

I-324 - DIAGNÓSTICO PARA DIRECIONAMENTO DAS AÇÕES DE REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA TRATADA

Patrícia Freitas Góis⁽¹⁾

Bacharel em química industrial pela Universidade Estadual de Goiás. Graduada em engenharia civil. Mestre em recursos hídricos e saneamento ambiental pela Universidade Estadual de Goiás. Ocupa o cargo de técnico industrial na Saneamento de Goiás S/A, SANEAGO.

Renan Silva de Paula⁽²⁾

Graduando em farmácia e publicidade e propaganda. Agente administrativo na Saneamento de Goiás S/A, SANEAGO.

Pablo Alencar de Carvalho Marques⁽³⁾

Técnico administrativo na Saneamento de Goiás S/A, SANEAGO.

Naildes Fernandes Vieira⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Civil e agente de sistemas na Saneamento de Goiás S/A, SANEAGO.

Davi Jose Araújo Filho⁽⁵⁾

Bacharel em química industrial pela Universidade Estadual de Goiás. Graduando em Engenharia Civil. Técnico industrial na Saneamento de Goiás S/A, SANEAGO.

Endereço⁽¹⁾: Av. Getulino Artiaga, número 101 - setor central - Anápolis - Goiás - CEP 75000-000- Brasil - Tel: (62) 3324-2752 - e-mail: patriciafreitas@saneago.com.br

RESUMO

O setor de abastecimento público de água tratada debate com frequência cada vez maior o assunto problema perdas de água para abastecimento público e ações para combatê-lo. O presente artigo trás a descrição de um trabalho de combate à perda de água que começou em 2009. Além dos benefícios óbvios da redução do volume de perdas físicas perdido também houve as seguintes motivações: 1. No sistema de trabalho o índice de perda percentual é maior do que a média nacional e 2. Ocorrência de intermitência no abastecimento na estiagem devido redução brusca no volume de água disponível no manancial de captação e aumento do consumo doméstico. A redução nas perdas é o caminho mais rápido para reduzir a intermitência no município uma vez que obras de ampliação demandam longo tempo para serem finalizadas. Os esforços para essa redução estão gerando dados positivos tais como o amadurecimento da equipe, evolução no trabalho e redução no índice de perdas. Naturalmente, a situação chegou a um ponto em que as ações principais foram executadas e o índice de perdas percentual vem se tornando mais estável. Veio a necessidade de aperfeiçoar as atividades em áreas detectadas como as mais problemáticas. Vários medidores foram instalados em pontos estratégicos do município e passaram a ser monitorados mensalmente. Foram utilizadas informações como o volume de água disponibilizado por região e o volume medido nos hidrômetros da área abastecida com a água que passa pelo medidor. Com a finalidade de analisar o método de tomada de decisão a respeito da região prioritária de trabalho, foi separado um setor do município com quatro medidores de área delimitada. Foram comparados os vazamentos ocorridos na região em 2015 e 2016, o volume perdido, as perdas percentuais, a perda em litro por dia por ligação e o volume perdido por ligação em metros cúbicos. Foi utilizado Sistemas de Informações Geográficas (SIG) para visualizar essas informações no mapa da área de estudo. Todas as quatro regiões apresentaram perdas percentuais abaixo da média nacional: 25%, 22%, 15% e 6%. A perda em litro levando-se em consideração o número de ligações por dia possibilitou uma interpretação distinta da perda em porcentagem. Para o sistema em questão, foi um indicador interessante por apontar uma região onde o trabalho, para combater perda física ou comercial, ocorreria com o menor número de ligações. Essa conclusão pode ser mais bem trabalhada para perdas mais elevadas. A conclusão foi a importância do conhecimento detalhado da área de estudo e a utilidade do SIG para visualização dos resultados e da região a ser trabalhada.

PALAVRAS-CHAVE: Perdas de Água Tratada, Indicadores Operacionais, Abastecimento Público, Diagnóstico de Abastecimento, Sistemas de Informações Geográficas.

REFERENCIAL TEÓRICO

A oferta e disponibilidade global de água doce são limitados, enquanto a demanda é crescente. Mais de 1,3 bilhões de pessoas sofrem a escassez de água doce no mundo, os custos operacionais se tornaram mais elevados e o valor pecuniário da água vem encarecendo. Por tanto, a preocupação com o risco de escassez de água vem aumentando para um número cada vez maior de países (MACHADO, 2003).

O crescimento da população, a ocupação desordenada do solo, o desperdício de água tratada, a poluição, erosão, desertificação e contaminação do lençol freático causados pelo desenvolvimento industrial e tecnológico reduzem a disponibilidade de água em suas fontes naturais (MACHADO, 2003).

A gestão da oferta de água se baseia no aumento da exploração das fontes naturais de captação de água bruta para o atendimento à população crescente. Considerando a escassez da água natural, o aumento da procura e exploração de novas captações é possível verificar o desacordo com as práticas para a sustentabilidade dos recursos hídricos (SILVA, 2006).

A conservação da água pode ser definida como a integração de todas as medidas cabíveis para assegurar a sua disponibilidade de forma eficiente e equitativa, visando os seguintes resultados: redução no consumo de água tratada e água bruta, desperdício, perdas e poluição e volume captado. Também podem ser citados o aumento da eficiência do uso da água e novas tecnologias e procedimentos para viabilidade do reuso da água (RECESA, 2008).

O balanço hídrico para sistemas de abastecimento urbano estabelecido pela IWA (Associação Internacional de Água) divide as perdas de água em perdas aparentes e reais. As perdas aparentes são aquelas em que a água é consumida e não é contabilizada em decorrência dos seguintes fatores: 1. Consumo não autorizado decorrente de ligações clandestinas, fraudes nos hidrômetros e erros cadastrais (ligações ativas que por uma falha no cadastro comercial estão como inativas ou inexistentes); 2. Falhas na macro e micromedição. As perdas reais são aquelas em que a água escapa dos ramais e redes devidos vazamentos e extravasamentos de reservatórios (GOMES, 2009).

Existem vários indicadores para realizar um diagnóstico do sistema para o controle de redução das perdas de água. O estudo pode ser realizado considerando o sistema de abastecimento como um todo ou como sub-sistemas.

A perda percentual (calculada pela razão entre o volume perdido e o volume de entrada no sistema) é o indicador mais utilizado para análise das perdas. O uso deste indicador favoreceria empresas com alto consumo, baixas pressões e intermitência no abastecimento (MANCA, 2015).

As perdas percentuais de água tratada são obtidas pela análise do volume de água perdido no sistema considerando a diferença entre a água disponibilizada e consumida em determinado setor. A análise das perdas reais em termos percentuais da água de entrada no sistema pode ser útil na avaliação da eficiência de utilização dos recursos hídricos da região. Porém a análise desse índice é inapropriado para avaliação de um sistema de distribuição de água para abastecimento público (IWA, 2000).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) vem sendo utilizado em várias empresas de saneamento. Sua definição é a seguinte:

“Um Sistema de Informações Geográficas é um sistema de informações projetado para a coleta, armazenamento e análise de objetos e fenômenos, sustentados pela localização geográfica. Os SIG utilizam dados geograficamente referenciados e dados não espaciais, incluindo operações de análises e suporte a decisões.” (CALIJURI, 1993).

No saneamento um SIG pode ser utilizado com diversas finalidades, por exemplo: Cadastro técnico, planejamento hidráulico, rastreamento das equipes de campo, elaboração de mapas temáticos de acordo com o bando de dados da empresa, dentre vários outros.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar um diagnóstico de perdas de um sistema de distribuição de água tratada.

A intenção é discutir os resultados tendo como foco o método e o significado prático de cada parâmetro, assim espera-se que a proposta seja útil para que as empresas de saneamento obtenham melhores resultados na recuperação de água tratada perdida com menor tempo e esforços possíveis. O sistema de estudo foi dividido em regiões de acordo com a instalação de medidores com o objetivo de orientar as atividades de combate às perdas nas regiões onde o volume de água tratada seja mais expressivo. Os resultados foram utilizados como exemplos para servirem de ponto de partida de discussão de sistemas maiores e mais complexos. Todos os indicadores propostos foram analisados também com mapas temáticos onde foi possível visualizar os resultados na região exata onde eles foram detectados.

METODOLOGIA

O trabalho para o levantamento dos dados foi executados em três etapas: 1. Os levantamentos realizados em campo, 2. O uso do SIG para visualização de mapas temáticos a fim de servir como ferramenta para tomada de decisões e visualização de dados por região de estudo e 3. Cálculos de indicadores para cada região. Segue as subdivisões de cada etapa:

a. Levantamentos em campo:

- a.1 - Localização e delimitação da área de influencia de cada macromedidor dentro da área de estudo, considerando a estanqueidade de cada módulo;
- a.2 - Levantamento dos hidrômetros das contas cadastradas na área de estudo;
- a.3 - Leituras dos macromedidores (volume disponibilizado) de acordo com cronograma pré-estabelecido para serem lidos no mesmo dia em que os hidrômetros estejam sendo lidos para faturamento (volume faturado);
- a.4 - Pesquisa para localização de vazamentos não visíveis com haste de escuta em toda a região de estudo;
- a.5 - Retirada dos vazamentos não visíveis e levantamento dos vazamentos visíveis de rede e ramal retirados em dezembro de 2016 e janeiro de 2017.

b. Uso do SIG:

- b.1 - Delimitação da área de estudo para visualizar as regiões a serem pesquisadas e as áreas de influência por macromedidor;
- b.2 - Elaboração de mapas de calor para visualização da distribuição de vazamentos em redes e ramais para o período de um ano;
- b.3 - Análise do mapa de delimitação da área de estudo para decisão das áreas de trabalho prioritárias para o trabalho efetivo de perdas reais. Foram elaborados mapas dos indicadores calculados na etapa c1 a c.5. As informações contidas.

c. Indicadores calculados por região:

c.1 - Volume perdido (m^3):

$$\text{Volume perdido (m}^3\text{)} = \text{volume disponibilizado (m}^3\text{)} - \text{volume faturado (m}^3\text{)}$$

Equação (1)

c.2 - Indicador percentual de perdas (%):

$$\text{Perdas (\%)} = (\text{volume perdido (m}^3\text{)} / \text{volume disponibilizado (m}^3\text{)}) \times 100$$

Equação (2)

c.3 - Índice de perdas em litros por ligação por dia ($L.lig^{-1}.dia^{-1}$):

$$\text{Perdas (L.lig}^{-1}\text{.dia}^{-1}\text{)} = \text{volume perdido (L)} \times \text{número de ligações}^{-1}\text{(lig)} \times (\text{número de dias do mês})^{-1}\text{(dia)}$$

Equação (3)

c.4 - Perdas em volume por ligações ($m^3.lig^{-1}$):

$$\text{Perdas (m}^3\text{.lig}^{-1}\text{)} = \text{volume perdido (m}^3\text{)} \times \text{número de ligações}^{-1}\text{(lig)}$$

Equação (4)

RESULTADOS

A partir dos trabalhos em campo da etapa a.1, foi delimitada a área de estudo de acordo com a área de influência de cada medidor. Para facilitar a compreensão, as áreas de influência terão as seguintes denominações: Região 1, região 2, região 3 e região 4. O resultado é apresentado na Figura 1.

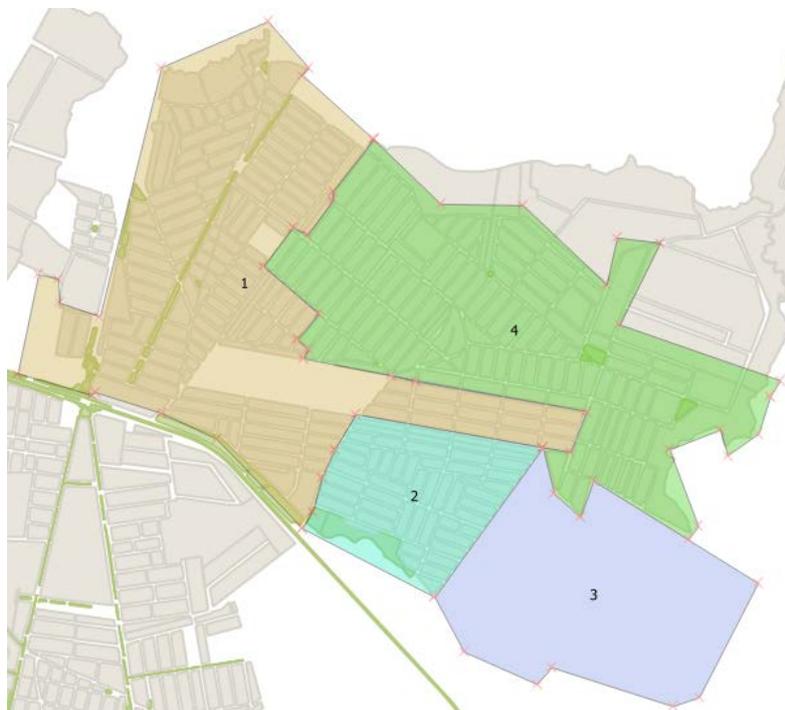


Figura 1: Mapa da região de estudo de acordo com a área de influência dos 4 medidores.

A respeito dos assuntos apontados no item a da metodologia (Levantamentos em campo):

a.2 O número de hidrômetros catalogados foi 9.115, resultado encontrado na Figura 2, onde cada ponto vermelho representa um hidrômetro localizado pertencente à região de estudo. Os hidrômetros da região 3 tiveram suas contas distribuídas em mapa de papel. Essa região é de um bairro relativamente recente e no mapa e ainda não temos o desenho;

a.3 O resultado das leituras foram os volumes disponibilizados da tabela 1.

a.4 A pesquisa de vazamentos não visíveis com haste de escuta foi feita para cada uma das 9.115 ligações no primeiro trimestre de 2.017. Nenhum vazamento oculto foi detectado;

a.5 Não foi necessária a retirada de vazamentos não visíveis. Este item não foi retirado por fazer parte da sequência lógica do trabalho.

A respeito das questões levantadas no item b da metodologia (Uso do SIG):

b.1 As delimitações das regiões de estudo se encontram na Figura 1. Todos os módulos estão estanques. Cada região, apresentada como regiões 1, 2, 3 e 4, tem controle do volume de água tratada disponibilizado por medidores volumétricos.

b.2 O mapa de calor da concentração de vazamentos de rede e ramal do ano de 2016 está na Figura 3. Neste mapa temático quanto mais escura a cor alaranjada maior é o número de vazamentos retirados

Assim, os vazamentos estão concentrados na região 1 seguida da região 4. É possível formular a seguinte hipótese: Os resultados dos indicadores encontrados nos meses de estudo (dezembro de 2016 e janeiro de 2017) seriam encontradas as regiões 1 e 4 como sendo as regiões com maior volume de água tratada perdida. Essas seriam prioritárias para o combate às perdas caso somente estes dados fossem considerados.

b.3 Os mapas de calor para os indicadores calculados na etapa c estão nas Figuras 5, 7, 8 e 9.



Figura 2: Mapa da região de estudo com a localização de cada um dos hidrômetros levantados.



Figura 3. Mapa de calor dos vazamentos de redes e ramais retirados de janeiro a dezembro de 2016.

Tabela 1. Resultados dos indicadores citados nos itens a.5 e c da metodologia.

Região	Índice	Dez/16	Jan/17	Médias
1	Volume disponibilizado (m ³)	55.252	53.567	54.409
	Volume faturado (m ³)	36.762	44.780	40.771
	Número de ligações	4.605	4.605	4.605
	Perda (m ³)	18.490	8.787	13.638
	Perda (%)	33	16	25
	Perda (L/(Lig.dia))	130	62	96
	Perda (m ³ /Lig)	4	2	3
	Vazamento de rede	3	1	2
	Vazamento de ramal	3	17	10
2	Volume disponibilizado (m ³)	11.014	9.986	10.500
	Volume faturado (m ³)	7.741	8.509	8.125
	Número de ligações	903	903	903
	Perda (m ³)	3.273	1.477	2.375
	Perda (%)	30	15	22
	Perda (L/(Lig.dia))	117	53	85
	Perda (m ³ /Lig)	4	2	3
	Vazamento de rede	0	4	2
	Vazamento de ramal	0	0	0
3	Volume disponibilizado (m ³)	4.235	4.259	4.247
	Volume faturado (m ³)	3.499	3.694	3.597
	Número de ligações	216	216	216
	Perda (m ³)	736	565	650
	Perda (%)	17	13	15
	Perda (L/(Lig.dia))	110	84	97
	Perda (m ³ /Lig)	3	3	3
	Vazamento de rede e ramal	0	0	0
4	Volume disponibilizado (m ³)	46.325	45.240	45.782
	Volume faturado (m ³)	43.212	42.642	42.927
	Número de ligações	3.391	3.391	3.391
	Perda (m ³)	3.113	2.598	2.855
	Perda (%)	7	6	6
	Perda (L/(Lig.dia))	30	25	27
	Perda (m ³ /Lig)	1	1	1
	Vazamento de rede	2	2	2
	Vazamento de ramal	14	16	15

A seguir os comentários sobre cada indicador calculado de acordo com o item c da metodologia:

Os dados apresentados nas figuras contidas nesta etapa se referem aos valores médios na quarta coluna da Tabela 1.

c.1 - Volume perdido (m^3):

Analisando os volumes médios perdidos em volume seria possível propor uma intensificação nas ações de combate às perdas na região 1. Esta região apresenta o maior volume de água perdido, 73% do volume perdido em toda a região de estudo, mas apresenta 51% das ligações dessa região.

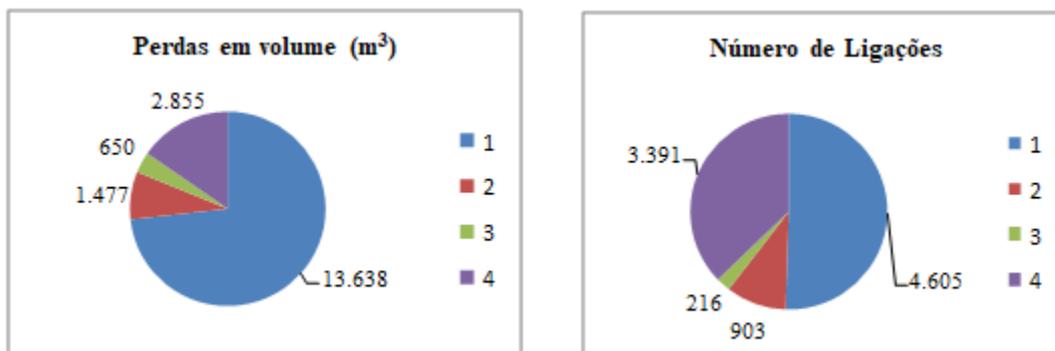


Figura 4. Volume médio perdido e número de ligações para cada região de estudo.

A região 4 apresenta 15% do volume perdido e 37% do número de ligações. Considerando somente o volume perdido para determinação da região mais promissora no combate às perdas poderia nos levar a trabalhar nas áreas de maior número de contas ou maior extensão. O levantamento de mais informações é importante para esta definição.

A Figura 5 apresenta o mapa do volume perdido em escala indo de vermelho ao azul conforme mais água for perdida. Considerando apenas o volume perdido as áreas mais problemáticas seriam 1, 4, 2 e 3.

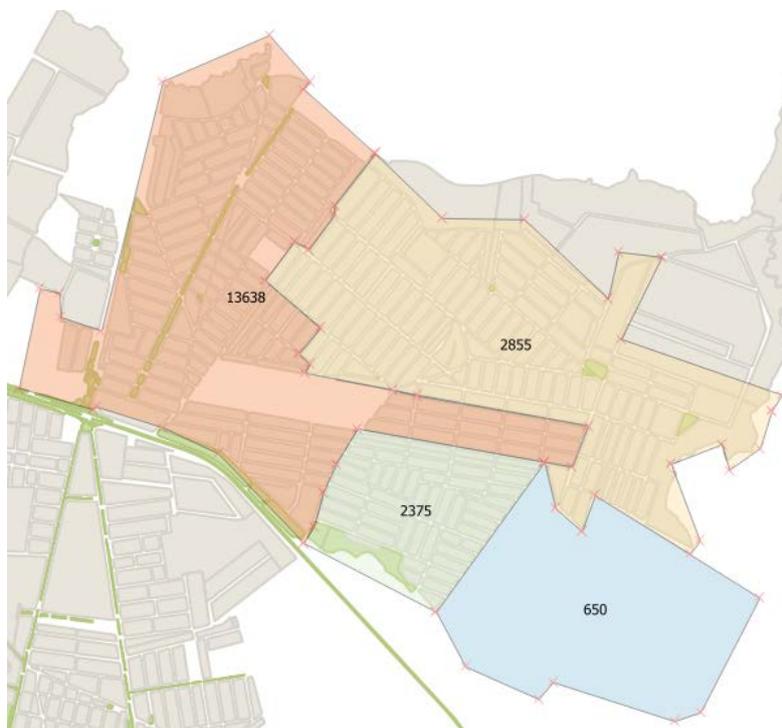


Figura 5. Mapa temático do volume médio de água tratada perdida (m^3) em cada região de estudo.

c.2 - Indicador percentual de perdas (%):

O índice de perda em porcentagem da Tabela 1e Figura 6 nos mostra que o mês de janeiro de 2017 os setores de estudo tiveram suas perdas reduzidas quando comparado ao mês de dezembro de 2016. Ao contrário do esperado, o mês de janeiro de 2017 não apresentou números mais favoráveis de vazamentos do que em dezembro de 2016 (Tabela 1). Somando isso ao fato de que não foram encontrados vazamentos não visíveis durante a pesquisa, surge a hipótese de que alguma particularidade no faturamento possa ter ocorrido.

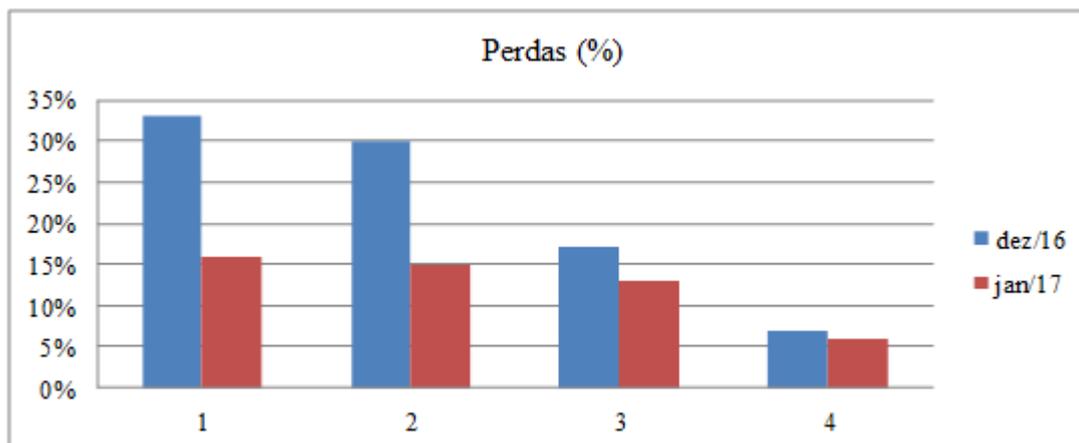


Figura 6. Índice de perdas em porcentagem para os meses de dezembro de 2016 e janeiro de 2017.

Analisando a situação como um todo, uma intensa investigação na área comercial e operacional deve ocorrer em seguida como medida preventiva e pelo aprendizado. Uma vez que esse problema parece ter sido resolvido, pois todas as regiões tiveram suas perdas percentuais reduzidas no mês de janeiro de 2017.

A perda da região 1 reduziu de 33% a 16% neste período, mas o número de vazamentos em redes reduziu de três para um vazamento no mês seguinte e o número de vazamentos de ramais aumentou de três vazamentos para 17 vazamentos.

Os vazamentos de rede de dezembro tiveram volumes mais significativos perdidos do que os vazamentos de ramais, mesmo os vazamentos de ramais terem ocorridos em maior número. Isso devido à redução do volume perdido de 18.490 para 8.787 m³.

Se considerarmos o aumento no volume faturado fica clara a imprecisão sobre o peso desses vazamentos sobre o volume reduzido. Para ter mais precisão sobre esta questão, a observação de casos assim no futuro em outros locais deve ser pesquisada. Também deve se somar a isso informações sobre os diâmetros das redes quebradas, tempo que a empresa demora em ser notificada do vazamento, tempo até que envie uma equipe para o local, tempo de serviço para a retirada do vazamento e volume descartado em descargas na rede para execução do serviço. Em setores em que não houverem tido procura de vazamentos ocultos, este dado também deve ser considerado para a análise.

Outro resultado favorável a redução da perda em percentual da região 1 foi o aumento de 22% do volume faturado. Aqui também existe um ponto de melhoria para trabalhos de diagnósticos futuros e informações a serem pesquisadas no dia a dia da empresa.

A região 2 teve o percentual de perda reduzido de 30 para 15. Ao contrário da região 1, os quatro vazamentos de rede no mês de janeiro não foram suficientes para manter ou aumentar o percentual de perda de um mês para o outro. O aumento no faturamento foi de 10%, por tanto, menos significativo que o aumento no faturamento da primeira região analisada.

Na região 3 não houve ocorrência de vazamentos visíveis ou ocultos durante o período estudado. É interessante notar que o volume disponibilizado entre um mês e outro foi de 24 m³. A redução da perda ocorreu devido a um aumento de 6% no faturamento. O melhor resultado foi de 13% de perdas, abaixo da média nacional de 36,9%, de acordo com o Sistema Nacional de Informação de Saneamento (SNIS) de 2015.

É um local de baixa incidência de vazamentos no período estudado. Considerando a existência de erros nos hidrômetros é possível acusar como principal causa de perdas nessa região a imprecisão no faturamento. É economicamente inviável maiores esforços para a redução de perdas nesta região. Caso houvesse a necessidade de reduzir as perdas, seria interessante um estudo estatístico sobre a imprecisão dos hidrômetros domiciliares, pois a troca de hidrômetros é uma provável solução.

O último setor apresentou o menor valor percentual médio de 7 e 6% em dezembro de 2016 e janeiro de 2017. A redução do volume disponibilizado e faturado para os meses de estudo foram de 2 e 1%. Neste período foram retirados quatro vazamentos de redes e 30 vazamentos de ramais. Os dados levantados são insuficientes para explicar a proximidade entre os volumes disponibilizados e consumidos mesmo tendo ocorridos vazamentos.

A Figura 7 mostra o mapa do volume percentual médio de água tratada perdida em cada região de estudo. Mais uma vez nota-se a seguinte ordem de prioridade: Região 1, seguida da 2, 3 e 4.

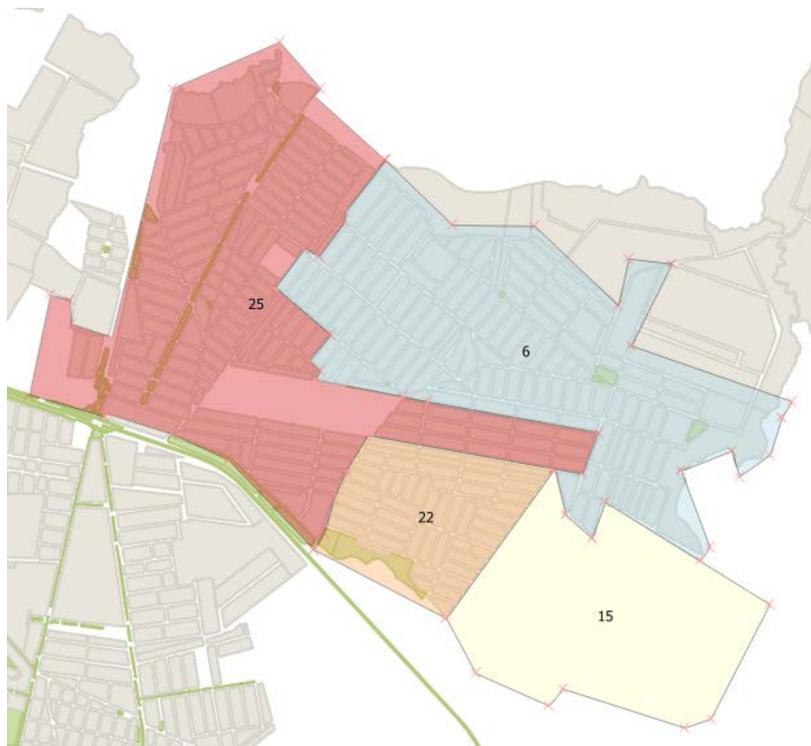


Figura 7. Mapa temático do volume percentual médio de água tratada perdida em cada região de estudo.

c.3 - Índice de perdas em litros por ligação por dia ($L.lig^{-1}.dia^{-1}$):

A Figura 8 apresenta o mapa temático com os valores das perdas em $L.lig^{-1}.dia^{-1}$. Com estas informações a ordem de prioridade entre as áreas estudadas seriam: Região 3, 1, 2 e 4. Resultado distinto dos anteriores por ser até agora o primeiro índice que considera também o número de ligações como fator relevante.

A área 3 é a região com infraestrutura mais recente e não apresentou nenhum vazamento no ano de 2016, ver Figura 3, e nem no período estudado, Tabela 1. Mesmo assim perde mais água quando analisado os litros perdidos por dia. Mesmo com percentual de perdas mais elevado que as regiões 1 e 2, é o local que recuperaria maior volume de água por ligação trabalhada.

Neste caso, o ideal são ações comerciais neste setor: Estudo da situação dos hidrômetros instalados e troca dos tenham viabilidade econômica para a troca. Outro fator a ser considerado é o percentual baixo de perdas por que os hidrômetros, mesmo novos, têm erros de medição pertinentes ao tipo de medidor. Mesmo sendo a troca de hidrômetros viáveis ou não, também podem ser intensificadas ações de combate às irregularidades no setor. O ideal neste caso é trabalhar para manter o índice de perdas na região 3. Mais uma análise pode ser feita: A análise contínua da vazão mínima noturna e o valor de pesquisa. Essa análise apontaria para a equipe mantenedora do sistema o momento de procurar vazamentos ocultos e reduzir para volume de água perdida em vazamentos.

c.4 – Perdas em volume por ligações ($m^3.lig^{-1}$):

Utilizando o volume em m^3 o número de ligações nos setores. A sequência de prioridades entre as regiões de estudo seria mais dificilmente identificada, para estes valores é mais adequada a análise em litros por ligação por dia ($L.lig^{-1}.dia^{-1}$) por que a análise em litros é mais precisa para este caso.

Este indicador pode ser mais útil no estudo de áreas maiores e com perdas mais elevadas. Neste caso o valor em litros pode dar um número muito grande e em m^3 trabalharemos com um valor menor.

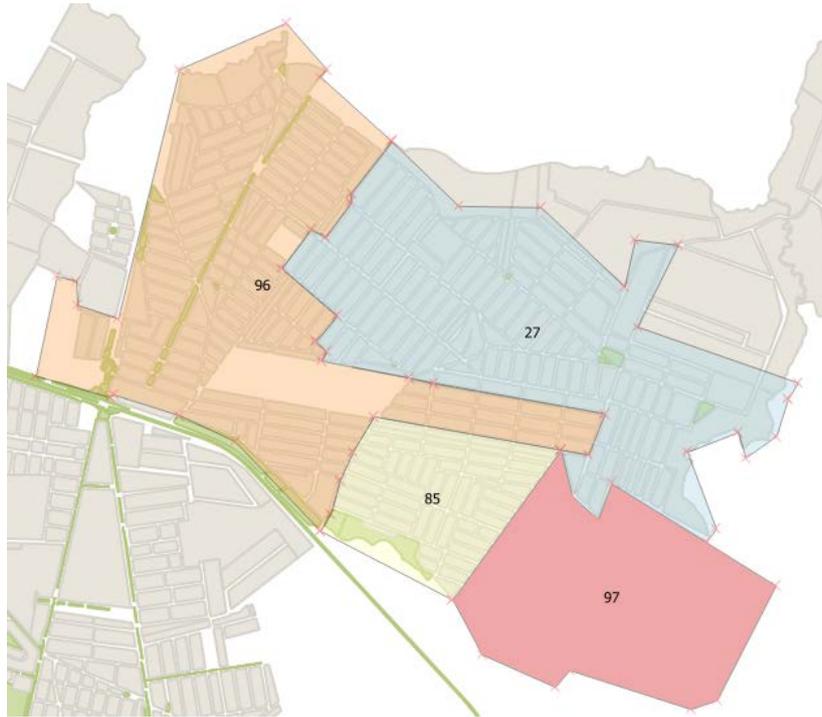


Figura 8. Mapa temático da perda em litros por ligação por dia ($L.lig^{-1}.dia^{-1}$).

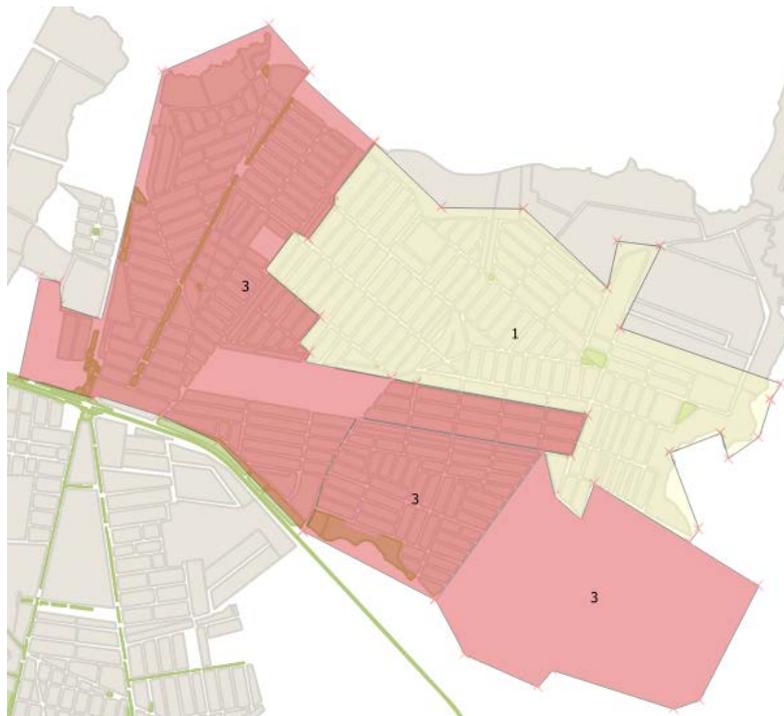


Figura 9. Mapa temático da perda em volume por ligações ($m^3.lig^{-1}$).

CONCLUSÃO

Em sistemas de abastecimento com grande número de ligações, grande volume de água perdido em vazamentos e recursos limitados para o trabalho de redução de perdas uma alternativa para maximizar os resultados de maneira eficiente e eficaz é o conhecimento detalhado da região de estudo.

No caso estudado neste trabalho, as perdas estiveram abaixo de 25%, por isso não demandou maiores esforços para reduzir a perda uma vez que o restante da cidade está com perda em torno de 40%. Analisando a situação como se fossemos trabalhar para reduzir as perdas na área de estudo foi possível chegar às seguintes conclusões:

- O diagnóstico da situação das redes de abastecimento de água tratada deve ser um trabalho contínuo por trazer informações muito ricas sobre a área a ser abastecida. A sugestão é que a maior quantidade de dados possíveis seja analisada mensalmente.

- A vazão mínima noturna, se possível, deve ser analisada diariamente caso as perdas em determinada região permaneçam baixas e estáveis.

- A análise de perda percentual nos trouxe várias informações importantes sobre o sistema, podemos destacar a variação mês a mês das regiões individualmente. Porém, o fator analisado pelo volume em litros perdido diariamente pelo número de ligações mudou a ordem de prioridade das regiões pesquisadas. Fica a sugestão de analisar as regiões utilizando todos os indicadores. A perda em porcentagem fazendo análise temporal de cada região individualmente, e em litros por ligação por dia ou em metros cúbicos por mês para comparar uma região com a outra a fim de analisar as regiões e determinar o local de melhor custo benefício.

- O diagnóstico é uma atividade importante para a conservação de recursos hídricos e melhora o volume disponível para o abastecimento de água tratada caso as perdas físicas sejam reduzidas devido à direção que o diagnóstico deve trazer.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador: ReCESA, 2008. 139p.
2. CALIJURI, Lúcia; ROHM, S. Sistema de Informação Geográfica. Viçosa: UFV, 1993.
3. GOMES, H. P. Sistemas de abastecimento de água: dimensionamento econômico e operação de redes e elevatórias. 3 ed. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2009.
4. MACHADO, C. J. S. Recursos hídricos e cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios. Ambiente & Sociedade. vol. 6, n.2, jul./dez., 2003.
5. MANCA, R. S. Hierarquização de ações pré avaliatórias para o gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, na área de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2015.
6. SILVA, G.; TAMAKI, H.; GONÇALVES, O. M. Implantação de programas de uso racional da água em campi universitários. Porto Alegre, 2006. Disponível em www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/3679/2045. Acesso em 14/12/2016.
7. Sistema Nacional de Informação de Saneamento (SNIS), Diagnóstico de água e Esgoto, 2015. Disponível em <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>, Acesso em 07/06/2014.