

XI-039 - DIAGNÓSTICO TÉCNICO DAS PERDAS HÍDRICAS E FINANCEIRAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE MACAÍBA/RN

Rodrigo Melo do Nascimento⁽¹⁾

Tecnólogo em Gestão Ambiental pela Faculdade Estácio de Sá. Técnico em Controle Ambiental e Especialista em Gestão Ambiental pelo IFRN. Técnico de Engenharia/Controle Ambiental da CAERN.

Marco Antônio Calazans Duarte

Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (São Carlos, 2011). Ex-engenheiro e pesquisador da CAERN, professor titular e membro do Núcleo de Pesquisas em Saneamento Básico do IFRN

Josildo Lourenço dos Santos

Engenheiro Civil, Especialista em Engenharia de Recursos Hídricos, Mestre em Engenharia Sanitária pela UFRN, Gerente de Inovação Tecnológica e Controle de Perdas da CAERN.

Endereço⁽¹⁾: Rua Saquarema, 2366 - Potengi - Natal - RN - CEP: 59110-530 - Brasil - Tel: (84) 98823-2991 - e-mail: rmnascimento@caern.com.br

RESUMO

As perdas hídricas provocam impacto significativo às empresas de saneamento e à população, e podem ser classificadas em perdas reais, quando o volume perdido ocorre nas etapas de produção e distribuição da água, e perdas aparentes, quando a água consumida não é contabilizada, seja por fraudes, ligações clandestinas, falhas de procedimento e, principalmente, por submedição nos hidrômetros. O presente trabalho apresenta um diagnóstico do cenário atual das perdas hídricas e financeiras no Sistema de Abastecimento de Água de Macaíba/RN, fundamentado na realização do balanço hídrico, que identifica as principais variáveis de cada componente das perdas. A utilização do Princípio de Pareto e a realização de mapeamento geográfico aplicado às ocorrências de vazamentos registradas, permitem identificar áreas críticas e recorrentes desses vazamentos, direcionando as ações necessárias para o combate às perdas reais.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço hídrico, IWA, Perdas reais, Perdas aparentes, Submedição.

INTRODUÇÃO

As perdas de água são consideradas um problema mundial, ocasionando baixas performances na maioria dos Sistemas de Abastecimentos de Água (SAA), porém, alguns países ou cidades, conseguem atingir e manter baixos índices de perdas com planejamento, recursos, tecnologia e gestão.

O problema das perdas transpassa as vertentes operacionais e econômicas, não sendo restrito à esfera local ou regional. E apresentam assim, diversas implicações como as ambientais, que resultam da utilização e gestão de recursos hídricos e impactos das obras de saneamento, às de ordem legal, isto é, na legislação aplicada para o setor, licenças e a respectiva regulação.

As questões sociais dizem ao uso racional da água, o pagamento ou não pelos serviços, as questões de saúde pública e a imagem da operadora diante a população, e por último os aspectos tecnológicos que compreendem interações entre o conhecimento técnico e as tecnologias, ferramentas e metodologias disponíveis para as atividades típicas do combate às perdas (ABES, 2013).

Neste sentido, considera-se importante estudar a respeito dos benefícios de um projeto de redução de perdas em um sistema em escala real. Com o resultado, espera-se uma redução do volume captado no manancial, implicando em menor custo operacional, com a finalidade de abastecer a mesma população trazendo benefícios também na imagem da empresa perante a sociedade, como também a redução do recurso natural e aumento da disponibilidade hídrica. Postergando a necessidade de ampliação do SAA e consequentemente, minimizando os impactos ambientais provocados pelas obras.

A gestão do uso e conservação da água deve ocorrer a partir do desenvolvimento de programas de controle e redução de perdas, programas de educação socioambiental para uso racional da água, programas de reuso, e acima de tudo, criar mecanismos para uma gestão participativa da sociedade no combate às perdas hídricas.

As perdas em um sistema de abastecimento de água ocorrem desde a captação do manancial até a entrega da água tratada ao consumidor final, sendo estas, de vários tipos, que em grande parte são causadas por operação e manutenção deficientes nas tubulações e inadequada gestão comercial das companhias de saneamento. Por isso, a vinculação entre o nível de perdas em uma companhia de saneamento e sua eficiência operacional é total, ou seja, é de se esperar que os sistemas de abastecimento bem gerenciados e mantidos possuam baixos índices de perdas (TARDELLI FILHO, 2006).

Considerando o período de estiagem que assola principalmente o semiárido do Rio Grande do Norte, fenômeno que potencializa as preocupações e enseja a sociedade para cobranças e melhor eficiência dos seus sistemas, fato que de certa forma obriga as operadoras dos serviços de abastecimento de água a superarem dificuldades usuais e buscarem progredir no desempenho operacional sem comprometer o balanço econômico-financeiro e a qualidade dos serviços prestados à população.

A partir do panorama acima descrito e estudo realizado pela CAERN (2017c) que demonstra o levantamento de perdas dos 40 maiores SAA em termos de volume produzido, identificou-se a necessidade de iniciar um trabalho, o qual tem como premissa, diagnosticar a situação das perdas de água no SAA de Macaíba/RN, operado pela (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte) CAERN. Objetivando conhecer as perdas no sistema, foi utilizada a matriz do balanço hídrico pelo método top-down proposta pelo IWA (International Water Association), onde são apresentadas as variáveis mais importantes para a 3 composição dos fluxos e usos da água no sistema. Seu cálculo exige medições ou estimativas criteriosas em cada ponto de controle definido no sistema e qualquer erro na determinação dos volumes poderá levar à seleção de uma estratégia inapropriada de redução de perdas (FANNER, 2009).

A CAERN atualmente conta com uma Gerência de Inovação Tecnológica e Controle de Perdas - GIP ligada à Diretoria Operacional e de sete Unidades de Perdas localizadas estrategicamente em cada regional, sendo elas, a Superintendência Natal e as Regionais Agreste Trairi, Seridó, Sertão Central, Alto Oeste, Oeste e Mato Grande, sendo esta última com sede em Macaíba. O município em estudo está localizado na região Metropolitana de Natal, possuindo um SAA com captações em manancial subterrâneo localizado na bacia hidrográfica do Rio Pitimbu, abastecendo atualmente cerca de 40.000 habitantes conforme dados da (CAERN, 2017).

O SAA de Macaíba foi escolhido por estar entre os dez maiores SAA em termos de volume de água produzido, dentre os 154 sistemas operados e gerenciados pela CAERN (Tabela 1).

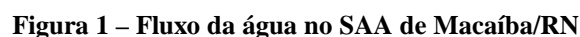
Tabela 1 – Maiores SAA da CAERN em termos de volume produzido em 2016

SAA	VOLUME PRODUZIDO (m³)
Natal	83.758.889
Mossoró	26.408.027
Parnamirim	24.432.049
Assu	8.088.931
Macaíba	4.140.445
Caicó	2.898.080
Canguaretama	2.800.987
Macau	2.405.981
João Câmara	2.392.265
Apodi	1.905.931

Contudo, apresenta oportunidades de melhoria que são potencializadas pela sua relevância num contexto geral para a CAERN, trazendo benefícios econômico-financeiros e ambientais aos 40.000 habitantes atendidos com abastecimento de água conforme dados da CAERN em 2016. Esses benefícios podem ser observados na redução das perdas reais e perdas aparente. As perdas reais é quando o volume de água disponibilizada no

A fim de atingir o objetivo exposto, será necessário responder os seguintes questionamentos, dentre outros que poderão surgir durante o estudo. Quais os maiores fatores impactantes nas perdas? Qual o percentual de perdas reais e perdas aparentes? Quais as áreas de maior incidência de vazamentos? Como poderíamos contribuir para a diminuição das perdas no sistema? Qual a submedição do parque de hidrômetros?

O estudo foi realizado através de uma pesquisa quantitativa de caráter exploratório e documental, tendo início pela visitação das unidades operacionais do SAA Macaíba (bateria de poços tubulares, estação elevatória granja-recreio, estações elevatórias de reforço de pressão e reservatórios) identificando e mapeando a origem e destino da água captada conforme Figura 1.



Para o desenvolvimento da pesquisa, foi elaborado o balanço hídrico pelo método top-down, proposto pela IWA (2016), onde são apresentadas as variáveis mais importantes para a composição dos fluxos e usos da água no sistema. O período correspondente para elaboração do balanço hídrico foi de 17 meses, compreendidos de janeiro/2016 a maio/2017.

Os volumes empregados no balanço hídrico resultam de medições ou estimativas, quando não se dispõe de aparelhos de medição. Cada variável do balanço hídrico possui incertezas de medições e erros no tratamento de dados, que, quando acumulados, podem corresponder a valores expressivos. Para isto, foram considerados o nível de confiança dos dados do sistema e os percentuais sugeridos pela AESBE (2015).

O método IWA (2016) é composto por sete etapas descritas a seguir e serão inseridas no campo correspondente de acordo com a Tabela 3.

A primeira etapa será determinar o volume de água que entra no SAA (VE). Os volumes de entrada foram obtidos de acordo com os volumes informados pela Unidade de Perdas da Regional Mato Grande da CAERN, localizada em Macaíba. Este volume compreende os volumes produzidos medidos nas EEAT - Estação Elevatória de Água Tratada Granja Recreio e Reta Tabajara, estas recebem água de duas baterias de poços, a primeira bateria fica localizada a margem direita da BR-304 no sentido de Parnamirim para Macaíba, a segunda bateria localiza-se no DIM - Distrito Industrial de Macaíba. Este volume é somado com a produção de outros dois poços que injetam diretamente na rede de distribuição, o Poço Tubular Pé do Galo (PT - Pé do Galo) e o Poço Tubular Guarapes (PT - Guarapes). Para esses volumes, foram considerados as incertezas dos medidores instalados.

A segunda etapa será determinar o consumo autorizado faturado (CAF), dividido em consumo medido faturado (CMF) e consumo não-medido faturado (CNMF); introduzir o total destes como consumo autorizado faturado (CAF) e como água faturada (AF). A CAERN dispõe desta informação em banco de dados da Companhia, disponíveis em dois sistemas informatizados para gestão de dados comerciais, o Sistema Integrado de Gestão de Serviços de Saneamento (GSAN) e Pentaho BI, este último apresenta relatórios e gráficos de forma inteligente e interativa, facilitando a emissão e análise dos dados compilados pelo GSAN. Contudo, foi emitido relatório dos volumes faturados medidos e não medidos.

A terceira etapa será calcular o volume de água não-faturada (ANF) subtraindo a Água Faturada (AF) à água que entra no sistema (VE). Esta informação é calculada automaticamente pela planilha excel WB Easy Calc proposta pelo IWA (LIEMBERGER, 2016).

A quarta etapa será definir o consumo medido não-faturado (CMNF) e o consumo não-medido não-faturado (CNMF), registrar o total em Consumo Autorizado Não-Faturado (CANF). Foram pesquisados dados conforme AESBE (2015) referente a consumos de corpo de bombeiro, uso de água em caráter social, uso de água em eventos públicos, chafarizes, abastecimento de carro pipa sem faturamento, imprecisão na estimativa do consumo diante da ausência de hidrômetros, consumo próprio da CAERN, descarga de rede de distribuição para desinfecção, limpeza de reservatórios, esvaziamento e limpeza da rede de distribuição para reparos e desobstrução e limpeza de rede de esgotos.

Não foram evidenciadas atividades no SAA referente a consumo de corpo de bombeiros, uso de água em caráter social, uso de água em eventos públicos, chafarizes, descarga de rede de distribuição para desinfecção e limpeza de reservatórios no período pesquisado.

As demais estimativas foram realizadas da seguinte forma:

Para o volume referente ao abastecimento de carro pipa sem faturamento, foram pesquisados Registros de Atendimento (RA) por reclamação de falta de água onde foi necessário a intervenção do carro pipa, e multiplicou as ocorrências atendidas pelo volume do carro pipa abastecido.

Para estimar a imprecisão do consumo diante da ausência de hidrômetros, foram analisadas mensalmente os volumes e médias das economias ativas de água com e sem hidrômetros. Quando o consumo médio nas economias sem hidrômetros for menor que a média de consumo nas economias com hidrômetros, calcula-se

esta diferença e multiplica-se pela quantidade de economias sem hidrômetros para se achar o volume mensal no período pesquisado. O total dessa soma mensal será o volume final da estimativa.

Para o volume devido ao consumo próprio da CAERN, foram considerados o escritório e a sede da Regional, este último estimado por medidor recém instalado, sendo considerado consumo de um mês e extrapolado para o período pesquisado.

Para o esvaziamento e limpeza da rede de distribuição para reparos, foi estimado a partir de uma conta reversa após a “finalização” do balanço hídrico. Ou seja, o balanço hídrico foi realizado inicialmente sem considerar esta perda, em seguida, após chegar ao volume das perdas reais, estimou-se que 5% do volume perdido total das perdas reais é proveniente da necessidade de esvaziamento da rede de distribuição para reparos.

Para a desobstrução e limpeza de rede de esgotos, consumo foi estimado pelo quantitativo das OS geradas no GSAN para desobstrução da rede de esgoto. Foi considerado um volume de 300 litros por ocorrência conforme informação aproximada da equipe operacional que realiza o procedimento.

A quinta etapa irá somar os volumes correspondentes ao consumo autorizado faturado (CAF) ao consumo autorizado não-faturado (CANF), e introduzir o resultado como consumo autorizado (CA). Esta informação é calculada automaticamente pela planilha excel WB Easy Calc.

A sexta etapa consiste em calcular as perdas de água (PA) como a diferença entre a água que entra no sistema (VE) e o consumo autorizado (CA). Esta informação é calculada automaticamente pela planilha excel WB Easy Calc.

A sétima etapa estratificará as perdas aparentes (PAP) em consumo não autorizado (CNF) e imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados (IMP).

O consumo não autorizado visa identificar volumes provenientes de ligações clandestinas, hidrômetros violados, desvios não medidos (by-passes) em clientes registrados. O primeiro passo foi identificar a diferença entre as ligações cadastradas e ligações ativas de água através do GSAN para conhecer o quantitativo de ligações potenciais para estas irregularidades. Em seguida, identificou-se a realização de fiscalização no último semestre de 2016 pelo setor comercial da CAERN a cerca de 700 usuários em Macaíba, onde 57% destas ligações apresentaram irregularidades e estavam ligados à revelia. Contudo, aplicou-se o mesmo percentual encontrado nesta fiscalização a todo o universo de ligações potenciais. A partir daí, considerou-se o consumo Per Capita e a taxa de ocupação residencial do município para chegar-se ao volume estimado destas ligações.

As imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados foram obtidas do banco de dados do GSAN através do Relatório de Hidrômetros por Faixa de Idade (CAERN, 2017a) com os quantitativos de hidrômetros e volumes consumidos por faixa de idade dos hidrômetros. Após isso, calculou-se a submedição dos hidrômetros por faixa de idade considerando uma taxa de redução de eficiência de 1,04% ao ano conforme encontrado por Depexe & Gasparini (2012).

A realização do balanço hídrico quando bem realizado, permite diagnosticar as perdas e subsidiar a proposição de melhorias para redução das perdas de forma mais assertiva, assim como analisar os impactos financeiros a partir de uma abordagem econômica diferenciada para cada tipo de perda, sendo elas reais ou aparentes. Portanto, os custos incidentes nestas perdas podem ser divididos sobre as perdas reais, onde consideram-se os custos de produção e distribuição de água, também conhecido como custo marginal da água. Já para as perdas aparentes, a valoração dos custos se dar pela tarifa média cobrada aos usuários do sistema.

A IWA recomenda a utilização de quatro indicadores de performance para expressar as perdas reais, estes consideram sobre a pressurização do SAA, o índice de vazamentos da infraestrutura (IVI), expresso também como IVIR (L/ramal/d), IVIRP (L/ramal/d/mca) e IVIRH (m³/km rede/h) (AESBE,2015).

$$IVI = \frac{PRAC}{PRAI} \quad (1)$$

PRAC - perdas reais anuais correntes, esse volume já permite ter uma ideia do grau de ineficiência da infraestrutura do sistema.

PRAI - Perdas Reais Anuais Inevitáveis, é uma fórmula empírica desenvolvida para um conjunto de sistemas de referência da IWA, que permite apontar o limite inferior à que o sistema pode chegar com boa infraestrutura e excelência na gestão de vazamentos, permitindo assim, o cálculo do Índice de Vazamentos da Infraestrutura

$$PRAI = (0,8 \times QR + 18 \times ER) * PMS * \left(\frac{TMA}{24}\right) / 1000 \quad (2)$$

Onde,

QR = quantidade de ramais pressurizados

ER = extensão de redes em km

PMS = pressão média do sistema em mca,

TMA = tempo médio de abastecimento em h/d.

O PRAI é importante porque representa as características operacionais do sistema, como descrito na fórmula acima.

A AESBE considera importante a utilização do IVI para se fazer comparações com outros sistemas diferentes, em considerações heterogêneas, não sendo necessariamente útil compará-lo com ele mesmo, principalmente nos casos em que se está reduzindo as pressões médias.

O indicador IVIR (L/ramal/d) é indicado para comparar o sistema com ele mesmo, não sendo indicado para sistemas rurais, em que a densidade de ligações por km de rede seja inferior a 20.

$$IVI_R = \frac{PRAC * 1000}{QR * 365} * \left(\frac{24}{TMA}\right) \quad (3)$$

O indicador IVIRP (L/ramal/d/mca) é indicado para comparar o sistema com ele mesmo, foi concebido para que o indicador acima passasse a ter sensibilidade para a pressão média.

$$IVI_{RP} = \frac{PRAC * 1000}{QR * 365 * PMS} * \left(\frac{24}{TMA}\right) \quad (4)$$

O indicador IVIRH (m³/km rede/h) é utilizado em situações em que a densidade de ligações é inferior a 20 ligações/km rede, como acontece em sistemas rurais.

$$IVI_{RH} = \left(\frac{PRAC}{ER * 24 * 365}\right) * \left(\frac{24}{TMA}\right) \quad (5)$$

O banco mundial desenvolveu uma matriz de avaliação das perdas reais conforme Tabela 3, onde é possível classificar os sistemas de abastecimentos em categorias de desempenho técnico, podendo ser aplicados separadamente para países desenvolvidos e em desenvolvimento (AESBE, 2015).

Tabela 2 – Matriz de avaliação de perdas reais IWA

Categorias de desempenho técnico		IVI	IVI _R (L/ramal/d) (quando o SAA está pressurizado) a uma pressão de:				
			10 mca	20 mca	30 mca	40 mca	50 mca
Países em desenvolvimento	A	1 - 4	<50	<100	<150	<200	<250
	B	4 - 8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8 - 16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	>16	>200	>400	>600	>800	>1000
	A	Redução adicional de perda pode não ser econômica. A menos que haja insuficiência de abastecimento. São necessárias análises mais criteriosas para identificar o custo efetivo da melhoria.					
	B	Potencial para melhorias significativas. Considerar o gerenciamento de pressão, práticas melhores de controle ativo de vazamentos, e uma melhor manutenção da rede.					
	C	Registro deficiente de vazamentos. Tolerável somente se a água é abundante e barata, mesmo assim analise o nível e a natureza dos vazamentos e intensifique os esforços para redução de vazamentos.					
	D	Uso muito ineficiente dos recursos. Programa de redução de vazamentos é imperativo e altamente prioritário.					

Com o balanço hídrico realizado, foi possível diagnosticar as perdas reais e as perdas aparentes separadamente, como também, diagnosticar o impacto financeiro de cada uma delas para a CAERN. Com isso, foram consideradas duas tarifas distintas em R\$/m³ para cada tipo de perda, tendo como ano base de referência 2016. As perdas reais foram valoradas a partir do custo marginal da água multiplicado pelo volume perdido em metros cúbicos, já as perdas aparentes foram valoradas a partir do valor médio cobrado da tarifa no SAA de Macaíba. Ou seja, a partir da relação do valor total faturado dividido pelo volume total faturado.

Para a realização do mapeamento geográfico identificando áreas críticas e recorrentes de vazamentos por mapas de incidência, foram pesquisadas ocorrências de vazamentos identificados e informados pela população através de contato telefônico, atendimento no escritório local ou site da CAERN no período da pesquisa, o que gerou um Registro de Atendimento (RA) e consequentemente, Ordem de Serviço (OS) para reparo dessas ocorrências. Após a retirada dessas informações no banco de dados do GSA, foi realizado filtro com informações sobre data de abertura das RA, datas de geração e encerramento das OS, matrícula do imóvel, endereço, tipo de serviço executado (vazamento na rede, vazamento no ramal, vazamento na válvula e acoplamento do hidrômetro), coordenadas geográficas do imóvel e motivo do encerramento. Nesta última, foram consideradas na análise as ocorrências encerradas como Conclusão do Serviço, Desistência do Usuário, Inviabilidade Técnica, Não Permitido Pelo Usuário e Serviço Executado Parcialmente. As demais ocorrências foram expurgadas por motivo de duplicidade e erros de entrada da informação no GSA e estariam prejudicando a análise. De posse desses dados, as mesmas foram separadas por mês, tipo de ocorrência e calculado o tempo de conclusão do serviço e consequentemente, do vazamento.

A partir das coordenadas geográficas das ocorrências registradas, foi realizado o mapeamento geográfico através do Sistema de Informação Geográfica QGIS, identificando áreas críticas de vazamentos e separando-as por tipo de serviço (acoplamento de hidrômetro, válvula, ramal e rede de distribuição), tempo de parada, quantidade de ocorrência, em formato de mapas de incidência por recorrência desses eventos.

Com o mapeamento realizado e as informações tratadas, foi possível aplicar o Princípio de Pareto, identificando áreas críticas e recorrentes desses vazamentos de forma compilada ou por tipo de ocorrência, visando direcionar maiores esforços na resolução das causas desses.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O diagnóstico das perdas foi realizado seguindo as recomendações do balanço hídrico propostas pelo IWA conforme Tabela 3. A realização do balanço hídrico mostrou que 84% das perdas de água no SAA são provenientes de perdas reais e que apenas 16% são relacionados às perdas aparentes. Esperava-se que esses percentuais fossem mais próximos, o que nos remete a uma necessidade de maiores investimentos na infraestrutura do SAA e na área operacional, como na substituição de redes de amianto, automação e telemetria do sistema, padronização de ramal com melhor qualidade de material e pesquisa de vazamentos invisíveis.

Tabela 3 –Balanço Hídrico do SAA de Macaíba de janeiro/2016 a maio/2017

<div>VE</div> <div>5.714.603 m³</div> <div>Margem de erro [+/-] 2,0%</div>							
<div>CA</div> <div>2.659.321 m³</div> <div>Margem de erro [+/-] 0,1%</div>				<div>PA</div> <div>3.055.281 m³</div> <div>Margem de erro [+/-] 0,1%</div>			
<div>CAF</div> <div>2.536.388 m³</div>		<div>CANF</div> <div>122.933 m³</div> <div>Margem de erro [+/-] 1,6%</div>		<div>PAP</div> <div>489.129 m³</div> <div>Margem de erro [+/-] 1,0%</div>		<div>PR</div> <div>2.566.152 m³</div> <div>Margem de erro [+/-] 4,5%</div>	
<div>CMF</div> <div>2.385.944 m³</div>	<div>CNMF</div> <div>150.444 m³</div>	<div>CMNF</div> <div>0 m³</div>	<div>CNMNF</div> <div>122.933 m³</div>	<div>CNA</div> <div>88.236 m³</div> <div>Margem de erro [+/-] 5,0%</div>	<div>IMP</div> <div>400.893 m³</div> <div>Margem de erro [+/-] 0,4%</div>		
<div>AF</div> <div>2.536.388 m³</div>		<div>ANF</div> <div>3.178.215 m³</div> <div>Margem de erro [+/-] 3.6%</div>					

VE – Volume de entrada no sistema; CA – Consumo autorizado; PA – Perdas de água; CAF – Consumo autorizado faturado; CANF – Consumo autorizado não faturado; PAP –Perdas aparentes; CMF – Consumo medido faturado; CNMF – Consumo não medido faturado; CMNF – Consumo medido não faturado; CNMNF – Consumo não medido não faturado; CNA – Consumo não autorizado; IMP – Imprecisão dos medidores e erros de manipulação dos dados; PR – Perdas reais; AF – Água faturada; ANF – Água não faturada.

A relação das perdas hídricas com a quantidade de vazamentos totais é evidenciada na Figura 2, onde observa-se relação direta do indicador de perdas com o histórico de vazamentos totais no sistema. A mesma relação também pode ser evidenciada na Figura 3, quando comparadas com as quantidades de vazamentos na rede. Lembrando que esta relação é quantitativa, não sendo considerado a variável intensidade desses vazamentos e consequentemente seu volume desperdiçado, o que poderia explicar a não relação como percebido de junho para julho/2016 e de novembro para dezembro/2016 onde o indicador de perdas aumentou mesmo com a redução das ocorrências de vazamentos.

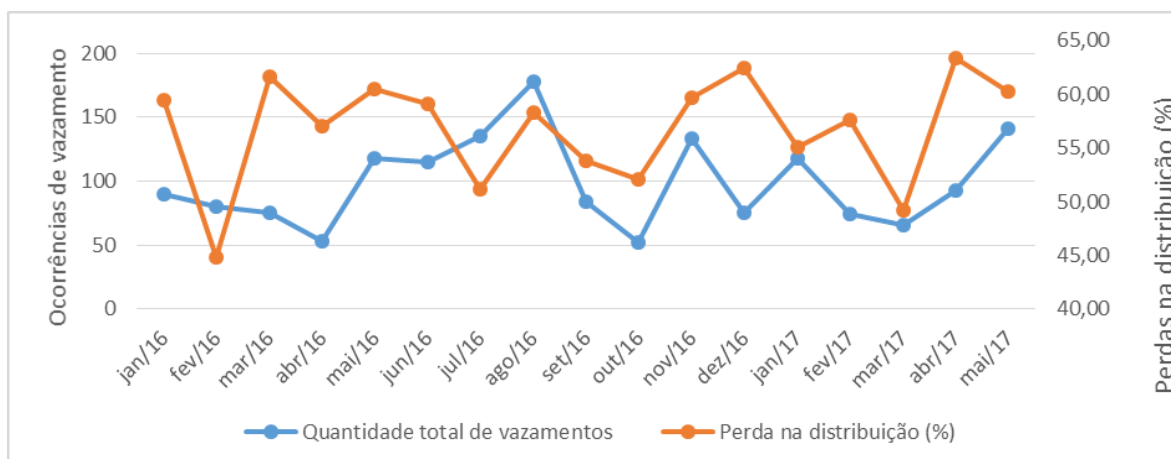


Figura 2 – Relação das Perdas Hídricas x Quantidade Total de Vazamentos no SAA de Macaíba

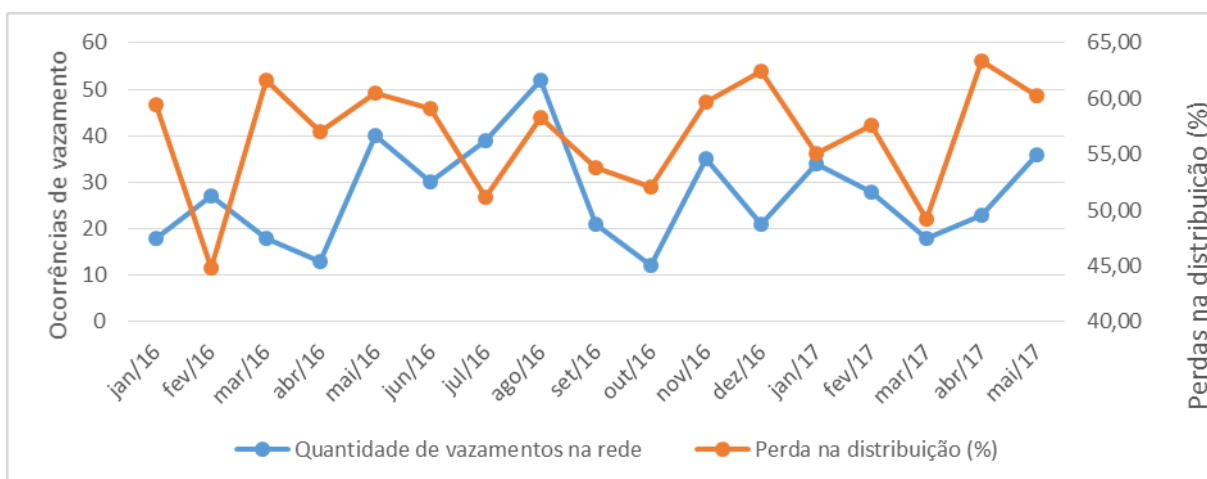


Figura 3 – Relação das Perdas Hídricas x Quantidade de Vazamentos na Rede na SAA de Macaíba

A quantidade de vazamentos mais expressivos ocorre nos acoplamentos dos hidrômetros e na rede de distribuição conforme Tabela 3. Sendo este último, mais expressivo em termos de volume desperdiçado. A eficiência no reparo desses serviços varia conforme o tipo de vazamento de acordo com a Tabela 4. Os vazamentos em acoplamentos de hidrômetros e ramais de água são solucionados por equipes subordinadas a área comercial da CAERN, já os vazamentos em válvulas e rede de distribuição são de responsabilidade da equipe de operação e manutenção de águas e que depende de maior infraestrutura para sua resolução, o que pode justificar o menor percentual de eficiência conforme observado na Tabela 5. O gerenciamento deste indicador mensal irá contribuir positivamente com a redução do índice de perdas reais, pois o mesmo poderá avaliar a eficiência da equipe operacional e de todo o processo de logística para resolução desses vazamentos em tempo hábil. Nota-se que os meses de maio a agosto/2016 conforme Figura 5, apresentaram maiores ocorrências de vazamentos, estes originaram-se a partir de testes de aumento da vazão no recalque da EEAT Granja Recreio, por necessidade de redução no tempo de rodízio do abastecimento. Com isso, 41% do total de ocorrências de vazamentos nessas ruas mais impactadas, foram neste período. As ruas Olímpio Maciel, Rua José Coelho, Rua Heráclito Vilar, Rua Maurício Freire, Rua Pedro Matos, Rua Dinarte Mariz, Travessa Olímpio Maciel, Rua Eloi de Souza, Avenida Enock Garcia, Avenida Jundiaí, Alfredo Mesquita, Rua Araça, Rua Areia Branca, Rua Abel Coelho, Rua Caetano, Rua do Coite e Rua Antônio Delmiro foram as mais afetadas com ocorrências de vazamentos.

Tabela 4 – Histórico por tipologia de vazamentos no SAA de Macaíba de janeiro/2016 a maio/2017

Ano	Ocorrências de vazamentos	Acoplamento do hidrômetro	Válvula	Ramal de água	Rede de distribuição	TOTAL	MÉDIA
2016	Janeiro	65	4	3	18	90	23
	Fevereiro	49	0	4	27	80	20
	Março	51	3	3	18	75	19
	Abril	33	3	4	13	53	13
	Maio	76	1	1	40	118	30
	Junho	82	1	2	30	115	29
	Julho	87	3	6	39	135	34
	Agosto	113	4	9	52	178	45
	Setembro	60	1	2	21	84	21
	Outubro	38	0	2	12	52	13
	Novembro	92	1	5	35	133	33
	Dezembro	49	0	5	21	75	19
	MÉDIA	66	2	4	27	99	25
	TOTAL	795	21	46	326	1.188	-
2017	Janeiro	75	2	7	34	118	30
	Fevereiro	44	1	1	28	74	19
	Março	46	1	1	18	66	17
	Abril	66	2	2	23	93	23
	Maio	100	2	3	36	141	35
	MÉDIA	66	2	3	28	98	25
	TOTAL	331	8	14	139	492	-
MÉDIA		69	2	4	29	103	26
TOTAL		1.126	29	60	465	1.680	-

Tabela 5 – Eficiência de Serviços Realizados no SAA de Macaíba de janeiro/2016 a maio/2017

Tipos de vazamento	Quantidade		Serviços realizados ≤ 3 dias
	Vazamentos	Reparos ≤ 3 dias	
Acoplamento do hidrômetro	1126	628	56%
Válvula	29	16	55%
Ramal de água	60	35	58%
Rede de distribuição	465	222	48%
TOTAL	1680	901	54%

De acordo com o Diagrama de Pareto (Tabela 6) (Figura 4), dezessete ruas dispostas ao lado esquerdo do ponto de interseção no gráfico foram selecionadas como sendo as mais impactadas por apresentarem maiores incidências de vazamento de forma geral, com um total de 370 ocorrências (23%), contribuindo expressivamente com o atual índice de perdas, com isso, conclui-se que de toda a amostragem realizada, estas ruas merecem atenção especial em sua infraestrutura e operação do sistema, desde a necessidade do cadastro técnico atualizado, do tipo de material e profundidade das redes de distribuição, do monitoramento das pressões de trabalho, vazão mínima noturna, adequação de ramal, revisão da qualidade dos serviços executados, entre outros.

Tabela 6 – Diagrama de Pareto para ocorrências de vazamentos totais no SAA de Macaíba de janeiro/2016 a maio/2017

Endereço	Ocorrências	Ocorrências acumuladas	% unitário	% acumulado
Rua Olímpio Maciel	57	57	3%	3%
Rua José Coelho	33	90	2%	6%
Rua Heráclito Vilar	28	118	2%	7%
Rua Maurício Freire	25	143	2%	9%
Rua Pedro Matos	24	167	1%	10%
Rua Dinarte Mariz	23	190	1%	12%
Travessa Olímpio Maciel	19	209	1%	13%
Rua Eloi de Souza	18	227	1%	14%
Av. Enock Garcia	17	244	1%	15%
Av. Jundiá	17	261	1%	16%
Rua Alfredo Mesquita	17	278	1%	17%
Rua Araça	17	295	1%	18%
Rua Areia Branca	16	311	1%	19%
Rua Abel Coelho	15	326	1%	20%
Rua Caetano	15	341	1%	21%
Rua do Coite	15	356	1%	22%
Rua Antônio Delmiro	14	370	1%	23%

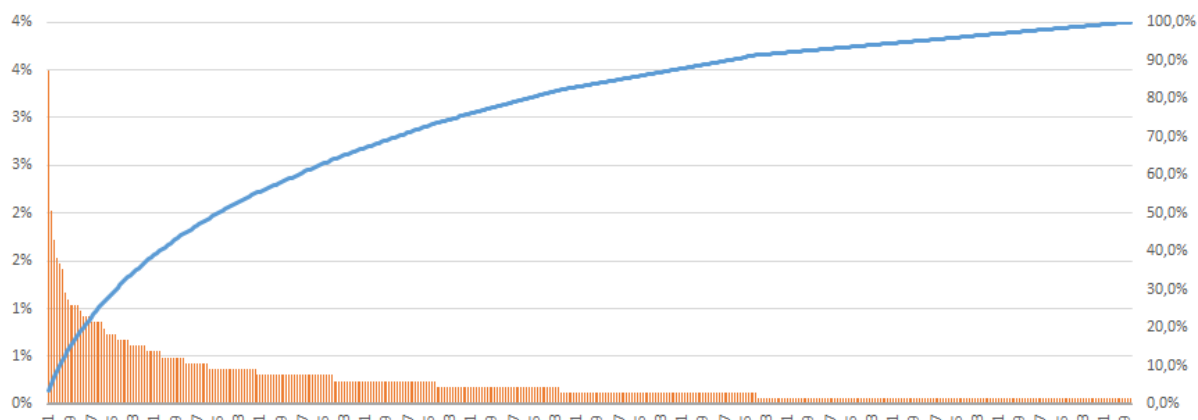


Figura 4 – Gráfico de Pareto para ocorrências de vazamento totais no SAA de Macaíba de janeiro/2016 a maio/2017

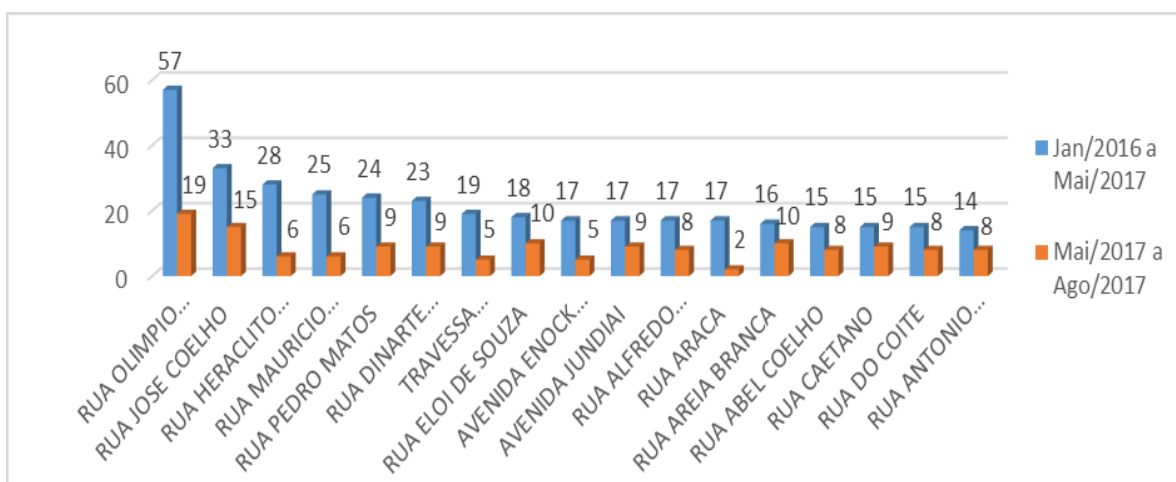


Figura 5 – Ruas selecionadas por ocorrências de vazamento totais no Diagrama de Pareto

Avaliando os vazamentos somente na rede de distribuição, algumas ruas se destacam como as mais problemáticas, de acordo com o Diagrama de Pareto (Tabela 7) (Figura 6). As Ruas Olímpio Maciel e José Coelho apresentam como sendo as mais impactadas, respectivamente com 28 e 15 ocorrências de vazamento, o que representa quase 11% da amostragem realizada. Dez ruas foram selecionadas como sendo as mais impactadas, com um total de 112 ocorrências (27,5%) conforme (Tabela 6) (Figura 7).

Tabela 7 – Diagrama de Pareto para ocorrências de vazamento na rede de distribuição no SAA de Macaíba de janeiro/2016 a maio/2017

Endereço	Ocorrências	Ocorrências acumuladas	% unitário	% acumulado
Rua Olímpio Maciel	28	28	6,9%	6,9%
Rua José Coelho	15	43	3,7%	10,6%
Rua Dinarte Mariz	10	53	2,5%	13,0%
Rua José Medeiros Damasceno	9	62	2,2%	15,2%
Rua Maurício Freire	9	71	2,2%	17,4%
Rua Prudente de Moraes	9	80	2,2%	19,7%
Rua Alfredo Mesquita	8	88	2,0%	21,6%
Rua Antônio Delmiro	8	96	2,0%	23,6%
Rua Pedro Matos	8	104	2,0%	25,6%
Tr. Olímpio Maciel	8	112	2,0%	27,5%

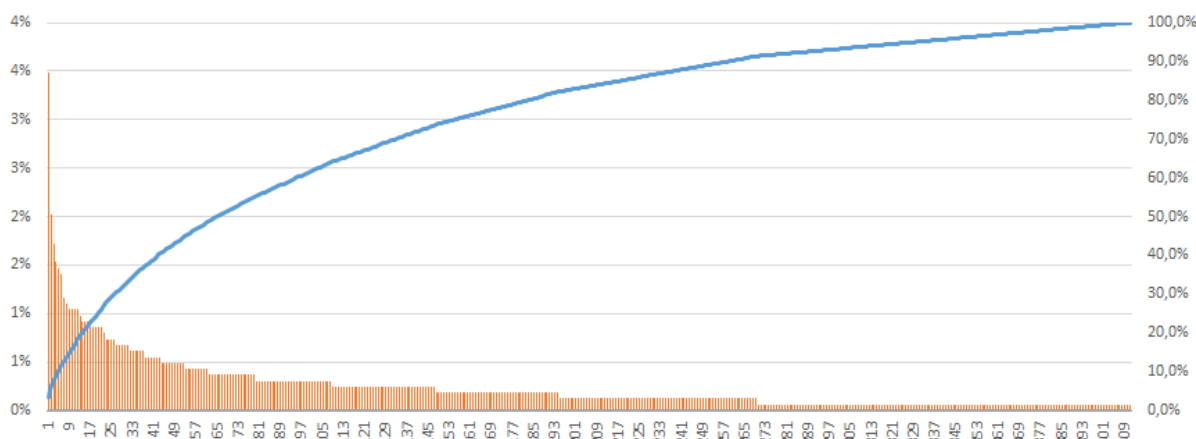


Figura 6 – Gráfico de Pareto para ocorrências de vazamento na rede de distribuição no SAA de Macaíba de janeiro/2016 a maio/2017

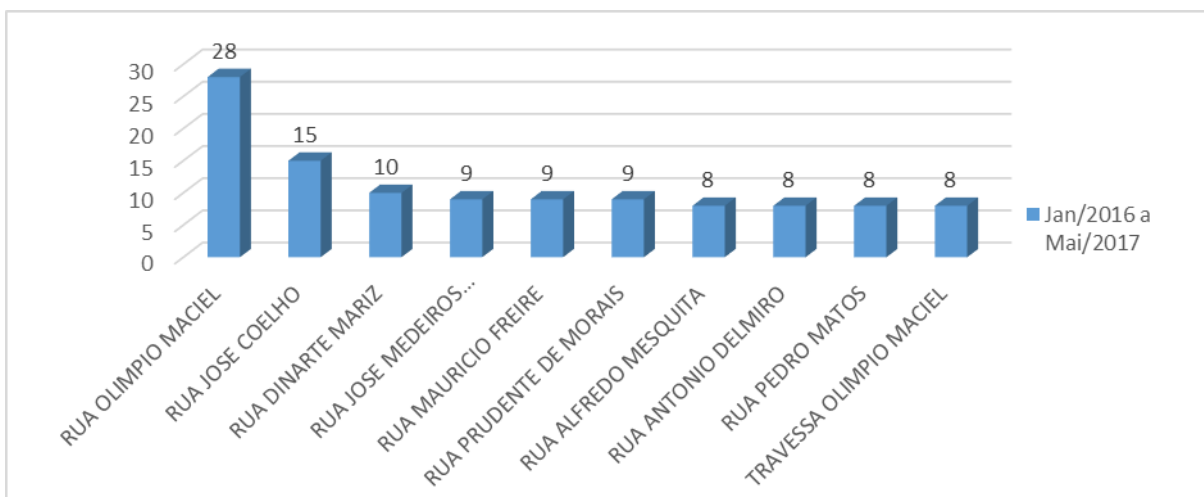


Figura 7 – Ruas selecionadas no Diagrama de Pareto para vazamentos na rede de distribuição no SAA de Macaíba

As Figuras 8 e 9 apresentam respectivamente o mapeamento realizado por mapas de incidência dos vazamentos por quantidade de ocorrências e dos vazamentos por tempo de parada, ou seja, o tempo total decorrido entre o registro da RA e o encerramento da OS com o vazamento reparado. Contudo, é possível identificar áreas onde a frequência do vazamento é maior e com um tempo de reparo menor, como também o contrário. Nos bairros do Centro e Campo da Santa Cruz, o mapa de incidência indica que o tempo de reparo dos vazamentos é mais acentuado do que a quantidade de ocorrência registrada. Já no bairro Lagoa das Pedras, e na divisa entre os bairros do Centro, Alfredo Mesquita e Campo das Mangueiras observa-se maior quantidade de ocorrências de vazamento com um menor tempo de reparo destes. No bairro de Campinas, não foi percebido divergência entre a quantidade de ocorrências e o tempo de reparo dos vazamentos. Em alguns bairros como Liberdade, Lagoa de Santo Antônio, Ferreiro Torto, Vilar e Augusto Severo o mapa de incidência mostra que as ocorrências foram menos expressivas em relação aos demais bairros apesar da grande quantidade de vazamentos como evidenciado na Figura 10.

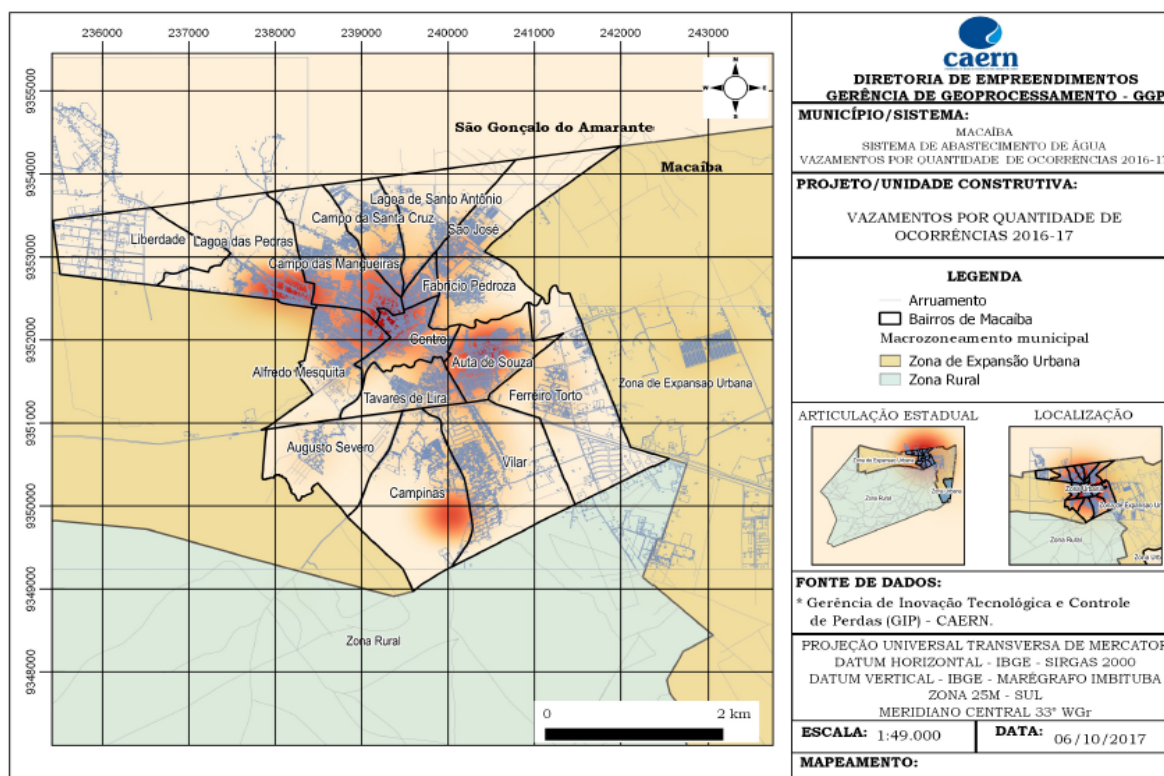


Figura 8 – Mapa de incidência de vazamentos por quantidade de ocorrências no SAA de Macaíba de janeiro/2016 a maio/2017

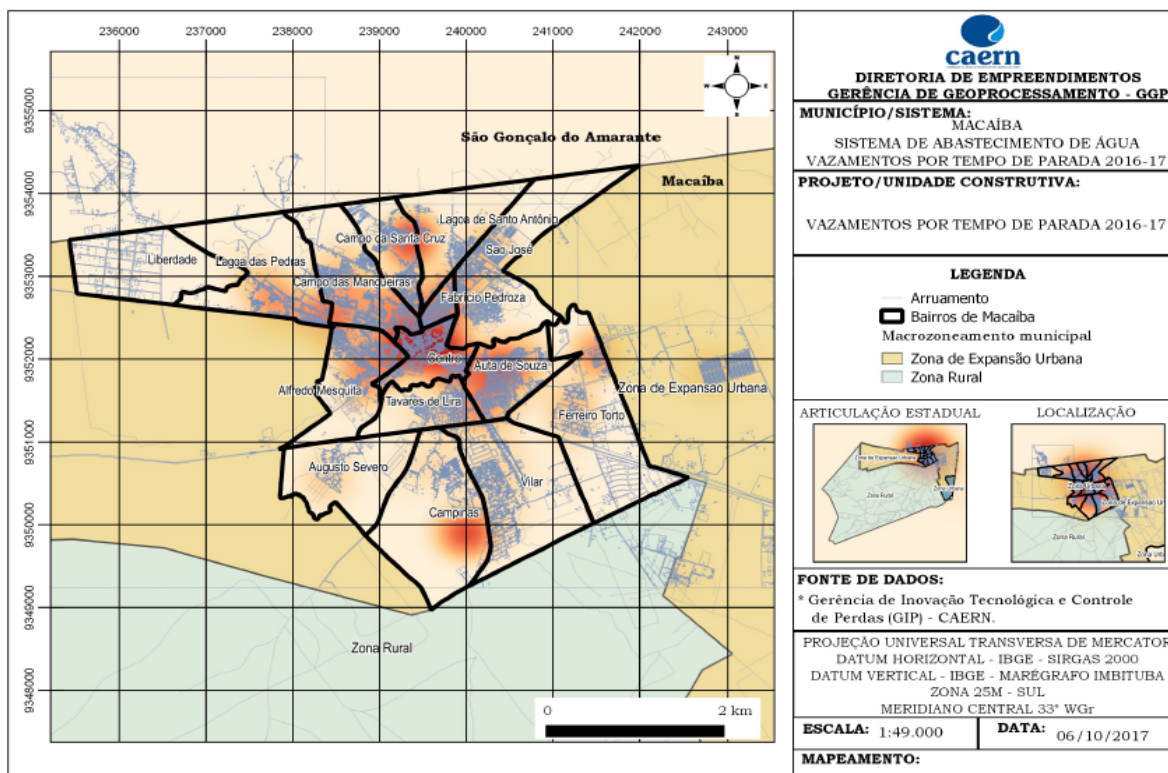


Figura 9 – Mapa de incidência de vazamentos por tempo de parada no SAA de Macaíba de janeiro/2016 a maio/2017

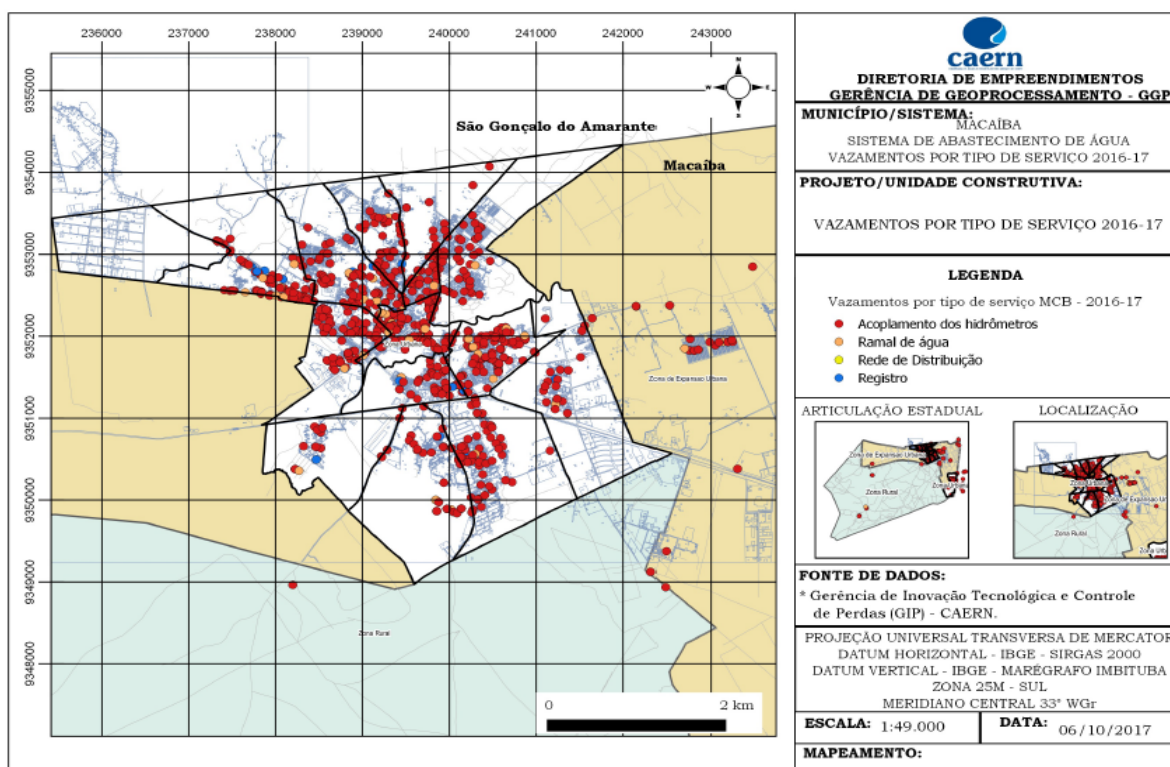


Figura 10 – Vazamentos por tipologia no SAA de Macaíba de janeiro/2016 a maio/2017

Com a realização do balanço hídrico, foi possível verificar o desempenho das perdas reais do SAA conforme os 04 indicadores propostos pelo IWA de acordo com a Tabela 2 e Tabela 8. O Índice de Vazamentos da infraestrutura (IVI), expresso também como IVIR ($L/ramal/d$), IVIRP ($L/ramal/d/mca$) e IVIRH (m^3/km rede/h) (AESBE,2015).

Tabela 8 – Indicadores de Performance de Perdas Reais no SAA de Macaíba

Indicadores	Melhor estimativa	Margem de erro [+/- %]	Limite inferior	Limite superior
IVI	8	5%	7	8
IVIR ($L/ramal/d$)	289	5%	276	302
IVIRP ($L/ramal/d/mca$)	8	5%	8	9
IVIRH (m^3/km rede/h)	1,07	5%	1,03	1,12

O resultado encontrado para o IVI igual a 8 e IVIR de 289 $L/ramal/d$ classifica o SAA de Macaíba na categoria de desempenho técnico como classe “B” conforme Tabela 7. Com isso, a matriz proposta pela IWA indica que o sistema apresenta potencial para melhorias significativas, devendo considerar o gerenciamento de pressão, melhores práticas de controle ativo de vazamentos e uma melhor manutenção da rede. Combater somente os vazamentos visíveis é assumir uma fragilidade operacional onde toda a logística de manutenção hidráulica da companhia centra-se apenas neste tipo de ocorrência. A gestão ativa de vazamento não é algo fácil de se realizar e são necessários equipamentos e equipes especializadas para sua detecção. A necessidade de realização deste trabalho no período noturno apresenta-se como uma dificuldade a mais devido a insegurança das equipes e ao patrimônio da empresa.

O IVI é um indicador bastante adequado para que a CAERN realize comparações entre sistemas diferentes, em condições de infraestrutura heterogêneas, sendo uma forma de prioridade para investimentos e adequações necessárias em seus SAA. Já o IVIR será útil para comparar o sistema com ele mesmo na realização de um novo balanço hídrico, para comparar sistemas diferentes, perde eficácia, pois não tem sensibilidade para pressão média. O IVIRP passa a ter sensibilidade para pressão média e é útil para comparar o sistema com ele mesmo em situações em que a pressão varia, ideal para um sistema setorizado, o que não é o caso do sistema estudado.

atualmente. Por fim, o indicador IVIRH é indicado em situações em que a densidade de ligações é inferior a 20 ligações/km rede, como acontece em sistemas rurais, podendo este ser utilizado futuramente na área rural ou de expansão urbana quando aplicado.

Com a estratificação das perdas hídricas, viu-se que as perdas aparentes representam 16% do total das perdas. Desses, 18% são oriundos do Consumo Não Autorizado, o qual pode ser minimizado com ações de fiscalização. Já os outros 82% são decorrentes da submedição dos hidrômetros, tendo expressivo impacto financeiro para a CAERN no que diz respeito às perdas aparentes. Para isso, a CAERN vem investindo na instalação e substituição de hidrômetros (Tabela 9) para que a idade do parque de hidrômetros se mantenha inferior a 5 anos, reduzindo assim o impacto da submedição e aumentando a arrecadação no sistema, o que poderá subsidiar maiores investimentos na área operacional.

Tabela 9 – Quantitativo da instalação e substituição de hidrômetros no SAA de Macaíba

Ano	Quantidade de Hidrômetros		
	Instalados	Substituídos	Total
2014	2.221	1.679	3.900
2015	1.635	302	1.937
2016	2.327	910	3.237
2017	1.524	1.152	2.676
Total	7.707	4.043	11.750

Apesar dos investimentos realizados com a instalação e substituição de hidrômetros conforme Tabela 9, a submedição evidenciada no período estudado foi de 16,61%, o que gera impactos financeiros significativos conforme Figura 11, chegando ao montante de R\$ 1.805.662,00. Para valorar este montante, foi utilizado o valor da tarifa média cobrada no período de R\$ 4,50/m³. Vale salientar que a instalação e substituição de hidrômetros deve considerar uma análise econômico-financeira eficiente que permita a CAERN manter seu parque de hidrômetros mais novo possível, desde que não comprometa o balanço econômico-financeiro. É recomendado a realização de estudo por SAA, e quando possível, por áreas diferenciadas de abastecimento com características socioeconômicas diferenciadas.

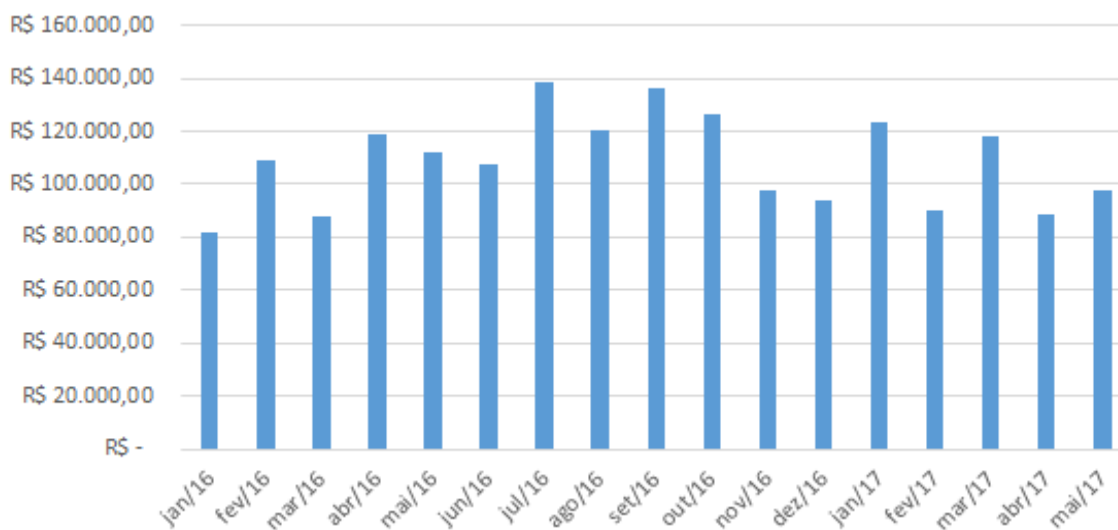


Figura 11 – Déficit financeiro com submedição no SAA de Macaíba de janeiro/2016 a maio/2017

A realização do balanço hídrico permitiu analisar o impacto financeiro das perdas reais, perdas aparentes e o consumo autorizado não faturado separadamente (Figura 12). Para valorar as perdas reais e o consumo autorizado não faturado foi considerado a tarifa do custo marginal da água que foi de R\$ 2,24/m³.

As perdas hídricas no SAA de Macaíba no período de janeiro/2016 a maio/2017 apresentaram um déficit financeiro para a CAERN na ordem de R\$ 6.830.654,00 conforme a Figura 12. Nas perdas reais, o déficit é de 60% desse montante, as perdas aparentes representaram 32% e o consumo autorizado não faturado com 8%. O impacto financeiro das perdas reais enfatiza a necessidade de melhoria na infraestrutura do sistema e no controle ativo dos vazamentos invisíveis. Nas perdas aparentes, a submedição dos hidrômetros é responsável pela maior parcela deste déficit financeiro, a CAERN já vem realizando novas instalações e substituições de hidrômetros, reduzindo a idade do parque de hidrômetros. Já para o consumo autorizado não faturado, a maior parcela de contribuição ocorre pelo esvaziamento da rede de distribuição para reparo, isso se dar pela quantidade elevada de vazamentos e a ausência de setorização que possa minimizar o impacto deste desperdício.

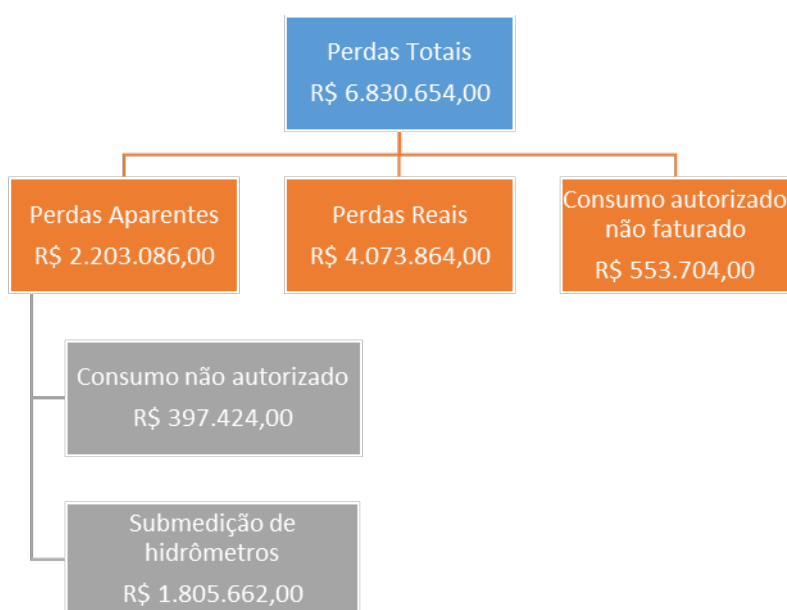


Figura 12 - Impacto financeiro das perdas hídricas no SAA de Macaíba de janeiro/2016 a maio/2017

CONCLUSÕES

A realização do balanço hídrico e a estratificação das perdas reais e perdas aparentes mostraram novas possibilidades para implementação de medidas mais assertivas no combate às perdas a partir do que foi evidenciado com o atual enquadramento do IVI do SAA de Macaíba.

Foi evidenciada uma relação direta da quantidade de vazamentos com as perdas hídricas no referido SAA. Através do mapeamento geográfico, identificou-se as principais áreas críticas e recorrentes desses vazamentos, visando priorizá-las na execução de ações efetivas no combate às perdas hídricas de forma sustentável, viável técnica e financeiramente.

A submedição do parque de hidrômetros apresenta-se como a variável mais impactante nas perdas aparentes. Constatou-se que o esforço para se manter o parque de hidrômetros com idade inferior a 5 anos é vantajoso para a CAERN.

O impacto financeiro provocado pelas perdas hídricas no sistema é significativo, sendo as perdas reais as mais impactantes. A busca por menores índices de perdas requer investimentos na melhoria da infraestrutura operacional, seja por automação do sistema, substituição de redes, melhores práticas operacionais e melhor

qualidade de materiais. Paralelo a isso, é necessário desenvolver ações de fiscalização e disseminar a cultura para o consumo consciente de água pela população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). **Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**: Diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate. Disponível em: <http://www.abes-sp.org.br/arquivos/perdas.pdf>. Acesso em: 18/07/2017. COSTA, E. R. H. Metodologia para o uso combinado de polímeros naturais como auxiliares de coagulação. XVII CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. 1993. Anais. Natal, RN, 1993.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS ESTADUAIS DE SANEAMENTO (AESBE). Brasília: AESBE, 2015. (Série Balanço Hídrico).
3. BEZERRA, F. **Vilfredo e o Diagrama de Pareto**. Disponível em: <http://www.portal-administracao.com/2014/04/diagrama-de-pareto-passo-a-passo.html>
4. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN). Gerência de Inovação Tecnológica e Controle de Perdas. **Relatório de Hidrômetros por Faixa de Idade**, Natal, 2017a.
5. _____. Gerência de Inovação Tecnológica e Controle de Perdas. **Relatório de Instalação e Substituição de Hidrômetro**, Natal, 2017b.
6. _____. Gerência de Inovação Tecnológica e Controle de Perdas. **Relatório de Perdas dos 40 maiores Sistemas de Abastecimento de Água da CAERN, 2017**. Rio Grande do Norte, 2017c.
7. _____. Gerência de Inovação Tecnológica e Controle de Perdas. **Esquema horizontal SAA Macaíba/RN, 2017**. Rio Grande do Norte, 2017d.
8. DEPEXE, M.; GASPARINI, R. R. Determinação de taxas anuais de redução da eficiência da medição de hidrômetros. In: ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, 23., 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo - SP: SABESP, 2012. 11 p.
9. LIEMBERGER, R. **WB Easy Calc**. Disponível em: <<http://www.liemberger.cc/>>. Acesso em: 10 jul. 2017.
10. FANNER, P. Determining a validated water balance in an unmeasured system and understanding unmeasured residential customer consumption. In: WATER LOSS 2009: CONFERENCE PROCEEDINGS, 2009, South Africa. **Anais...** Cape Town, 2009.
11. TARDELLI FILHO, J. Controle e redução de perdas. In: TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. cap. 10. p. 457-525
12. VICENTINI, L.P. **Componentes do balanço hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água**. 2012. 196 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, São Paulo. 2012.