura 3. Localização do ponto de instalação da VRP (Google Earth Pro, 2019).



As intervenções realizadas para instalação da VPR podem ser simplificadas nas seguintes etapas:

- Escavação e localização da rede de abastecimento Principal;
- Instalação de Registro, para realização de BYPASS⁴ na rede de abastecimento, conforme Figura 4;
- Instalação da caixa de concreto e da VRP, conforme as Figuras 5.a e 5.b

⁴BYPASS: dispositivo utilizado para auxiliar em futuras manutenções, onde é possível desativar a VRP e continuar abastecendo o setor sem o uso da válvula.

- Interligação da VRP com a Rede de abastecimento, conforme Figura 4;
- Verificação do comportamento do abastecimento do bairro;
- Conclusão da obra.

Figura 4. Manobra na rede de distribuição



Figura 5. Instalação da VRP. a) Caixa de concreto; b) Vista superior da VRP.



3.3 Análise dos dados cedidos pela empresa de Saneamento

Os dados apresentados e analisados neste artigo foram cedidos pela Companhia Saneamento de Goiás S/A – Saneago. A empresa forneceu índices que são repassados ao gestor da companhia de abastecimento do município. Através desses dados, foi possível realizar um estudo detalhado e analisar o progresso alcançado na cidade, em especial nos anos de 2016 a 2018, onde a análise de eficiência foi abordada neste trabalho mediante a comparação dos indicadores contidos no relatório disponibilizado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante da análise dos índices operacionais cedidos pela concessionária (Tabela 2), foi possível notar que os índices de perdas da cidade reduziram de maneira significativa, ficando abaixo da média nacional que segundo o Instituto Trata Brasil, no ano de 2017 foi de 38,30%.

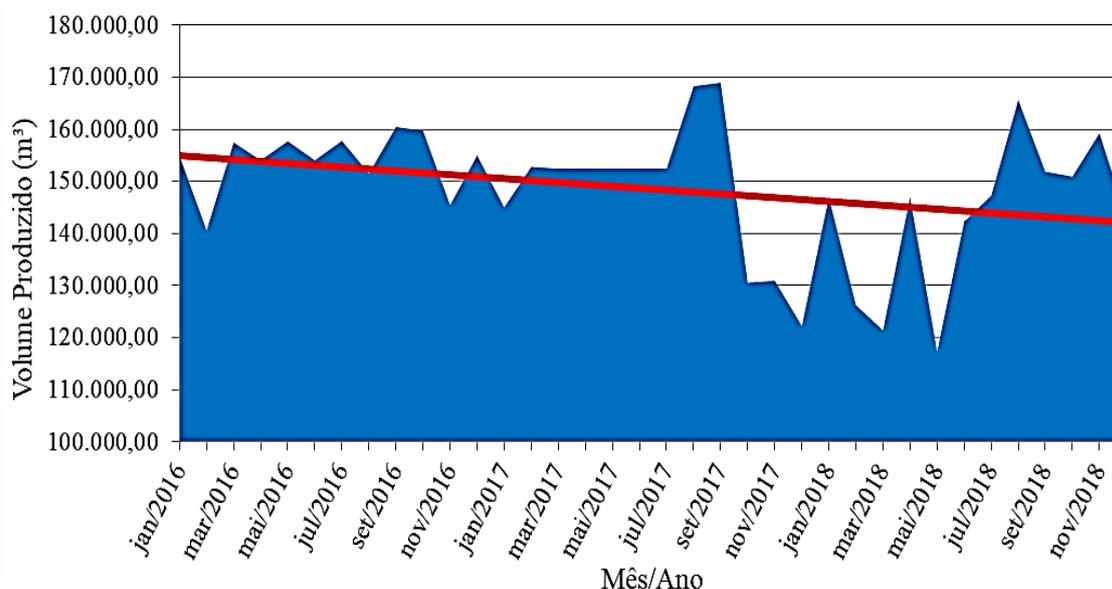
Tabela 2. Perdas anuais de água tratada em Jaraguá (Saneago, 2018).

Item	Ano	Perdas (%)
Índices de perdas	2016	32,88
Índices de perdas	2017	31,86
Índices de perdas	2018	29,58

A redução das perdas possibilitou uma melhora significativa em vários índices, referentes ao funcionamento da Estação de Tratamento de Água (ETA), sendo os principais: a redução no volume médio de água produzida e a redução no consumo de energia elétrica, conforme Tabela 3 e Gráfico 1, respectivamente.

Tabela 3. Volume médio de água produzida em Jaraguá (Saneago, 2018)

Item	Ano	Produção (m ³)
Média mensal	2016	237.422,00
Média mensal	2017	230.240,50
Média mensal	2018	211.912,50

Gráfico1. Consumo de energia elétrica (Saneago, 2018).

Conforme pode ser observado nos dados da Tabela 3, fazendo uma comparação entre o volume médio produzido por mês no ano de 2016 com o de 2018, nota-se uma redução de cerca de 10,74%, que representa 306.114 m³ de água por ano, comparando a diferença entre os anos de 2016 e 2018, volume suficiente para encher 122 piscinas olímpicas*.

Decorrente dessa redução de água produzida é possível afirmar que a redução do consumo de energia elétrica tem relação direta com o volume de água produzida, uma vez que foi necessário que a ETA operasse por um período menor de tempo ao longo do

* Piscinas de 2.500 m³, conforme especificações mínimas da Federação Internacional de Natação.

dia, segundo Chaves (2014), os custos com energia elétrica constituem o segundo maior gasto nas empresas prestadoras de serviço de saneamento.

De acordo com Gráfico 1 pode-se notar que o consumo de energia elétrica tem diminuído ao longo dos meses analisados, que compreendem de janeiro de 2016 a dezembro de 2018. O declínio na linha de tendência possivelmente tem relação com o menor volume de água produzido, conforme citado anteriormente, que é um dos resultados do combate as perdas.

O acompanhamento das perdas no sistema de distribuição deve ser realizado pelos gestores todos os meses, para garantir a eficiência nos serviços prestados. Na SANEAGO essa análise nos dados operacionais mostrou que existe uma tendência maior de consumo nos períodos de estiagem, onde as pessoas usam a água tratada para outros fins que não seja consumo potável, como por exemplo aguar os jardins.

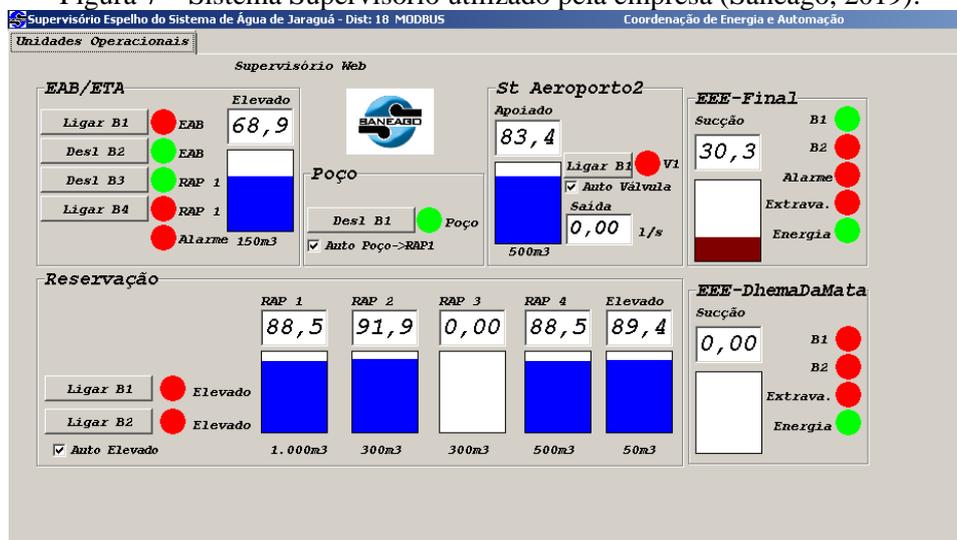
Dentre os fatores que contribuíram para redução das perdas pode-se identificar que além do uso da haste de escuta, foi possível utilizar metodologias de trabalho que auxiliam na identificação de vazamentos ocultos nos componentes do sistema de distribuição. Entre eles o método da vazão mínima noturna, além do controle de pressão na rede, que até a data de finalização deste artigo, encontra-se em fase de implantação na cidade.

4.1 Aplicação do Método das Vazões Mínimas Noturnas

A utilização deste método na cidade de Jaraguá passou por algumas adequações, no método normal de cálculo, a base obtida para acompanhar a vazão dos vazamentos é obtida por equipamentos que tem alto custo de implantação, porém devido a indisponibilidade financeira do município, a vazão da Mínima Noturna é calculada através dos níveis de consumo dos reservatórios que abastecem a cidade, onde é possível chegar no consumo em litros/hora/ligação durante o período noturno desejado.

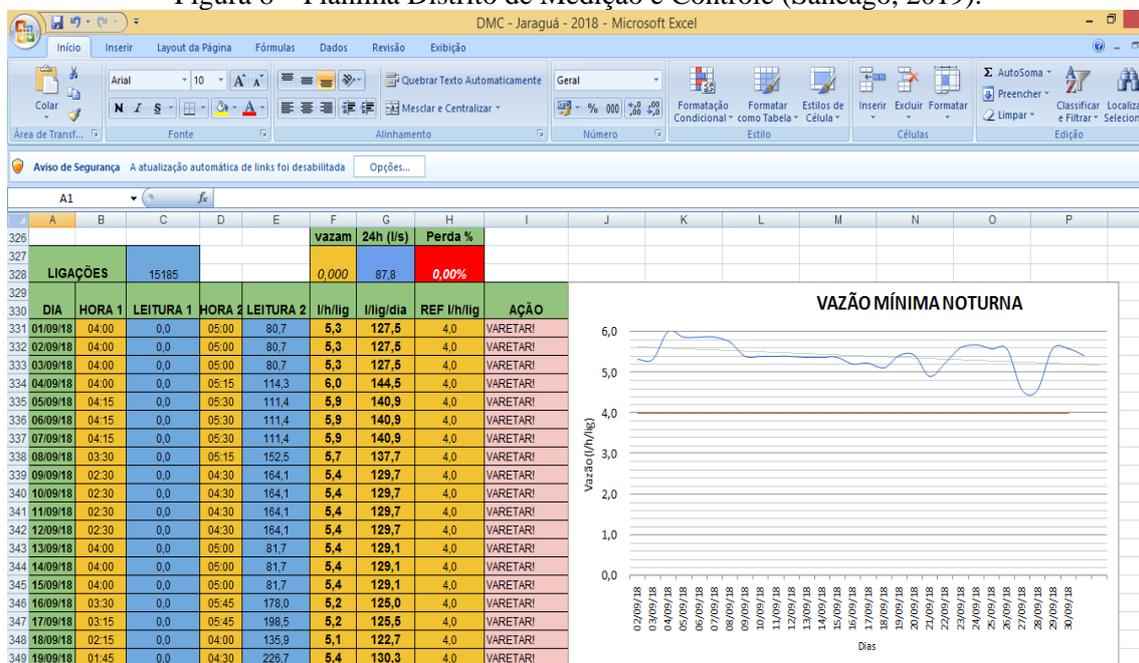
A supervisão e controle dos dados é realizada na empresa através de automação, de modo que utilizando o sistema supervisorio conhecido como SupervSan, é possível capturar e armazenar em um banco de dados informações como horário de desligamento das bombas de elevação mecânica da ETA, horário de funcionamento das bombas de captação de água bruta, níveis em tempo real dos reservatórios da cidade, entre outros dados importantes para a operação da empresa. A Figura 7 apresenta a interface do sistema utilizado pela empresa.

Figura 7 – Sistema Supervisorio utilizado pela empresa (Saneago, 2019).



Com posse desses dados armazenados dentro do sistema SupervSan, são feitas análises que permitem preencher uma planilha, onde a mesma serve como base para o acompanhamento de possíveis vazamentos de grande proporção, como os vazamentos de rede, que se não forem resolvidos em tempo hábil, causam grandes impactos relacionados ao desperdício de água, devido à grande vazão.

Figura 8 – Planilha Distrito de Medição e Controle (Saneago, 2019).



Os dados da planilha mais importantes são aqueles referentes à vazão de saída do reservatório, expressa em litros/hora, que pode ser calculada pela Eq. (2); vazão mínima noturna, expressa em litros/hora/ligação, calculada pela Eq. (3); vazão em litros/hora/dia, calculada pela Eq. (4); e vazão dos vazamentos expressa em l/s, expressa na Eq. (5).

$$Q(l/h) = \frac{V}{t} \quad (2)$$

$$Q(l/h/ligação) = \frac{Q}{N^{\circ} \text{ de Ligações}} \quad (3)$$

$$Q(l/ligação/dia) = Q(l/h/ligação) \cdot 24 \quad (4)$$

$$Q_{\text{vazamentos}} = \frac{Q(l/h/ligação) \cdot N^{\circ} \text{ de Ligações}}{3600} \quad (5)$$

A Análise destes dados obtidos diariamente é importante para o gestor da companhia da cidade, o que se deve à possibilidade de determinar a ocorrência de vazamentos ocultos ou visíveis, devido a uma anormalidade, em relação ao comportamento de consumo da cidade, obtida Mínima Noturna de um determinado dia.

Um exemplo de aplicação a ser citado é que se durante o mês X, o valor da vazão mínima noturna diariamente obtida, estiver variando entre a 5,0 e 5,5 (l/h/lig.), e

em um determinado dia desse mês, sobe para 6,5 (l/h/lig.), verifica-se a probabilidade de algum vazamento de grande proporção, no sistema de distribuição, e com esses dados é possível proporcionar medidas que busquem a localização e reparo do vazamento no menor tempo possível.

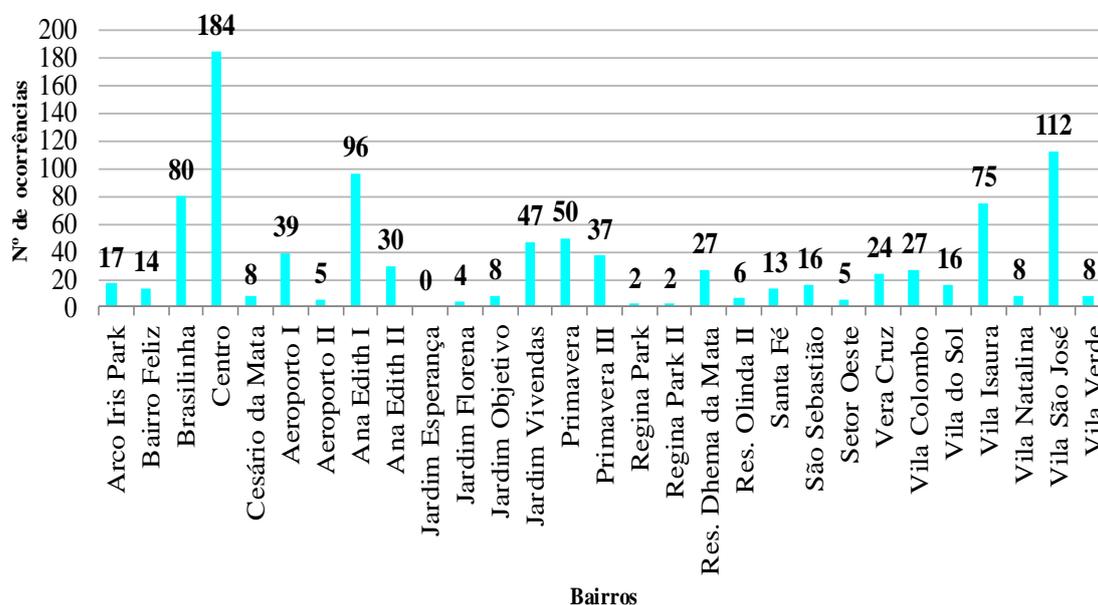
4.2 Controle de Pressão

O controle de pressão na rede de distribuição ocorreu através da 1ª fase da modelagem hidráulica do sistema de abastecimento, sendo realizada através de softwares que possibilitam simulações, onde mostram o comportamento de todos os componentes do sistema de distribuição. Seu dimensionamento se dá através dos dados geográficos da cidade, como níveis dos reservatórios de abastecimento, profundidade da rede de distribuição, sendo muito importante que o cadastro técnico da cidade esteja correto.

Após executada a simulação, foi possível obter sugestões de ações para serem realizadas, como a instalação de válvulas redutoras de pressão, instalação de descargas de rede, ventosas, registros de manobra, bem como pontos onde são necessários interligações e capeamento da rede, possibilitando o melhor controle da vazão do sistema de abastecimento.

Com posse de dados operacionais cedidos pela empresa, foi possível elaborar os Gráficos 2, 3 e 4, que permitem analisar a ocorrência de vazamentos nos 3 principais componentes do Sistema de Abastecimento de Água (SAA), sendo a rede de distribuição, os cavaletes e os ramais prediais que alimentam os cavaletes, conforme apresentado abaixo.

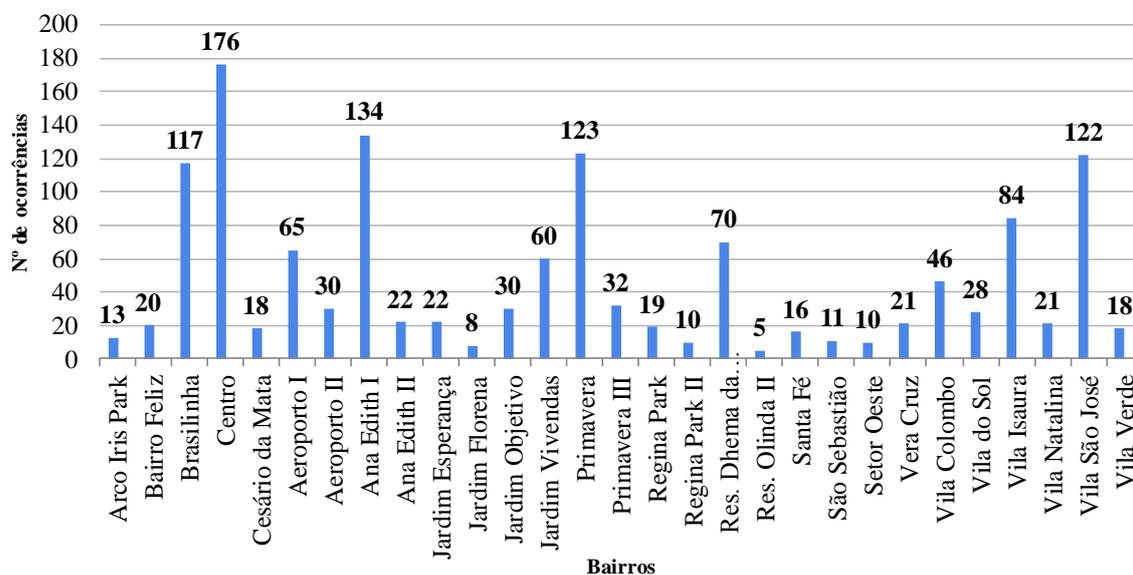
Gráfico 2. Relação de vazamentos de ramal por bairro em 2018 (Saneago, 2018).



Os vazamentos de ramal representaram 38,40% do total de vazamentos no ano de 2018, devido este ser um componente que abastece os cavaletes, é muito importante que nos casos de reincidência de vazamento em um mesmo trecho, o ramal seja substituído, o que se deve a fragilidade ocasionada nos reparos executados anteriormente. Para tanto verificou-se no estudo em campo a necessidade de treinamento das equipes de manutenção, para que repassem no caso de necessidade de

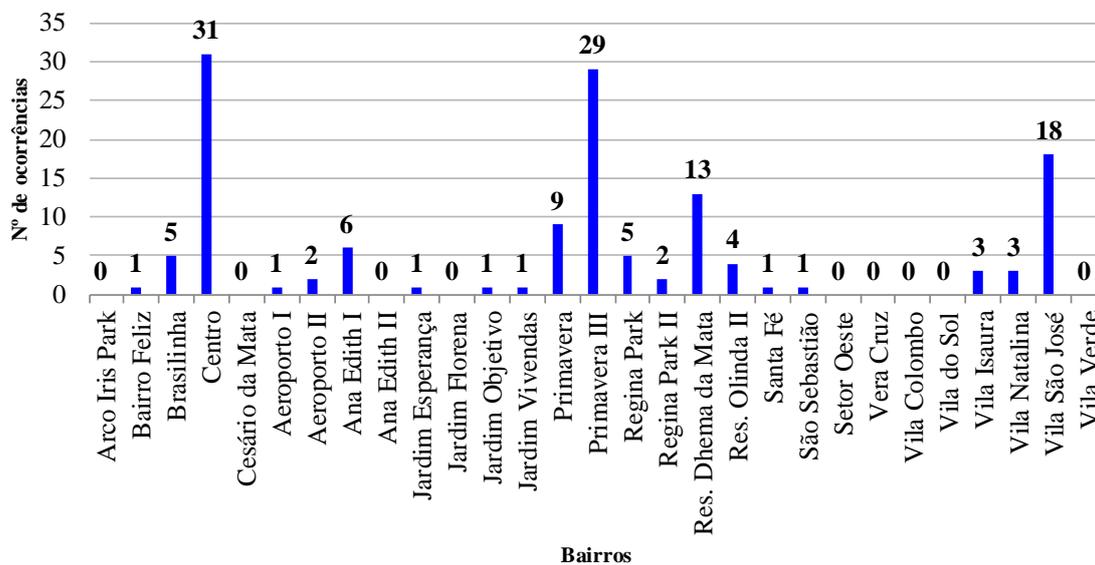
substituição de ramal para o supervisor de operação tomar as providências necessárias para execução do serviço.

Gráfico 3. Relação de vazamentos de cavalete por bairro em 2018 (Saneago, 2018).



Os vazamentos de cavalete representaram 54,27% da quantidade de serviços realizados, porém, devido à grande parte desses vazamentos terem pequenas proporções, o impacto nas perdas em relação aos vazamentos de ramal e rede é muito pequeno.

Gráfico 4. Relação de vazamentos de rede por bairro em 2018 (Saneago, 2018).



Os vazamentos de rede, de acordo com os dados analisados, representaram apenas 5,66 % da quantidade de vazamentos no ano analisado, porém devido à grande vazão desse componente do SAA, é muito importante que o tempo de reparo seja o mais ágil possível.

Ao analisar os dados e ao comparar com o cadastro técnico da cidade, percebeu-se que a maior parte dos vazamentos, acontecem nos pontos onde a pressão na rede de distribuição é mais elevado, o que valida a proposta de diversos autores estudados, que um dos principais agentes causadores de vazamentos é a pressão nos componentes de abastecimento.

O processo de implantação do controle de pressão na rede foi dividido em algumas etapas, de modo que possibilitasse que seja viável as obras de intervenção na cidade, até o presente momento de produção deste artigo as obras não foram concluídas, durante o processo de intervenção foi possível acompanhar a instalação de uma VRP, dispositivo que tem o intuito de controlar a pressão na rede de distribuição.

Conforme citado e analisando os gráficos 2, 3 e 4, notou-se que a maior parte das ocorrências de vazamentos por bairro, tem maior frequência nos setores, que sofrem alta pressão na rede de distribuição. Como é o caso do setor Primavera III, setor onde foi escolhido a instalação da VRP. Segundo a NBR 12.218 (ABNT, 2017), item 5.3.1, a pressão estática⁵ máxima nas tubulações não deve ser superior a 500 kPa (50 mca), e a pressão dinâmica⁶ mínima não deve ser inferior a 100 kPa (10 mca). O uso da VRP permite a adequação da zona de pressão da rede de distribuição. Pressões acima dos valores previstos na norma podem ocasionar vazamentos.

Após instalação foi realizado um levantamento em campo, de modo a aferir a pressão nos pontos que são abastecidos pela canalização que sofreu a intervenção, para constatar se o problema foi resolvido. Em diversos pontos a ser atendido pelo equipamento, pode ocorrer necessidades de novas intervenções, como interligações e capeamento de rede, devido ao cadastro técnico do sistema de abastecimento de água das cidades, na maioria das vezes não condizer com a realidade do local, pois em cidades mais antigas esse cadastro geralmente foi realizado anos após a execução do sistema.

No caso estudado notou-se que após a instalação da Válvula, a pressão dinâmica da rede, no ponto mais baixo do bairro (local que tem o maior valor numérico de pressão em mca), registrou 23mca. Ficando dentro dos critérios exigidos por norma, assim como dos dados operacionais da SANEAGO.

5 CONCLUSÃO

Ao comparar o atual índice de perdas da cidade de Jaraguá com a média brasileira, nota-se que a cidade tem obtidos bons resultados ao longo dos últimos anos, uma vez que os dados analisados mostram que o município tem alcançado níveis satisfatórios. Como ferramenta de combate as perdas, a haste de escuta têm se mostrado importante para a localização dos vazamentos não visíveis, outra vantagem do uso da haste é seu baixo custo, disponível a todos funcionários da SANEAGO. A possibilidade de combinações de ferramentas é outro fator que se mostrou favorável, uma vez que o uso da haste de escuta em conjunto com o método das vazões mínimas noturnas melhorou, consideravelmente os resultados obtidos, possibilitando que a empresa mantenha o foco do trabalho em determinadas regiões onde a ocorrência de vazamentos é maior.

⁵ Pressão referida ao nível do eixo da via pública, em determinado ponto da rede, sob condição de consumo nulo. NBR 12.218 (2017:7).

⁶ Pressão referida ao nível do eixo da via pública, em determinado ponto da rede, sob condição de consumo não nulo. NBR 12.218 (2017:7).

Outro fator muito importante no combate as perdas é o controle de pressão na rede. Dessa forma, notou-se que a instalação de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP) possibilita que a rede de distribuição trabalhe de acordo com os critérios exigidos pela NBR 12218 (ABNT, 2017). A maior ocorrência de vazamentos na cidade de Jaraguá foi registrada nos bairros onde a pressão na rede é maior, comprovando a eficiência da VRP.

Com o acompanhamento do trabalho de combate às perdas realizado na cidade de Jaraguá – GO, verificou-se uma maior eficiência na gestão dos recursos hídricos da cidade. De acordo com os dados disponibilizados pela empresa responsável, observou-se que houve uma redução em custos relacionados ao tratamento da água, em especial o consumo de energia elétrica na ETA da cidade, que representa, segundo Chaves (2014), o 2º maior gasto das empresas de saneamento.

Conforme citado ao longo do artigo, no ano de 2019 foi instalada uma VRP no setor Primavera III. Dessa forma, como sugestão para trabalhos futuros, seria interessante a realização de um estudo de caso que permita comparar os resultados pós instalação do dispositivo na rede de distribuição desse bairro.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Diogo Fonseca Carbonari de. **Controle e Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água**. 2018. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Hidráulica e Sanitária, USP, São Paulo, 2018.

ARNESEN, Allan Saddi; PADOVESE, Linilson Rodrigues; MIKI, Marcelo Kenji, Marcelo Aparecido. Sistema digital de pesquisa de vazamentos de água: desenvolvimento de plataforma, gravações e análises de sinais. **Revista DAE**, São Paulo, v. 64, n. 201, p.33-44, 12 jun. 2015. Quadrimestral. Disponível em: <<http://revistadae.com.br/downloads/edicoes/Revista-DAE-201.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. 2 ed. Rio de Janeiro, 2017. 23p.

BARROS, Fernanda Gene Nunes; AMIN, Mário M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Belém, p.98, nov.2007.

CHAVES, Leonardo Spindola. **Modelagem hidráulica aplicada no controle de pressão em rede de distribuição**. 2014. 14 f Monografia (Especialização) - Curso de MBA Engenharia Sanitária e Ambiental, Instituto de Pós-Graduação - IPOG, Goiânia, 2014.

GHIDETTI, Arilton José. **Eficácia do método das vazões mínimas noturnas para diagnosticar as perdas de água**. 2013. 117f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de água para o consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

MOTTA, Renato Gonçalves. **Importância da setorização adequada para combate às perdas reais de água de abastecimento público.** 2010. 176f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2010.

SANEAGO. **Gestão de dados operacionais:** Manual Técnico. Goiânia: Saneamento de Goiás S/A, 2015.

SANETRON.**Produtos:** Haste de escuta mecânica HE. Disponível em: <<https://www.sanetron.com.br/manutencao-produtos-equipamentos-saneamento.html>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

SAÚDE Trata Brasil Saneamento e. **Perdas de água 2018 (SNIS 2016): desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico.** 2018. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/perdas-2018/estudo-completo.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.

SAVEH. **A disponibilidade de água no mundo e no Brasil.** Disponível em: <<https://saveh.com.br/artigos/a-disponibilidade-de-agua-no-mundo-e-no-brasil>>. Acesso em: 15 out. 2019.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. **O que é Válvula Reguladora de Pressão?** Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/valvula-reguladora-de-pessao/>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

TEODORO, Valter Luiz Iost et al (Org.). O CONCEITO DE BACIA HIDROGRÁFICA E A IMPORTÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA PARA O ENTENDIMENTO DA DINÂMICA AMBIENTAL LOCAL. **Uniará**, Araraquara, p.137-156, 2007.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água.** 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643p.