Perdas de Água no Saneamento – Desafios dos Impactos Econômicos, Ambientais e Sociais

Robson Fontes da Costa [1]
Doutorando em Administração e Sustentabilidade (FEI/SP), Mestre em Tecnologias Ambientais pelo Centro Paula Souza (CPS/SP), Engenheiro Civil pela Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL/SP), Engenheiro Sanitarista pela Faculdade de Saúde Pública de São Paulo (FSP/USP), Engenheiro Projetista de Válvulas Indústrias pela Faculdade de Mecatrônica da Politécnica de São Paulo (POLI/USP), Engenheiro de Segurança do Trabalho (ESTÁCIO/SP) e Tecnólogo em Obras Hidráulicas (FATEC/SP).

Endereço [1]**:** FATEC/SP**:** Av. Tiradentes, 615 - Bom Retiro, São Paulo - SP, CEP - 01101-010 - Brasil - Tel.: +55(11) 3324 3434 - e-mail: robson.costa@cps.sp.gov.br

RESUMO

A escassez de água no mundo é agravada em virtude da desigualdade social e da falta de manejo e usos sustentáveis dos recursos naturais, além disso o avanço das mudanças climáticas tem agravado as reservas urbanas das grandes metrópoles pelo mudo. Desta forma, as perdas de água representam grandes desafios para as prestadoras de serviço. Por isso, nas últimas décadas, a gestão de perdas de água passou por uma grande evolução, que se disseminou, com metodologias de controle de ações aplicadas ao controle dos volumes de água perdidos por vazamento e problemas da infraestrutura e as fraudes em ligações, a gestão do nível econômico de perdas, aceitável a sua operação financeira, com foco apenas em indicadores técnicos. Por meio de uma revisão da literatura, este artigo tem como objetivo apresentar a problemática da gestão de perdas de água em sistemas de abastecimento, através de uma revisão sistemática de artigos, que após análise refletem que as metodologias aplicadas impactam, apenas em gestões técnicas e econômicas, não apresentando indicadores sociais e ambientais, através da proposta de um conjunto de categorias analíticas.

PALAVRAS-CHAVE: Perdas de Água. Gestão de Perdas de Água, Gestão Ambiental e Social de Perdas de Água.

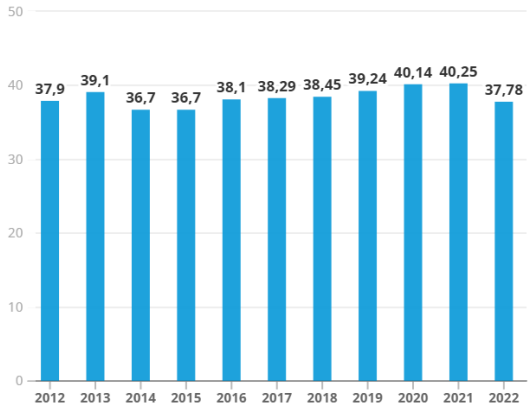
INTRODUÇÃO

A utilização dos recursos hídricos e o atual estado das redes urbanas de distribuição de água existentes ainda não condizem plenamente com os conceitos de uma gestão de sustentabilidade. A preocupação pela manutenção de recursos ambientais não era relevante, apenas a sua exploração desenfreada, impulsionada por uma crescente onda de consumo e geração de serviços (T. MARK HARRISON, 2021).

A diferença da gestão das condições de operação: principalmente o envelhecimento das infraestruturas, o crescimento populacional, o aumento da urbanização, mas também os fatores mais recentes das alterações climáticas, políticas de uso e cobrança da água e da poluição ambiental, afetam os recursos hídricos aumentando o risco de fornecimento insuficiente de água em quantidade e com qualidade inadequada a população.

Tendo em vista que o nível de perdas de água é considerado o indicador mais relevante da ineficiência econômica, social e ambiental dos sistemas de distribuição, as medições do volume de perdas apresentam-se como uma ferramenta indispensável para avaliar se as ações de operação e manutenção do sistema de água estão sendo bem conduzidas (Hernández-Sancho et al., 2012; Vilanova; Magalhães Filho; Balestieri, 2015; Tardelli Filho, 2016). O gráfico 01 apresenta os indicadores de perdas no Brasil, até 2022.

Gráfico 01 – Índice de Perdas Totais de Água em percentual - Brasil



Fonte: SNIS (BRASIL, 2025).

Portanto, as perdas de água impactam de maneira negativa, não só ao prestador de serviços que opera o sistema, mas também à sociedade e ao meio ambiente e estão diretamente associadas à eficiência de operação dos Sistemas de Distribuição de Água. Quanto menor for o volume de água perdido, menor será o custo da operação desse sistema. E esse resultado é repassado ao usuário do serviço, através da cobrança da tarifa pela água consumida, uma vez que, o volume referente as perdas, está contabilizado nos estudos tarifários realizados pelo prestador de serviços. De acordo com Tardelli (2016), as perdas de água não se apresentam apenas como um problema técnico e econômico, restrito à esfera de atuação de uma operadora local ou regional. A questão tem implicações mais amplas, com repercussões significativas em diversos aspectos, como político, econômico, social, tecnológico, legal e ambiental.

Com a crescente procura de água presente e futura, é urgente otimizar os recursos hídricos, a sua atribuição, a integração com o ordenamento do território e uma abordagem de gestão integrada da água ofertada e demandada. A água é um recurso vital necessário para a sobrevivência dos seres humanos, sendo, especialmente que nas áreas urbanas, tem emergido como um problema global devido ao crescimento populacional, à urbanização e às más práticas de gestão. Muitos países da África, da América do Sul e do Oriente Médio sofrem regularmente com a escassez de água, (CHEN et al. 2011, 2020).

As mudanças climáticas, a urbanização desenfreada, a poluição, a má gestão dos recursos hídricos, o mau planejamento e o envelhecimento da infraestrutura hídrica são fatores que vem contribuindo para a crise hídrica urbana (MOLLE et al. 2018).

A governança da água surge neste contexto, como abordagem que permite analisar e aperfeiçoar um modelo de gestão, em direção a uma maior sustentabilidade, tendo como objeto de estudo e de intervenção os processos decisórios. Estudos sugerem que falhas da governança, que ocorrem em múltiplos níveis da administração, estão na origem de boa parte dos problemas relacionados à água que ameaçam a segurança hídrica *Pahl-Wost*, (2017). Ocorre que boa parte dos municípios brasileiros, considerados de pequeno e médio porte, possuem estruturas administrativas que não são suficientemente desenvolvidas para dar conta da complexidade de suas atribuições, nem contexto técnico e de dados para sua gestão. Observa-se que uma assimetria política, jurídica e financeira dos municípios em relação à União e aos estados inviabiliza, em muitos casos, a implementação efetiva das políticas públicas de âmbito local (GRIN & ABRÚCIO, 2019). Além disso, a concepção de que a escala mais apropriada para a gestão dos recursos hídricos é a bacia hidrográfica, quase uma unanimidade na área especializada e no senso comum, se reflete na Agência Nacional da Água (ANA, 2017).

Uma das discussões que não são aprofundadas na literatura, se refere aos conceitos de gestão de perdas nos impactos que geram aos reservatórios de água de suas Bacias Hidrográficas. Há um considerável potencial de redução sob o ponto de vista dos volumes captados de água bruta dos mananciais das diversas Bacias Hidrográficas, pois metros cúbicos de água bruta captados, não seriam necessários se as metas dos índices de perdas de água tivessem sido atingidas. Tal situação, exibe a grande vantagem em combater perdas em tempos de escassez hídrica e mudanças climáticas.

Dado os desafios crescentes de disponibilidade hídrica, a questão das perdas nos sistemas de água (especialmente as perdas reais) que está inserida no problema e faz parte do conjunto de ações para mitigar os déficits do suprimento de água, com obras ou serviços emergenciais, campanhas para a redução do consumo, penalizações nos casos de consumos abusivos e intensificação do reuso. Nesse contexto, precisamos discutir quais são os principais fatores para uma gestão de recursos hídricos que favoreçam a redução de perdas nos processos de distribuição e como as empresas brasileiras de saneamento estão introduzindo medidas de gestão para a redução de perdas dos recursos hídricos nos processos de distribuição favorecendo o melhor desempenho econômico, ambiental e social.

OBJETIVO

Nesse contexto, o principal objetivo deste trabalho é apresentar a discussão um conjunto de procedimentos de gestão voltado para a redução e de perdas de água nos processos de distribuição e avaliar como as empresas de saneamento brasileiras estão integrando estas ações em sua gestão e a falta de indicadores e metodologias associadas a gestão ambiental e social das perdas de água em sistemas de abastecimento.

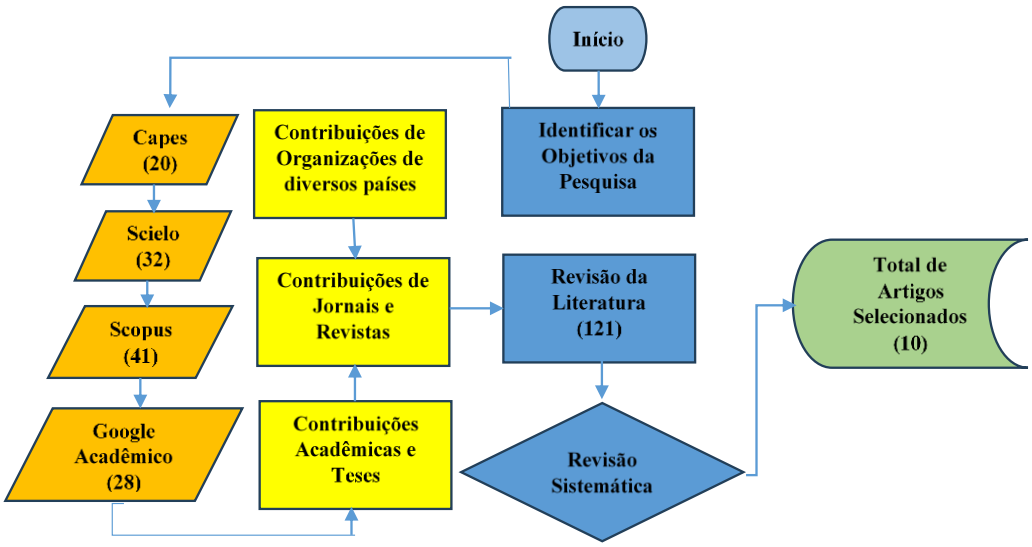
METODOLOGIA UTILIZADA

O presente artigo possui uma abordagem quantitativa para identificação de contribuições e conexões entre as palavras-chave que compõem a pesquisa. Os dados coletados foram analisados por meio da aplicação de métodos quantitativos exploratórios. Para a seleção da literatura, foi utilizado o método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis) (MOHER et al., 2010).

Com a finalidade de encontrar trabalhos relacionados ao tema, gestão de perdas de água e pelo nível econômico de perdas, foram realizadas pesquisas nas bases de dados de obras acadêmicas nos sistemas Scopus, Scielo, Capes e Google Acadêmico, por trabalhos publicados contendo as palavras correlatas “water loss”, “water loss management”, “water supply”, “water distribution” e “economic level of loss”. Estes termos foram utilizados pelo fato de abrangerem artigos provenientes de diversas outras bases de dados e por se tratar de bases internacionais.

Destas pesquisas foram elencadas um total de 121 artigos que foram encontrados nas bases de dados a partir dos filtros empregados, apresentados na Figura 1. A revisão sistemática da literatura é um estudo que tem como objetivo reunir materiais semelhantes de vários autores e realizar uma análise dos conteúdos, o que resultou em 10 artigos selecionados.

Figura 1 – Fluxograma da seleção de artigos para análise revisão sistemática.



Fonte: autor, 2024.

Após análise da revisão sistemática dos mesmos, foi possível a elaboração de um breve resumo, dos artigos, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Artigos, Teses e Produções Cientificas pesquisadas

Autor / Ano	Título Traduzido / Título Original	Resumo
Firat M., Ateş A., Yılmaz S., Özdemir Ö. (2022)	Análise econômica e nível de vazamento econômico na gestão de perdas de água e caminhos para avaliação futura: uma revisão *Economic Analysis and Economic Leakage Level in Water Loss Management and Paths for Future Evaluation: A Review*	Os autores discutiram o aspecto econômico dos métodos e ferramentas de gerenciamento de perdas de água, como cálculo de NEP, DMC, controle passivo de vazamento e manutenção de rede, controle ativo de vazamento, gerenciamento de pressão, gerenciamento de ativos e renovação de rede, sistemas de automação para monitoramento e bancos de dados.
Wyatt, S. A (2022)	Água não faturada: modelo financeiro ideal. Gestão em países em desenvolvimento Non-Revenue Water: Financial Model for Optimal. Management in Developing Countries	Este artigo apresenta um modelo financeiro que aborda as limitações mencionadas acima e fornece valores aceitavelmente precisos de NRW ideal em estado estacionário, sem a necessidade de grande coleta de dados esforços. O modelo utiliza uma estrutura NRW adaptada do Balanço Hídrico da IWA e do Burst and Estimativas de Antecedentes (BABE) e metodologias Ecooleak.
Al-Washali T.M., Elkhider M.E., Sharma S.K., Kennedy M.D. (2020)	Uma revisão das ferramentas de software de avaliação de água sem fins lucrativos A review of nonrevenue water assessment software tools	Os autores elaboraram uma relação de 12 (doze) ferramentas disponíveis gratuitamente para o estabelecimento do balanço hídrico, avaliação de desempenho de perda de receita de água e planejamento e redução de perda de receita água.
Arregui F.J., Cobacho R., Soriano J., Jimenez-Redal R. (2018)	Proposta de cálculo do nível econômico de perdas aparentes (ELAL) em um sistema de abastecimento de água Calculation proposal for the economic level of apparent losses (ELAL) in a water supply system	Os autores descreveram uma metodologia simplificada para avaliar o nível econômico de perdas aparentes em uma concessionária de água. Para o cálculo, os autores subdividiram cada componente de perda aparente em duas categorias adicionais, perdas aparentes independentes da intervenção e perdas aparentes dependentes da intervenção.
Barbosa (2021)	Avaliação de metodologias de nível econômico de perdas.	O autor analisou 05 (cinco) metodologias de NEP com o objetivo de definir se são aplicáveis ao Brasil e se, para isso, necessitariam de ajustes.
Tardelli (2016)	Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água	O autor apresenta as principais ações de combate as perdas reais, como controle ativo de vazamentos, controle de pressão, pesquisa de vazamento e infraestrutura e ações de combate as perdas reais como troca de hidrômetros e combate às fraudes.

Dighade, Kadu e Pande, (2014)	Gestão de Perda de Água Baseada no Desempenho para Gweru, Zimbábue Performance Based Water Loss Management for Gweru, Zimbabwe	Os autores apresentam as diferentes empresas de abastecimento de água que utilizam diferentes indicadores de desempenho para avaliar o seu desempenho. Embora estes indicadores sejam peculiares a situações particulares, é fundamental que cada indicador seja aplicado de forma consistente entre as empresas de serviços públicos, pois isto é bom para efeitos de benchmarking. Além de estarem bem documentados, os indicadores de desempenho não foram bem revistos na perspectiva dos países em desenvolvimento. Portanto, este artigo revisou indicadores de desempenho para gestão de perdas físicas de água.
Mutikanga Sharma e Vairamoorthy, (2009)	Gestão de perdas de água em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas Water loss management in developing countries: Challenges and prospec	Os autores apresentam o problema enfrentado por todas as concessionárias de água, mas é exacerbado em países em desenvolvimento.
Pearson; Trow, (2005)	Calculando Níveis Econômicos de Vazamento Calculating Economic Levels of Leakage	Apresenta diretrizes para determinar o nível econômico para as quatro principais atividades de controle de perdas reais: controle de pressão, controle de vazamentos, velocidade e qualidade de reparos e melhora na infraestrutura.
Lambert (2000)	O Balanço Hídrico e os Indicadores de Desempenho na Publicação da IWA 'Indicadores de Desempenho para Abastecimento de Água" The Water Balance and Performance Indicators in the IWA Publication 'Performance Indicators for Water Supply"	O autor concentra em 27 anos de sua carreira em treinamento e consultoria em gerenciamento de vazamentos internacionais. Ele presidiu a primeira Força-Tarefa de Perdas de Água da *International Water Association* de 1995 a 2000, que produziu o *IWA International Water Balance* e novos indicadores-chave de desempenho, incluindo Perdas Reais Anuais Inevitáveis (UARL) e o *Infrastructure Leakage Index* (ILI), todos os três agora reconhecidos como melhores práticas internacionais

Fonte: autor, 2024.

RESULTADOS OBTIDOS

Após a separação dos artigos usados como base teórica foi realizado a leitura detalhada dos artigos para então desenvolver a separação por categorias analíticas. Os dados foram analisados qualitativamente, utilizando técnicas de análise de conteúdo, resultando na categorização de quatro áreas principais: gestão de ações de controle de perdas, gestão econômica de perdas, gestão ambiental de perdas e gestão social das perdas. Cada categoria foi examinada para identificar padrões e tendências relevantes. Além disso, foram realizadas análises comparativas entre os diferentes autores e contextos para entender as variáveis e conceitos que influenciam a gestão de perdas de água nos sistemas de abastecimento, conforme apresentado no Quadro 02.

Quadro 02 – Resumo das categorias por autores pesquisados.

Categoria	Resumo	Autores
Gestão de Ações de Combate as Perdas	Dentre as ações de combate as perdas destacas as ações de perdas reais com quatro principais atividades: controle de pressão, controle de vazamento ativo, qualidade e velocidade de reparos e melhoras na infraestrutura. Mencionam a implantação de DMC e controles de VMN e FND, para a determinação do UARL. Já nas perdas aparentes, destacam as ações: intervenções fraudulentas, desatualização cadastral, parque de hidrômetros com idade ultrapassada, falta de calibração/manutenção, erros ou falta de medição.	LAMBERT (2000); PEARSON E TROW (2005); MUTIKANGA SHARMA E VAIRAMOORTHY, (2009); TARDELLI (2016); DIGHADE, KADU E PANDE, (2014); ARREGUI F.J., COBACHO R., SORIANO J., JIMENEZ-REDAL R. (2018).
Gestão Econômica de Perdas	Avaliam as metodologias de custos de energia, produtos químicos para tratamento da água, necessidade de expansão do sistema produtor e valores de venda, através do Nível Econômico de Perdas (NEP), porém informam que sua aplicação em países em desenvolvimento ainda necessita de mais pesquisa.	FIRAT M., ATEŞ A., YILMAZ S., ÖZDEMIR Ö. (2022); WYATT, S. A (2022); AL-WASHALI T.M., ELKHIDER M.E., SHARMA S.K., KENNEDY M.D. (2020); ARREGUI F.J., COBACHO R., SORIANO J., JIMENEZ-REDAL R. (2018); BARBOSA (2021); TARDELLI (2016); DIGHADE, KADU E PANDE, (2014); MUTIKANGA SHARMA E VAIRAMOORTHY, (2009); PEARSON; TROW, (2005).
Gestão Ambiental de Perdas	Avaliam como a demanda por recursos hídricos é influenciada pelas perdas de água nos sistemas de água, porém o modelo apresentado não tem capacidade de informar ao analista se é melhor reduzir as perdas ou expandir o sistema, causando impactos ambientais. O foco é apenas em indicadores econômicos e não apresentam preocupação com os impactos ambientais.	KENNEDY M.D. 2020; BARBOSA (2021); FIRAT M. (2022); WYATT (2022); AL-WASHALI T.M., ELKHIDER M.E., SHARMA S.K. (2020).
Gestão Social das Perdas	Avaliam apenas aspectos técnicos voltados aos problemas decorrentes dos vazamentos, contaminação e interrupção do fornecimento e das fraudes que dependem de características sociais. Apenas um autor menciona a legislação em favor a fatores socioambientais. Nenhum dos autores pesquisados destaca, ações de gestão ou mesmos mencionam indicadores sociais, atrelados a questões dos impactos sociais relacionadas as perdas de água.	ARREGUI F.J., COBACHO R., SORIANO J., JIMENEZ-REDAL R. (2018); BARBOSA (2021); LAMBERT (2000); TARDELLI (2016).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a separação dos artigos usados como base teórica foi realizado a leitura detalhada dos artigos para então desenvolver a separação por categorias analíticas. Os dados foram analisados qualitativamente, utilizando técnicas

de análise de conteúdo, resultando na categorização de quatro áreas principais: gestão de ações de controle de perdas, gestão econômica de perdas, gestão ambiental de perdas e gestão social das perdas. Cada categoria foi examinada para identificar padrões e tendências relevantes. Além disso, foram realizadas análises comparativas entre os diferentes autores e contextos para entender as variáveis e conceitos que influenciam a gestão de perdas de água nos sistemas de abastecimento.

Gestão de Ações de Controle de Perdas

Conforme, Lambert (2000) define as perdas de água como a diferença entre o volume de entrada no sistema de abastecimento e o volume consumido autorizado dividindo as perdas em reais e aparentes. Esses conceitos, segundo Lambert (2000) são aplicados para as quatro principais atividades de controle de perdas reais, que são controle de pressão, controle de vazamento ativo, qualidade e velocidade de reparos e melhoras na infraestrutura. Essas atividades também são descritas por Pearson e Trow (2005), que apresentam que essas quatro ações devem ser realizadas para que se possa reduzir as perdas reais, de forma a atingir o UARL (Unavoidable Annual Real Losses), que são as perdas reais anuais inevitáveis. O UARL é resultado de uma fórmula teórica, e define o mínimo de perda real que seria possível de atingir, se a operação de distribuição de água não tivesse restrições de recursos e empregasse as melhores tecnologias no controle de perdas, conforme análise de Mutikanga Sharma e Vairamoorthy, (2009).

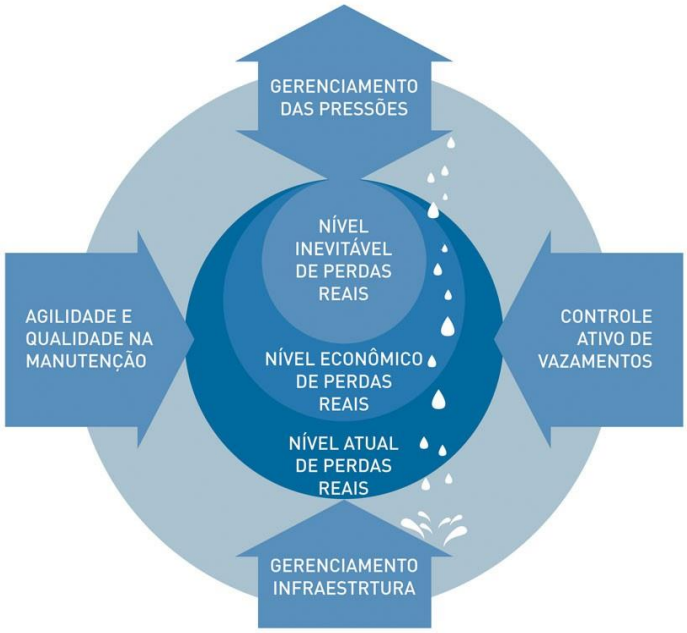
Posteriormente, Pearson, (2019), estabeleceu que há três formas de avaliação do nível econômico de perdas reais:

- Nível econômico de curto prazo (Short Run Economic Level of Leakage – SRELL): caracterizado pelas atividades de curto prazo para o controle de perdas, como a rapidez e qualidade dos reparos e o controle ativo dos vazamentos (PEARSON e TROW, 2005);
- Nível econômico de longo prazo (Long Run Economic Level of Leakage – LRELL): além das atividades de curto prazo, envolve as atividades de longo prazo, como setorização, controle de pressão, monitoramento e adequação e renovação da infraestrutura de água (PEARSON e TROW, 2005);
- Nível econômico sustentável (Sustainable Economic Leakage Level – SELL): além das atividades de curto e longo prazos, considera aspectos externos, como os custos sociais e ambientais (European Commission, 2015).

Já, Lambert (2000) ainda constatou que o controle de pressão possibilita reduzir o volume perdido em vazamentos, economizando recursos de água e custos associados; reduzir a frequência de arrebentamentos de tubulações e consequentes danos que têm reparos onerosos, minimizando também as interrupções de fornecimento e os perigos causados ao público usuário de ruas e estradas; prover ao consumidor um serviço com pressões mais estabilizadas, diminuindo a ocorrência de danos às instalações internas dos usuários até a caixa d'água (tubulações, registros e boias), e reduzir os consumos relacionados com as altas pressões da rede. Nesse sentido, Tardelli (2016), indica que reduzir essas perdas é uma das atividades que vai além de oferecer retorno financeiro imediato. Ela também otimiza a operação dos sistemas, aumenta a capacidade de atendimento e posterga o início de novas obras.

Dighade, Kadu e Pande, (2014), são alguns dos autores que abordam a determinação de perdas em distritos de medição e controle (DMC) a partir das vazões mínimas noturnas (VMN) pelo método bottom-up, com desconto dos consumos e vazamentos noturnos dos consumidores, e uso do Fator Noite-Dia (FND) para ajustar a influência exercida pela pressão nas diferentes horas do dia. A Figura 02, apresenta o resumo das ações de combate as perdas reais até seu nível inevitável de perdas.

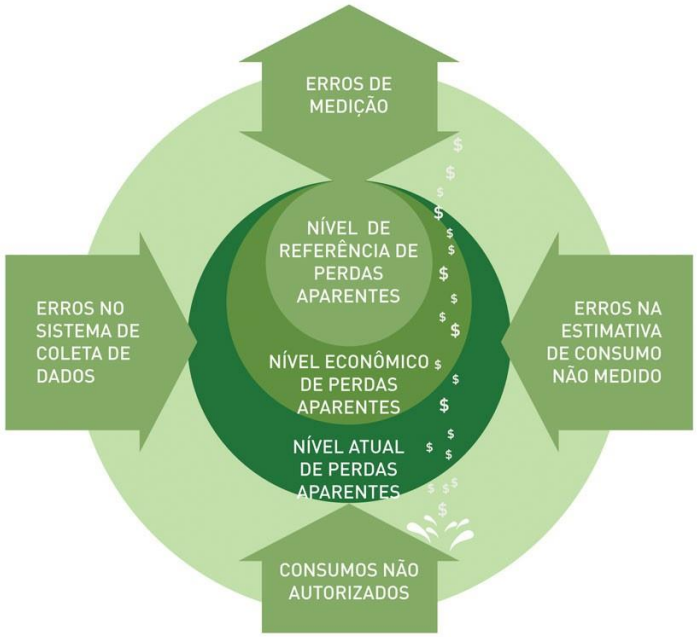
Figura 02 – Ações de Combate as Perdas Reais.



Fonte: ABES, (2015).

Segundo Arregui F.J., Cobacho R., Soriano J., Jimenez-Redal R. (2018) as ações de controle de perdas aparentes são de grande preocupação, uma vez que são as mais difíceis de serem controladas e estão relacionadas a medidas sociais e administrativas: intervenções fraudulentas, desatualização cadastral, parque de hidrômetros com idade ultrapassada, falta de calibração/manutenção, erros ou falta de medição (LAMBERT, 2000; MUTIKANGA, 2009; TARDELLI, 2016). Essas são situações comuns entre as empresas de saneamento, principalmente em países em desenvolvimento (MUTIKANGA, 2009). A Figura 03 apresenta as ações de combate as perdas aparentes até seu nível inevitável.

Figura 03 – Ações de Combate as Perdas Aparentes.



Fonte: ABES, (2015).

Nesta perspectiva, e considerando a importância da avaliação do desempenho no controle de ações de perdas, Mutikanga Sharma e Vairamoorthy (2009) e Dighade, Kadu e Pande (2014), exprimem ainda que o desenvolvimento de indicadores de desempenho adequados, que atendam as particularidades dos países, deva ser priorizado. Segundo Mutikanga Sharma e Vairamoorthy (2009) informam que os indicadores propostos pela International Water Association (IWA), recomendados como de uso global, não são diretamente aplicáveis a este cenário, uma vez que foram elaborados com foco em países desenvolvidos, com alta capacidade técnica, requerendo dados detalhados de difícil e custosa obtenção em países em desenvolvimento.

Gestão Econômica de Perdas

De acordo com Tardelli (2016), as perdas de água não se apresentam apenas como um problema técnico e econômico, restrito à esfera de atuação de uma operadora local ou regional. A questão tem implicações mais amplas, com repercussões significativas em diversos aspectos, como político, econômico, social, tecnológico, legal e ambiental.

Para Dighade, Kadu e Pande, as perdas reais (também conhecidas como físicas) interferem nos custos de produção (custos de energia, produtos químicos para tratamento da água, necessidade de expansão do sistema produtor etc.), enquanto as perdas aparentes (também conhecidas como não físicas ou comerciais) se relacionam com os valores de venda, interferindo na receita tarifária. Para a avaliação do desempenho no controle de perdas das concessionárias de saneamento, os indicadores são mecanismos essenciais. Segundo Barbosa (2021) entende que os indicadores são recursos relevantes para as funções centrais das concessionárias.

Wyatt (2022) alerta para o risco de indução a conclusões equivocadas que a representação das perdas por meio da porcentagem de entrada de água no sistema pode causar, pois questões que provoquem a mudança nos níveis de consumo da população também alteram os percentuais de perdas, uma vez que, em tese, as variações de consumo são refletidas na produção, sendo as perdas as mesmas. Segundo Wyatt (2022), tal fenômeno motivou a International Water Association (IWA), a abandonar a referência percentual para a representação de perdas, passando a recomendar outras unidades de medição, como L/ligação/dia.

Em relação à comparação nas perdas de água entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento, Wyatt (2022) adverte que quase toda a água consumida é faturada nos países desenvolvidos, o que não ocorre na maioria dos países em desenvolvimento, que acabam registrando altos índices de perdas aparentes. Além disso, com frequência os tomadores de decisão de países em desenvolvimento lidam com o abastecimento de água inadequado investindo em novas plantas de produção de água.

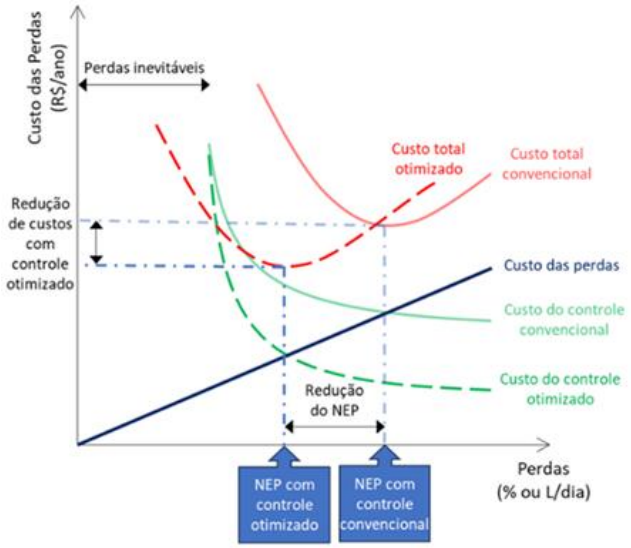
Barbosa (2021) analisou 05 (cinco) metodologias do nível econômico de perdas (NEP) com o objetivo de definir se são aplicáveis ao Brasil e se, para isso, necessitariam de ajustes. As metodologias avaliadas foram as de perdas reais de Pearson e Trow (2005), de perdas aparentes e reais de Firat M., Ateş A., Yılmaz S., Özdemir Ö. (2022), de perdas aparentes de Al-Washali T.M., Elkhider M.E., Sharma S.K., Kennedy M.D. (2020) e de perdas aparentes e reais de Mutikanga Sharma e Vairamoorthy, (2009). Segundo Barbosa (2021), a curva de custo futuro da expansão prevista no modelo de Wyatt (2022) pode influenciar negativamente nas estratégias que serão traçadas para o controle de perdas após o cálculo do NEP. Assim, orienta que seja verificado se o NEP calculado influenciará na prática as decisões para futuras expansões no sistema em cada situação, pois, caso contrário, o cálculo deve ser adaptado para afastar interpretações equivocadas dos resultados obtidos, pois o modelo "não tem capacidade de informar ao analista se é melhor reduzir as perdas ou expandir o sistema" (BARBOSA, 2021, p. 63).

Sharma (2009) estima que o NEP utilizando dados (2011-2016) dos serviços de água da cidade de Malang, Indonésia, por meio de quatro métodos diferentes: o método do custo total, o método do custo marginal, o método cumulativo de custo-benefício e o método baseados em componentes. Dentre as ferramentas relacionadas, os autores abordaram o software EconoLeak, que estima o volume total do vazamento, perdas inerentes e seus custos, Wyatt (2022). Também agrega o custo de redução de vazamento em termos de custo de sondagem, custo de correlação de vazamento, custo de vazão mínima noturna, custo de reparo e, finalmente, custo de administração e supervisão. Uma análise simples de custo-benefício permite gerar a curva do nível econômico de perdas de curto prazo ou a detecção de vazamento econômico.

Conforme Firat M., Ateş A., Yılmaz S., Özdemir Ö. (2022) a revisão da literatura sobre o tema foi importante para o desenvolvimento da metodologia econômica das perdas, pois apresentou diversas iniciativas de NEP em vários países do mundo. Ainda assim, a carência de informações relativas à preparação de dados para aplicação do NEP, de

métodos complementares selecionados para a construção dos dados necessários aos cálculos do NEP e mesmo avaliações críticas relativas ao proposto pelas técnicas de NEP empregadas, demonstram a necessidade de mais pesquisas relacionadas a esta metodologia. A Figura 04, apresenta as ações necessárias à obtenção do NEP e o gráfico 02 os indicadores de nível econômico de perdas.

Gráfico 02 – Nível Econômico de Perdas



Fonte: Trata Brasil (2024).

Figura 04 – Ações para implantação do Nível Econômico de Perdas (NEP)



Fonte: Wyatt, (2021).

Porém cabe ressaltar que há a necessidade de aprimoramento para uma boa gestão econômica e de combate as perdas devido a:

- Gestão dos diferentes tipos de concessões atuais e regularidade de contratos;
- Tamanho continental do Brasil;
- Desconhecimento e falta de investimento de ações de combate a perdas;
- Nível de aplicação das ações por tipo de sistema de distribuição;
- Confiança e gestão dos indicadores de perdas (SNIS).

Gestão Ambiental de Perdas

No contexto ambiental, as perdas de água representam um desperdício dos recursos hídricos, o que pressiona os corpos de água diante da crescente demanda exigida pelos padrões atuais de consumo, o que implica em riscos ao equilíbrio dos ecossistemas locais (KENNEDY M.D. 2020).

Segundo Barbosa (2021) além de contribuir para a otimização financeira das operações, com a redução de perdas de água, as prestadoras contribuirão para a preservação de recursos hídricos, o que irá auxiliar os países a atingir alguns objetivos de sustentabilidade definidos pela ONU (Organização das Nações Unidas) em 2030, sendo eles: água potável e saneamento, cidades e comunidades sustentáveis e produção e consumo sustentáveis.

Foi proposto por Firat M. (2022) melhorias que podem ser levadas em consideração no cálculo dos níveis econômicos de perdas (NEP), visando melhores resultados na temática ambiental, que não constam nos estudos apresentados. Para perdas reais, é recomendado considerações externas ao aplicar a metodologia de Wyatt (2022) quando for tratada questões relacionadas a expansões futuras. Deve ser avaliado se a mesma ocorrerá independente de qualquer intervenção que possa ser feita para que o cálculo seja realizado de forma a não implicar em interpretações equivocadas dos resultados, ocasionado em delimitações de estratégias erradas. O modelo não tem capacidade de informar ao analista se é melhor reduzir as perdas ou expandir o sistema, causando impactos ambientais.

Segundo Al-Washali T.M., Elkhider M.E., Sharma S.K., Kennedy M.D. (2020) a solução mais adequada do ponto de vista ambiental, é realizar o aumento da eficiência na produção e distribuição de água, na mesma quantidade produzida que atenda mais pessoas. No exemplo, a quantidade necessária para atender uma população é de 120 litros por segundo, que é a subtração da produção total (200 litros por segundo) pela parte que é perdida da produção (80 litros por segundo). Caso a população aumente 20%, a quantidade necessária para atender toda a população passaria a ser de 144 litros por segundo (120 litros por segundo x 1,2). Para isso, uma alternativa seria reduzir as perdas de água. Se as perdas diminuíssem de 80 litros por segundo para 56 litros por segundo, uma queda de 30% seria possível atender toda a nova população sem a necessidade de aumento de produção de água.

Portanto a gestão ambiental das perdas de água em sistemas de abastecimento envolve medidas para reduzir as perdas totais, melhorar a eficiência da rede de distribuição e promover o uso consciente da água. A Figura 05, apresenta a degradação de uma das fontes de água e a necessidade de exportarmos este recurso de outra bacia hidrográfica, o que aumenta o impacto ambiental desta.

Figura 05 – Diferença de proteção as margens de mananciais de captação de água.



Fonte: Wikipédia, (2025).

A gestão ambiental das perdas de água é fundamental para garantir a sustentabilidade do uso dos recursos hídricos, reduzir custos operacionais e minimizar o impacto ambiental, onde ainda é necessário aplicarmos:

- A Cobrança da Água Bruta para Sistemas de Abastecimento (ANA, 2023);
- Conforme ressalta Pagnoccheshi (2003), constata-se que o setor hídrico permanece desconectado dos setores produtivos;
- No contexto ambiental, as perdas de água representam um desperdício dos recursos hídricos, implica em riscos ao equilíbrio dos ecossistemas locais (Kennedy M.D. 2020);

- Proposto por Firat M. (2022) melhorias que podem ser levadas em consideração no cálculo dos níveis econômicos de perdas (NEP), ainda são iniciais e dependem de maiores estudos.

Devemos aplicar o cálculo da demanda de consumo baseado no consumo per capita da população atendida e no índice de perdas de água na distribuição do sistema. O índice de perdas da distribuição retrata a relação entre todos os volumes produzidos (e importados) de água no sistema Dysarz, J. M e Goetten, W. J. (2023) que ajudam a entender:

- Volume mínimo de reservação de água;
- Vazão de captação (considerando a diminuição de perdas).

Gestão Social das Perdas

Conforme Arregui F.J., Cobacho R., Soriano J., Jimenez-Redal R. (2018) a frequência de fraudes média e taxa de crescimento de fraudes, são fatores que podem variar bastante dependendo das características sociais dos consumidores de cada sistema, e das políticas utilizadas pela empresa para lidar com a questão. São dados que podem ser levantados através de estudos amostrais.

Para Barbosa (2021), a análise que envolve a eficiência da água faz-se necessária desde a promulgação da Lei de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) e, em especial, após a instituição do Decreto 7.217/2010, que regulamenta a referida Lei e estabelece como principais funções: planejamento, regulação, controle social, prestação dos serviços e aspectos econômicos e financeiros para os serviços públicos municipais de saneamento básico. Dessa forma, fica evidente a necessidade de avaliar as concessionárias de água de acordo com a sua infraestrutura, gestão, eficiência e sustentabilidade econômico-financeira e socioambiental, como forma de contribuir para a regularidade, continuidade e melhoria dos serviços prestados à sociedade.

Conforme Lambert (2000) a falha na tubulação de água pode ter impactos de longo alcance na sociedade, com consequências que podem repercutir nas comunidades e afetar os indivíduos, indústrias e instituições. Os impactos da falha na tubulação de água conforme mencionado por Pearson e Trow (2005) aumentam os riscos à saúde, pois contaminados a água pode espalhar doenças e enfermidades transmitidas pela água. Wyatt (2022) menciona que outro importante impacto social da falha na tubulação de água é a potencial de diminuição da qualidade de vida nas regiões afetadas.

Segundo Tardelli (2016) interrupções para o abastecimento de água podem causar estresse, inconveniência e diminuição econômica e oportunidades, à medida que indivíduos e indústrias lutam para se adaptar.

Porém, nenhum dos autores pesquisados destaca, ações de gestão ou mesmos mencionam indicadores sociais, atrelados a questões dos impactos sociais relacionadas as perdas de água, principalmente a problemática apresentada na Figura 06, onde percebemos não somente as fraudes, mas a contaminação pelo esgoto.

Figura 06 – Contaminação de redes clandestinas de água.



Fonte: do Autor.

CONCLUSÃO

As perdas de água representam grandes desperdícios de recursos naturais e financeiros, desde a produção, que geram maior custo dos insumos químicos, energia para bombeamento, bem como manutenção da rede e equipamentos e desnecessário uso da capacidade de produção e distribuição existente. Para o meio ambiente, essas perdas representam uso acima do consumo dos recursos hídricos, trazendo maior custo para mitigar os eventuais impactos negativos do abastecimento de água e ocasionando impactos sociais.

Com a literatura observada, percebe-se que há um grande potencial no uso de metodologias de nível econômico de perdas em relação a otimização financeira de operações de abastecimento de água. Em testes realizados nos sistemas apresentados, foi visto que quando são reduzidas as perdas nos sistemas de distribuição de água para os níveis econômicos calculados, as receitas aumentam para a avaliação de perdas aparentes, e o custo de operação diminuem para as perdas reais. É exatamente isso que é buscado pelo conceito de nível econômico de perdas, um ponto onde os gastos com as perdas de água estão em equilíbrio com os custos de controle. Porém, conforme observado a maior preocupação em relação à essas metodologias são os dados de entrada. Especialmente no Brasil, onde, maiores investimentos são necessários para que haja um processo que possua confiabilidade na coleta, tratamento e armazenamento de informações, de maneira que elas possam ser utilizadas para cálculos como esses. Quando as operações de distribuição de água possuírem dados de qualidade, aplicações de nível econômico de perdas (NEP) como as descritas serão mais confiáveis e mais fáceis de serem realizadas, o que irá viabilizar seu uso, contribuindo para companhias de saneamento financeiramente, e indiretamente auxiliando na manutenção dos recursos hídricos. Além de contribuir para a otimização financeira das operações, com a redução de perdas de água, as prestadoras estarão contribuindo para a preservação de recursos hídricos, o que irá auxiliar os países a atingir alguns objetivos de sustentabilidade definidos pela ONU (Organização das Nações Unidas).
A construção de uma análise da gestão de perdas da água, tanto produtiva quanto de locação de recursos, são elementos que colaboram para a promoção de ações de planejamento, monitoramento e evidenciação de informações dos impactos promovidos pela produção, consumo, distribuição e qualidade da água fornecida para a população. As informações relativas a estas ações contribuem para a promoção do desenvolvimento sustentável, uma vez que se encontram alicerçadas no Tripé de Sustentabilidade por contemplarem as dimensões sociais, ambientais e econômicas.

Como, portanto, podemos identificar e quantificar os aspectos que a gestão de perdas de água, causam para a sociedade na ineficiência dos processos de distribuição de água, seus indicadores e suas categorias. Além destes temas o debate sobre água, que é cada vez mais abrangente e transversal em toda a sociedade e envolve aspectos técnicos, sociais, políticos, econômicos, culturais e naturais. Esse cenário requer a cooperação de diversos setores da sociedade na busca de melhorias de gestão, planejamento e monitoramento dos recursos hídricos, os quais contribuem para a promoção da governança da gestão da água, portanto o desenvolvimento de um modelo mais abrangente para analisar as perdas em sistemas de abastecimento de água, considerando um maior número de variáveis sociais e técnicas e a realização de estudos similares em outras regiões do Brasil e outros países, verificando como as perdas escalam com a população urbana nesses outros locais, contribuirão para a implantação de melhores práticas de gestão de perdas e sustentabilidade nas companhias de água e sua interação com a sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Boletins de Monitoramento do Sistema de Abastecimento. Disponível em: www.anp.gov.br, acesso em. 17 de abril de 2017

2. CHEN, (2020) Cong et al. Characteristics and anode reaction of organic wastewater-assisted coal electrolysis for hydrogen production. International Journal of Hydrogen Energy, [s.l.], v. 45, n. 2, p. 1635-1644, 2020

3. DIGHADE, R.R.; KADU, M.S.; PANDE, A.M. (2014) Challenges in Water Loss Management of Water Distribution Systems in Developing Countries. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 3 (6), 13838-13846.

4. GOMES, H.P. 2009. Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento: Análise Econômica de Projetos. 2ª ed., João Pessoa: Editora UFPB.

5. GRIN, EDUARDO JOSÉ, FERNANDO LUIZ ABRUCIO (2019).104 p: ISBN: 978-85-256-0117-91. Governo local. 2. Administração Local. 3. Sociologia Política. I. Abrucio, Fernando Luiz. II. Título.

6. IWA World Water Congress & Exhibition. Rapid population growth, increasing urbanisation and the escalation of climate. Disponível em: www.iwa-network.org, acesso em. 22 de abril de 2021

7. MALCOLM, F. World Health Organization (2021). Water, Sanitation and Health Team & Water Supply and Sanitation Collaborative Council. Leakage management and control : a best practice training manual. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66893>, acessado em 09 de maio de 2021.

8. MOLLE F, GAFAAR I, EZZAT AL - AGHA D, RAP-E (2018) O Balanços de água e sal do delta do Nilo e implicações para gerenciamento. Gestão da Água Agrícola 197(15): 110 - 121.

9. MUTIKANGA, H.E.; SHARMA, S.; VAIRAVAMOORTHY, K. (2009) Water loss management in developing countries: challenges and prospects. Journal American Water Works Association, v. 101, n. 12, p. 57-68.

10. PAHL-WOST. (2017) Sustainable development indicators: how are they used in Swedish water utilities? Journal of Cleaner Production, v. 16, p. 1346-1357. https://doi.org/10.1016/j.jclepro. 2017.07.001

11. PORTARIA Nº 490, DE 22 DE MARÇO DE 2021, publicado em: 23/03/2021, Edição: 55,| Seção: 1, Página: 30

12. REIS, C. DIREITO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: REFLEXÕES A PARTIR DE IGNACY SACHS. Direito UNIFACS – Debate Virtual - Qualis A2 em Direito, v. 0, n. 280, 2023.

13. T. MARK HARRISON. T. MARK HARRISON. Department of Earth, Planetary and Space (2021). eBook ISBN: 978-3-030-46687-9. Published: 18 June 2020.

14. TARDELLI FILHO, J. 2016. Controle e Redução de Perdas. In: Abastecimento de Água. TSUTIYA, M.T. (org.). 2ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

15. WYATT A. S. (2022). Non-Revenue Water: Financial Model for Optimal Management in Developing Countries. RTI International, Research Triangle Park, North Carolina, USA: RTI Press.