

# PREMISSAS LEGISLATIVAS DO NOVO MARCO DO SANEAMENTO E O NÍVEL ECONÔMICO DE PERDAS DE ÁGUAS COMO INSTRUMENTO DE CONCRETIZAÇÃO DA PNRH: ESTUDO DO CASO- REFERÊNCIA DA LOCALIDADE DE CORNÉLIO PROCÓPIO- PR

LUAN GASPAR SANTOS\*

DEISE MARCELINO DA SILVA\*\*

## RESUMO

A perda da água pelas prestadoras de serviço de saneamento implica em impactos ambientais e econômicos na gestão/proteção dos recursos hídricos. A pesquisa tem como objetivo analisar o nível econômico de perdas na localidade de Cornélio Procópio, operada pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), com vistas à implementação desta ferramenta de gestão e proteção da água. O trabalho divide-se em 3 etapas, na primeira, apresenta-se as novas diretrizes legais quanto à perda da água. Na segunda, apresenta-se o balanço hídrico como ferramenta de decomposição das perdas e o modelo econômico como instrumento para indicar o ponto de equilíbrio entre investimentos e resultados para o setor. Na última etapa, delimitou-se o objeto de análise, apresentando-se o nível econômico de perdas da localidade, analisando os resultados e perspectivas de investimentos no sistema de abastecimento. Conclui-se que mesmo com o uso racional e eficiente da água, as perdas são inevitáveis, não sendo possível a fixação de índices universais a todos os sistemas de abastecimento. A apuração dos níveis econômicos de perdas proporciona eficiência na gestão dos recursos hídricos, sendo ferramenta essencial à efetivação da PNRH. Foram utilizados dois métodos de pesquisa para o desenvolvimento do trabalho: a) o método hipotético dedutivo para formulação das hipóteses, com procedimento técnico a pesquisa bibliográfica e documental, percorrendo a literatura técnica sobre a matéria e demais diretrizes legais sobre a água;

\* Pós Graduado em Direito Constitucional Contemporâneo pelo IDCC, Pós Graduado em Direito Processual Civil pela FALEGAL. Mestrando regular do Programa de Mestrado em Direito, Sociedade e Tecnologias pela Faculdade de Londrina.

\*\* Doutora em Direito pela Universidade Católica de Santos. Professora da graduação e do Programa de Mestrado em "Direito, Sociedade e Tecnologia" da Faculdade de Londrina.

b) o método indutivo, tendo como procedimento técnico o estudo de caso da localidade de Cornélio Procópio, município do Estado do Paraná.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Perdas de Água. Balanço Hídrico. Nível Econômico de Perdas de água.

### **ABSTRACT**

The loss of water by sanitation service providers has environmental and economic impacts on the management/protection of water resources. The research aims to analyze the economic level of losses in the town of Cornélio Procópio, operated by Sanitation Company of Paraná (SANEPAR), with a view to implementing this water management and protection tool. The work is divided into 3 stages, the first presents the new legal guidelines regarding water loss. In the second, the water balance is presented as a tool for decomposing losses and the economic model as an instrument to indicate the balance point between investments and results for the sector. In the last stage, the object of analysis was defined, presenting the economic level of losses in the location, analyzing the results and prospects for investments in the supply system. It is concluded that even with the rational and efficient use of water, losses are inevitable, and it is not possible to set universal rates for all supply systems. The determination of economic levels of losses provides efficiency in the management of water resources, being an essential tool for implementing the PNRH. Two research methods were used to develop the work: a) the hypothetical deductive method to formulate hypotheses, with a technical procedure and bibliographical and documentary research, going through the technical literature on the subject and other legal guidelines on water; b) the inductive method, having as a technical procedure the case study of the locality of Cornélio Procópio, municipality of the State of Paraná.

### **KEYWORDS: WATER**

Losses. Hydric balance. Economic Level of Water Loss. National Water Resources Policy (PNRH). Sustainable development. Technology.

## **1. INTRODUÇÃO**

O presente trabalho parte da iminente necessidade de gestão de perdas da água, lançando-se mão da análise do modelo econômico de perdas utilizado no setor de saneamento básico, sob o influxo das tecnologias envolvidas, como instrumento capaz de proporcionar eficiência, racionalidade e otimização no contexto da gestão do recurso pelas companhias de saneamento básico.

O objeto da pesquisa, qual seja, a análise das novas diretrizes de proteção e gestão de perdas da água, e o modelo econômico de perdas como instrumento de concretização da PNRH, adotando o caso-referência de Cornélio Procópio/PR, denota grande relevância para os profissionais do direito e para as prestadoras de serviço de abastecimento de água, especialmente frente às novas diretrizes inerente às perdas de água, considerando a obrigatoriedade de metas de redução de perdas na distribuição de água nos contratos de prestação de serviços, bem como pelos índices de perdas de água como condicionantes à alocação investimentos públicos.

O estudo tem como objetivo geral percorrer as novas diretrizes do saneamento no que se refere às perdas de água, disseminando a metodologia do balanço hídrico e do nível econômico de perdas, como ferramentas de apoio à gestão racional da água. Como objetivo específico, pretende-se compreender, a partir do estudo de caso, as peculiaridades do sistema de abastecimento de água (SAA) de Cornélio Procópio, identificando o ótimo nível de investimentos no combate às perdas, alinhando as ações que devem/deveriam ser adotadas para melhor gestão do sistema, demonstrando os métodos como instrumentos de efetivação da PNRH.

O modelo econômico de perdas de água será aqui analisado como instrumento de importância jurídico-econômica capaz de aumentar substancialmente a eficiência do uso da água e assegurar o abastecimento de água doce para enfrentar sua escassez, com vistas à concretização dos objetivos da PNRH, em especial, a utilização racional do recurso (art. 2º, II, PNRH). A pesquisa se propõe a compreender as circunstâncias fáticas de perdas de água na situação de prestação do serviço de saneamento básico, tendo por objetivo mitigar as externalidades negativas geradas por tal desperdício nas esferas econômica, social e ambiental. Considerando a inevitabilidade das perdas de água e as novas diretrizes legais sobre a matéria, mostra-se relevante a enfrentar a problemática de como definir os índices de perdas de determinada localidade e se o modelo econômico seria o instrumento de planejamento adequado para conferir subsídios em tal definição, bem como suporte decisório sobre as ações de combate ao desperdício desse recurso.

Para vislumbrar as respostas com maior verossimilhança, fez-se necessária a investigação de um caso-referência para subsidiar o suporte fático que revelam as hipóteses. Logo, delimitou-se a pesquisa no tempo e no espaço. O espaço circunda o estudo realizado no âmbito da Companhia de Saneamento do Estado do Paraná (SANEPAR) na localidade de Cornélio Procópio. No tempo, a delimitação consiste em estudar o modelo econômico de perda de água com base nos dados consolidados do ano de 2022, considerando o influxo das tecnologias atuais envolvidas.

Percorrer-se-á 3 etapas no desenvolvimento da pesquisa, na primeira, com uma abordagem do ordenamento jurídico de proteção da água, em especial no que concerne às perdas de água. Na segunda etapa, apresenta-se o balanço hídrico como ferramenta para decomposição de perdas, segregando as perdas reais (vazamentos) das perdas aparentes (usos não autorizados e submedição de hidrômetros). Sequencialmente, evidencia-se as premissas técnicas e teóricas da metodologia do modelo econômico de perdas, como ferramenta para se alcançar o ponto de equilíbrio entre investimentos e resultados. Na terceira etapa, adentrar-se-á ao caso referência, apresentando os dados e apurando o nível econômico de perdas da localidade de Cornélio Procópio, percorrendo os mecanismos de proteção da água instituídos da PNRH, com enfoque na importância do balanço hídrico e do modelo econômico de perdas na concretização de seus objetivos e instrumentos.

Como hipóteses às problemáticas aventadas, tem-se que o balanço hídrico e o modelo econômico de perdas são instrumentos hábeis a auxiliar na definição dos índices de perdas para determinada localidade; O nível econômico de perdas é ferramenta que assegura confiabilidade na tomada de decisões sobre quanto e onde deveria ser investido para reduzir as perdas de água, em especial por sua consolidação teórico-matemática, consubstanciada em dados e informações, a qual se apresenta como eficiente instrumento de concretização da PNRH.

A partir da pesquisa qualitativa de natureza aplicada, com objetivo explicativo, o trabalho tem como pressuposto metodológico procedimentos de revisão bibliográfica e documen-

tal, consubstanciada em literatura e legislação nacional e estrangeira afeta ao saneamento; dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS); bem como demais informações autorizadas pela SANEPAR. Pela abordagem metodológica de estudo de caso realizado no sistema de abastecimento de água de Cornélio Procópio, será possível analisar a localidade e apresentar os resultados obtidos e de forma propositiva, procedendo com uma análise crítica de ações que poderiam contribuir para o alcance de um nível ótimo de perdas.

Pretende-se, portanto, disseminar as ferramentas do balanço hídrico e do Modelo Econômico de Perdas, como vetores na fixação de metas e indicadores a serem alcançados, os quais dependem, necessariamente, de suporte tecnológico para sistematização de tais informações e para tabulação destes atributos. Como resultados da pesquisa, constatou-se que:

- a) Em consonância às diretrizes protetivas da água na esfera global, a legislação brasileira declara a importância da gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos, com especial atenção às situações de perda de água;
- b) não se pode fixar índices estáticos e universais, tendo em vista as inúmeras peculiaridades de cada sistema de abastecimento de água.
- c) que a tecnologia da informação que sistematiza os dados de saneamento são essenciais para a adequada prestação de serviços das empresas, e que a apuração do nível econômico de perdas amparadas em dados confiáveis e íntegros proporciona melhores condições de alocação de recursos, sob o viés da sustentabilidade econômica, social e ambiental.

## 2. PREMISSAS LEGISLATIVAS A PARTIR DO NOVO MARCO DO SANEAMENTO: A PERDA DE ÁGUA

É inegável a essencialidade da água para a sobrevivência humana e sua relevante importância nos processos produtivos e industriais. Desde a Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre a Água, em Mar del Plata, em 1977, considerada o marco inicial das tratativas sobre a água, muito se avançou. Conferências e convenções estabeleciam princípios e premissas concretas considerando a finitude desse recurso e a água veio assumindo posição de destaque nos debates globais e planetários, inclusive com seu reconhecimento enquanto direito humano fundamental.

Frente ao aprofundamento dos debates sobre a água na esfera internacional, tal preocupação reverberou-se para o âmbito interno das Nações, enfatizando-se que “o arcabouço jurídico interno dos países tomou corpo a partir das regras e princípios cunhados na esfera internacional, fato que resultou na incorporação de uma nova ordem no sistema jurídico nacional dos países” (SILVA, 2017, p. 31).

À vista disso, constata-se que a evolução das tratativas ambientais em âmbito internacional repercute, naturalmente, em desdobramento interno nos países envolvidos, e sob esse enfoque, o ordenamento jurídico brasileiro de proteção dos recursos hídricos fixou bases constitucionais, visto que a Constituição Federal de 1988 traçou importante paradigma ao saneamento, reservando-se ao capítulo VI à temática ambiental, sendo “o capítulo do meio ambiente um dos mais importantes e avançados da Constituição de 1988” (SILVA, 2004, p. 825).

Percebe-se relevante avanço nas políticas ambientais com enfoque no saneamento básico, o qual acompanha a arquitetura internacional referente à matéria, destacando-se, portanto,

que a legislação brasileira possui alinhamento às diretrizes que vêm sendo delineadas pela comunidade internacional, e sob uma perspectiva legal, observa-se o comprometimento com a gestão racional e eficiente da água.

Sob a ótica dos recursos hídricos, existe grande tensão relacionada à oferta e demanda da água, e quanto à realidade brasileira, Heller (2010, p. 43) retrata o crescente aumento da demanda por água no país, associando: a) ao aumento acelerado da população nas últimas décadas, em especial nas áreas urbanas; b) o incremento da industrialização e; c) pelo aumento do volume de perdas de água em muitos sistemas de abastecimento, frente aos baixos investimentos e obsolescências das redes.

Considerando a necessidade de regulamentar o uso da água e implementar a gestão racional da água, a Lei nº 14.026/2020 atualizou o marco do saneamento básico e alterou diversas legislações, em especial a Lei de criação da ANA, fixando novas diretrizes para o setor, em especial quanto às metas de universalização e metas de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento. (art. 11-B).

O novo marco legal, aprovado em 2020, ainda fixou importante paradigma no que se refere à perda de água, conteúdo ainda pouco explorado pela legislação, estabelecendo como princípio fundamental a redução e controle das perdas de água (art. 2º da Lei nº 11.445/2007), evidenciando a preocupação do legislador com os índices de perdas, as quais afetam diretamente a disponibilidade hídrica e consequentemente na escassez da água potável. A legislação avançou ainda mais, trazendo obrigações de redução aos prestadores de serviço de saneamento a constar nos contratos de prestação dos serviços, os quais deverão possuir metas de redução de perdas na distribuição de água tratada (art. 10-A da Lei nº 11.445/2007).

Além disso, a Portaria MDR 490/2021 determinou a vinculação de recursos públicos e financiamentos atrelados ao cumprimento de índices de perdas (art. 1º), estabelecendo os indicadores adotados para tal aferição, qual seja, o IN049 (índice de perdas na distribuição, medido em percentual) e IN051 (índice de perdas por ligação, medido em litros/ligação/dia) (art. 2º), fixando também, os resultados que os municípios devem atingir no decorrer dos anos (art. 3º), instituindo ainda, intervenções em caso de não atendimento aos índices previstos, como a setorização e zonas de medição e controle, macromedição e pitometria, e implantação, ampliação ou melhoria do controle operacional (art. 4º).

Apesar do compromisso em reduzir os índices de perdas, acentuam-se os desafios, especialmente por não haver um parâmetro universal de indicadores aplicáveis, os quais, devem ser pautados em aspectos intrínsecos a cada realidade, sistema e/ou localidade e considerados sob inúmeros aspectos, desde questões da disponibilidade do recurso hídrico, ao custo de tratamento e distribuição da água.

Diante desse compromisso e das novas exigências preconizadas a partir do novo marco do saneamento, faz-se necessária a adoção de metodologia adequada não só para melhor compreender as causas das perdas e ações a serem adotadas, mas para garantir coerência no estabelecimento dos índices, haja vista que o balanço hídrico e o modelo econômico de perdas são importantes ferramentas que devem ser utilizadas e difundidas. Analisar um sistema de abastecimento de água à luz do balanço hídrico e do modelo econômico de perdas é fundamental para a gestão eficiente do saneamento básico.

Cabe ainda compreender que mesmo com o uso racional e eficiente da água, as perdas são praticamente inevitáveis, seja pela infraestrutura de redes instaladas, submedições de hidrômetros, ou pelas ligações clandestinas e fraudulentas. Ocorre que frente à multiplicidade de causas, é necessário o mapeamento adequado para a tomada de ações e definição de inves-

timentos no setor, objetivando o combate otimizado das perdas, em sintonia ao que dispõe a legislação, em especial nos instrumentos contidos na PNRH.

A análise de cenário implica na incessante necessidade do combate às perdas de água, pois sob a ótica ambiental, além de preservar o recurso natural em sua origem, evitando seu manejo de nascentes e poços, minimiza-se os impactos quanto à disponibilidade hídrica. Além disso, destaca-se que tal combate também proporciona benesses econômicas, haja vista que se evita o dispêndio de recursos para seu transporte, tratamento e distribuição.

Adotando como premissa que em um real sistema de abastecimento não se almeja perda zero, as origens e causas das perdas são inúmeras, citando alguns exemplos no que se refere às perdas reais e que são apontadas por Alegre (2005, p.10):

- O estado das condutas e outros componentes, o seu material,
- a frequência de fugas e de roturas;
- a pressão de serviço média, quando o sistema está pressurizado;
- A densidade e comprimento médio de ramais;
- A localização do medidor domiciliário no ramal;
- O comprimento total de condutas;
- O tipo de solo e as condições do terreno, relevantes sobretudo no modo como se torna aparente ou não a ocorrência de roturas e fugas;
- A percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado (factor muito relevante em regiões com abastecimento intermitente).

Com vistas a minimizar o impacto das perdas, as peculiaridades do sistema devem ser analisadas para que as ações adequadas possam ser tomadas, sejam elas com o intuito de detectar e consertar vazamentos; adequar a infraestrutura operacional do sistema; setorizar e gerenciar a pressão; dentre outras ações que possam garantir níveis razoáveis de perdas. Sob esse enfoque, frente à necessidade inicial de identificação das causas das perdas, o balanço hídrico é importante instrumento para categorização e quantificação das perdas de água, o qual é elemento imprescindível para se apurar o nível econômico de perdas, permitindo identificar o ponto de equilíbrio entre o investimento no combate à perda e o retorno em termos de resultado financeiro.

### **3. O BALANÇO HÍDRICO E O MODELO ECONÔMICO DE PERDAS DE ÁGUA**

Alinhado ao objetivo de gerenciamento de perdas, o modelo econômico é referência para balizar as estratégias do setor, e para se chegar a tal apuração, faz-se necessário compreender o balanço hídrico, uma matriz proposta pela IWA (International Water Association) que se baseia em um conjunto de informações para decomposição das perdas, garantindo-se, assim, uma análise detalhada de suas causas.

Frente a esse novo cenário que vem sendo delineado no que se refere às perdas, os balanços hídricos são ferramentas essenciais para auxiliar na gestão racional dos recursos, pois “permitem a obtenção indireta dos volumes perdidos em vazamentos, chamados de perdas reais de água” (AESBE, 2015, p. 11). Tal instrumento é considerado como uma técnica de modelagem, ou seja, ela se aproxima da realidade, e conforme exposto pela Associação Bra-

sileira das Empresas Estaduais de Saneamento - AESBE (2015, p. 11), “é modelado para um grau de confiança de 95% e as incertezas de medição/estimativas associadas a cada dado de entrada idealmente devem ser informados no modelo”.

O modelo parte do volume que ingressa no sistema percorrendo-se os fluxos da água, ou seja, aquilo que não corresponde a consumo autorizado, trata-se de perda de água, e nesse quesito, as perdas possuem 3 grandes componentes: os vazamentos, a submedição e as fraudes/ligações clandestinas. Concebe-se, portanto, que o impacto da perda da água é determinado pela parcela de água captada, tratada, transportada, sem que haja seu faturamento, implicando em prejuízo às prestadoras e conseqüentemente no aumento do valor do serviço aos consumidores, em especial no que se refere à tarifa única e/ou regionalizada, podendo gerar distorções frente ao subsídio cruzado.

Pelo balanço hídrico e posteriormente com a aferição do nível econômico de perdas, possibilita-se elaborar planos de ação e investimentos para que o próximo ciclo de análise possa reavaliar os passos anteriormente traçados. A partir da análise comparativa é possível monitorar as metas eventualmente alcançadas, permitindo-se, portanto, adotar ações a partir dos novos dados e próximos ciclos de avaliação. Diante de tais parâmetros e a partir desse percurso, permite-se formatar a matriz do balanço hídrico, de modo a apurar resultados das perdas de determinado sistema/objeto de análise, garantindo-se assim, subsídios e elementos para tomada de ações de combate às perdas, com vistas a definir o nível econômico de perdas da localidade. Em linhas conceituais, o Nível Econômico de Perdas (NEP) corresponde à “situação em que o custo de redução de perdas em uma unidade de volume é igual ao custo de produção dessa unidade de volume de água” (RODRIGUES, 2021, p. 26), tratando-se de uma ferramenta baseada em premissas técnicas em que se apura economicamente os custos de produção em contraponto ao dispêndio financeiro do combate às perdas. O modelo proporciona uma avaliação econômica da localidade em análise, conferindo balizamento de ações e opções a serem adotadas em termos de priorização de investimentos. A partir das variáveis presentes no modelo, leva-se em consideração os custos de produção, tratamento e distribuição da água, em contraponto ao custo para o combate às perdas. Desse modo, permite-se decidir entre investir em determinado sistema com maior ou menor retorno econômico, ou até mesmo para direcionar ações operacionais no reforço da capacidade de produção ou na redução de perdas. O estudo do nível econômico de perdas não é recente, havendo inúmeras perspectivas e metodologias para sua apuração. Partindo dos conceitos de Pearson e Trow (2005), cujas premissas foram baseadas em pesquisas no Reino Unido, definiu-se uma abordagem sob o aspecto das perdas reais, especialmente associada ao “custo x benefício”.

Posteriormente, sob o enfoque metodológico de Wyatt (2010), observou-se um novo olhar sobre o nível econômico de perdas, com vistas a observar as particularidades de cada localidade, em especial na comparação entre os países desenvolvidos dos em desenvolvimento. Em seu modelo, Wyatt (2010, p. 4) retrata discrepâncias entre essas realidades, desde a capacidade de produção versus demanda, até às diferenças no faturamento, haja vista nos países desenvolvidos, quase toda água faturada é paga, diferente daqueles países ainda em desenvolvimento.

O ponto crítico de Wyatt é ressaltado no presente trabalho, visto que a definição estática e universal de indicadores de perdas pode estar fadada ao fracasso e à desigualdade. Nessa perspectiva, o autor aponta que “o melhor alvo para perdas depende da localização, levando em conta a influência dos custos locais, benefícios, parâmetros de engenharia e outros fato-

res” (WYATT, 2010, p. 3)<sup>1</sup>. Embora o modelo proposto não incluisse o nível econômico de fraudes e ligações clandestinas, tem-se a importante contribuição de WYATT (2010, p. 2) em oferecer uma ferramenta sólida para o cálculo do nível ideal sem a necessidade de grandes entradas de dados, amoldando-se à realidade dos países em desenvolvimento, onde pode ser enfrentada maior dificuldade na obtenção das informações.

Em linhas gerais, a metodologia segregava as perdas aparentes das perdas reais, sendo esclarecido por Barbosa (2021, p. 13) que para as perdas aparentes parte-se das receitas e custos de controle da submedição, enquanto para as perdas reais utilizam-se três variáveis, a curva de custo variável de produção, curva de custo futuro da expansão e controle de perdas. Apesar de inúmeras outras metodologias e critérios utilizados para mensuração do nível econômico de perdas, utilizar-se-á o método desenvolvido por Wyatt, o qual, em decorrência do Projeto de Eficiência Energética no Abastecimento de Água (ProEESA) no ano de 2021, foi revisado e aprimorado, especialmente no que se refere às fórmulas, cálculos de estimativas, bem como na inserção do nível econômico de fraudes.

Tendo como premissa metodológica o guia de perdas de 2021, Wyatt et al. (2021), o qual referenciou os trabalhos desenvolvido em 2010, pauta-se em um raciocínio financeiro que “é extremamente simples e transparente, ponderando por um lado os custos de combate a perdas e por outro lado os custos evitados pela redução das perdas reais de água assim como as receitas geradas por reduzir perdas aparentes” (WYATT, et al., 2021, p. 26).

Além dessa intrínseca compreensão local para definição dos indicadores, também se faz necessário compreender qual seria o equilíbrio entre o resultado do combate às perdas e os custos com tais ações, visando assim, potencializar os investimentos e alcançar um nível econômico coerente com aquela realidade e com os recursos financeiros disponíveis, assegurando a equalização entre a alocação de investimentos sob a perspectiva do retorno financeiro que se espera com a recuperação da água perdida.

À luz do que dispõe a legislação, as perdas serão importantes balizadores para o setor, sendo que o estabelecimento dos níveis econômicos de perdas proporcionará o estabelecimento de metas coerentes àquela realidade, de modo a equacionar o combate às perdas e a preservação dos recursos hídricos, em contraponto à otimização dos investimentos e a capacidade de pagamento dos usuários. Tem-se, portanto, que a gestão ineficiente da água causa prejuízos de ordem econômica e ambiental, levando-se em conta os custos com produtos químicos, energia elétrica, bem quanto aos impactos à disponibilidade hídrica e ao ecossistema frente à retirada da água da natureza, além do consumo desnecessário de insumos que naturalmente são nocivos o meio ambiente.

Dessa forma, sob a ótica de uma gestão econômica da água, um índice fixo de perdas pode ser observado sob diferentes ângulos, por exemplo, se for em um local de baixo custo de produção e com abundância de água, pode ser naturalmente aceitável. Enquanto em outro local, com outras características como escassez hídrica e altos custos de captação, tratamento e distribuição, o mesmo índice pode ser considerado extremamente elevado.

A partir de tais considerações sobre o modelo, adentrar-se-á aos diversos tipos de perda de água, os quais são imprescindíveis para compreensão do nível econômico, cabendo assim, assimilar os seguintes conceitos propostos por Wyatt et al. (2021):

<sup>1</sup>Traduzido do original: “Most importantly, the best target for losses depends on the location, taking into account the influence of local costs, benefits, engineering parameters, and other factors”.

- o nível ótimo de perdas por submedição é alcançado quando se maximiza o excedente financeiro que resulta da diferença entre a i) receita tarifária e ii) os custos de programas de substituição de hidrômetros são máximos;
- o nível ótimo de perdas por fraude é alcançado quando o custo de investigar uma fraude não compensa o ganho econômico de resulta dela;
- o nível ótimo de perdas por abastecimentos clandestinos é quando esse consumo é inexistente. Isto é, quando todos os domicílios estão com situação fundiária regularizada legalmente e têm um vínculo contratual com a companhia de água. O cálculo tem de ter considerações locais.
- o nível ótimo de perdas reais é alcançado quando se minimiza a soma dos i) custos de produção; ii) expansão do sistema e iii) pesquisa/reparo de vazamentos e conservação da rede e ramais; (g.n.) (WYATT et al, 2021, p. 50)

Observa-se que em relação às perdas físicas, atinge-se um nível ótimo de perdas quando o custo da redução das perdas equipara-se ao montante dos custos de produção de água e de expansão. Enquanto em relação às perdas aparentes, atinge-se tal nível quando a receita é igual ao custo para a gestão de tais perdas. Desse modo, embora o modelo econômico de perdas abordado por WYATT et al. (2021, p. 50) tenha como função precípua identificar o excedente financeiro do prestador de serviços de abastecimento de água, a ferramenta pode assumir uma infinidade de aplicações, seja para avaliar a possibilidade de reduzir as tarifas ou até mesmo para se identificar estratégias de investimentos, conforme será utilizado para avaliação da gestão de perdas de Cornélio Procópio.

Esclarece-se que o presente trabalho não tem como escopo o aprofundamento teórico da metodologia do modelo econômico, tendo como premissa a interdisciplinaridade, com o fito de concatenar o direito, a tecnologia e as demais ciências matemáticas e de engenharia, em prol da promoção do direito fundamental à água potável, dada a importância da redução de perdas de água alinhada à excelência na gestão dos recursos hídricos.

Utilizando-se o modelo econômico de perdas, deve-se adentrar especificamente aos atributos para o cálculo do nível ótimo, que em um primeiro aspecto, estão relacionados às perdas aparentes, as quais são obtidas, matematicamente, a partir do volume de perdas de água por submedição, do volume de água perdida referente às fraudes; das perdas relativas às falhas de cadastro e usos clandestinos.

Sob outra vertente, para se calcular o nível ótimo das perdas reais, faz-se necessária a apuração dos custos de produção de água, os custos anualizados de expansão do sistema e os custos do programa do controle de perdas reais (WYATT, et al. 2021, p. 69). A partir do primeiro componente, os custos de produção correspondem ao custo unitário de produção de água em real/m<sup>3</sup>, multiplicando-se pela água produzida por ano. Frisa-se que em tais custos são incluídos todos os insumos necessários à produção, como produtos químicos, energia elétrica, custos operacionais dentre outros. Tem-se, portanto, que as perdas reais correspondem a uma grandeza diretamente proporcional aos custos de produção.

Considerando que o presente trabalho não tem como escopo o detalhamento minucioso dos cálculos para apuração do modelo econômico, restringir-se-á às conceituações e demais informações, com vistas ao não esgotamento da matéria no que se refere à área da matemática e engenharia, mas oferecendo uma compreensão funcional do modelo, sob o enfoque do direito e tecnologia. Com base no percurso até aqui traçado, permitir-se-á a compreensão da definição do nível econômico de perdas, em especial para definição de investimentos em patamar economicamente aceitável, de modo a avaliar a situação atual do sistema e definir

as ações prioritárias que devem ser adotadas em prol dos melhores resultados. Desse modo, proceder-se-á às análises da localidade de Cornélio Procópio sob a perspectiva do balanço hídrico e modelo econômico até aqui apresentado.

#### **4. O CASO-REFERÊNCIA DA LOCALIDADE DE CORNÉLIO PROCÓPIO/PR: O MODELO ECONÔMICO DE PERDAS DE ÁGUA COMO INSTRUMENTO DE CONCRETIZAÇÃO DA PNRH**

Conforme demonstrado, para se definir o nível econômico de perdas de determinada localidade e/ou sistema, é imprescindível compreender suas peculiaridades, visando garantir maior confiabilidade dos dados e apresentar proposta de ações mais assertivas. Desse modo, debruçar-se-á ao detalhamento da localidade de Cornélio Procópio, que será objeto do presente estudo.

Em linhas preliminares, a Companhia de Saneamento do Paraná-SANEPAR foi criada em 23/01/1963 pela Lei nº 4.684 do Governo do Estado do Paraná, sendo uma empresa pública de economia mista e de capital aberto, controlada pelo Estado do Paraná e com sede em Curitiba - PR. Atualmente, a SANEPAR atende 345 dos 399 Municípios do Estado do Paraná e um de Santa Catarina (Porto União), além de 297 localidades de menor porte. A Companhia é considerada uma das maiores empresas de saneamento do país e possui ações negociadas no Mercado Brasil, Bolsa, Balcão (B3), com corpo funcional composto por 6.281 empregados próprios e 8.059 empregados terceirizados,

No escopo de sua Diretoria de Operações, desdobra-se 5 (cinco) Gerências Gerais no Estado, uma delas correspondendo à Gerência Geral Região Nordeste-GGND, a qual possui 5 (cinco) Gerências Regionais subordinadas, alocando-se aqui a Gerência Regional de Cornélio Procópio-GRCP, com atuação em 14 municípios e 29 sistemas, dentre elas, a localidade de Cornélio Procópio, a qual será objeto do estudo de caso, cujos dados para entrada e decomposição dos volumes de perdas consideraram as informações contidas no SISWEB, correspondente ao portal interno de informações da SANEPAR.

Acrescenta-se ainda que a aplicação do modelo à GRCP parte da pré-formatação apresentada por Marcelo Depexe, o qual, a partir dos conceitos e balizamentos técnicos do balanço hídrico e modelo econômico, disponibilizou internamente planilha para facilitação da obtenção dos resultados e para a execução de demais simulações. Adentrando-se à ferramenta, as primeiras informações a serem alimentadas referem-se aos dados básicos da localidade, a qual corresponde à localidade de Cornélio Procópio, balizado em dados consolidados referente ao ano de 2022, em especial quanto ao número de ligações, volumes produzidos, importados, exportados, micromedido, reiterando-se a importância da tecnologia e da gestão da informação para maior assertividade nas projeções do modelo.

A próxima etapa inicia-se com a estimativa de perdas aparentes, em especial quanto às ligações clandestinas e fraudes, que no caso de Cornélio Procópio, utilizou-se o mecanismo de controle de pesquisa de vazamentos e fraudes como parâmetro de mensuração das informações, visto que os dados são retroalimentados virtualmente em ambiente interno pelas equipes de geofone, após as pesquisas de vazamento. Por meio dos levantamentos, mensurou-se a quantidade de ligações clandestinas e fraudes com base naquela quantidade de pesquisa, e considerando as 18.084 ligações de água, estima-se como uso não autorizado o montante de 76 fraudes, caso houvesse uma pesquisa em todo o universo de ligações.

Alimentando-se a planilha, estima-se também os volumes possivelmente perdidos em parâmetros coerentes e razoáveis, e com base na tecnologia de informação e gerenciamento de dados, por meio do Sistema de Gestão Comercial (SGC) pesquisa-se individualmente as matrículas para identificar os padrões de fraudes e projeção de volumes perdidos. Quanto às fraudes, tendo como parâmetro o histórico das matrículas e o perfil de consumo, estimou-se a perda de 15 m<sup>3</sup>/mês/ligação, os quais, somados e extrapolados na quantidade de ligações de Cornélio Procópio, totaliza o volume perdido de 13.680 litros/ano.

Passa-se agora à abordagem do CANF (consumo autorizado não faturado), cujo volume pode ser medido ou não medido, os quais correspondem ao consumo da Companhia e demais usos. Os dados são capturados por meio da ferramenta denominada SAPIENS, de uso interno da SANEPAR, cujo sistema permite consultar o histograma de consumo por categoria, filtrando-se, assim, as categorias 079 e 081 que correspondem, respectivamente, aos usos pela própria Companhia e pelo controle de perdas, os quais são lançados mensalmente em sistemas corporativos.

Observou-se que no ano de 2022 o consumo autorizado não faturado correspondeu ao volume de 814m<sup>3</sup>, enquanto os usos não autorizados totalizou o montante de 18.480m<sup>3</sup>, destacando o volume total micromedido de 2.423.447m<sup>3</sup>, cujo índice de perdas atingiu o resultado de 202,77. Em paralelo aos dados do SNIS, no ano de 2021, o Índice de Perdas por Ligação foi de 222,48, (SNIS, 2021).

A próxima etapa adentrar-se-á às perdas reais de água, as quais, no caso de Cornélio Procópio, foram definidas pela vazão mínima noturna da distribuição de água. Tais valores foram obtidos pelo sistema supervisor da distribuição, que fornece informações em tempo real da produção e distribuição, cuja tecnologia assegura automação e controle de processos, além de capturar e armazenar informações, permitindo-se, inclusive, operar todo o sistema remotamente com base em telecomandos, garantindo-se assim, menor tempo de resposta e redução de custos de pessoal com operação.

O gráfico do sistema ilustra a média da vazão mínima noturna, cujo valor correspondeu a 60 l/s, referindo-se, portanto, ao momento que a distribuição estaria alimentando apenas os vazamentos, pois trata-se do menor período de consumo, enfatizando-se que a vazão do vazamento é diretamente proporcional à pressão do vazamento. A partir de tal métrica, com base na vazão mínima noturna foi estimado o volume total de perdas com base na variação de pressão da rede, devido à demanda. O fator de pesquisa corresponde à relação entre a vazão mínima noturna e a vazão média diária, permitindo-se concluir que existe relevante vazão perdida.

Sequenciando a decomposição das perdas aparentes, adentrar-se-á à submedição de hidrômetros, com o fito de determinar o volume micromedido e a perda por submedição. A partir do sistema SAPIENS, extrai-se as informações sobre o parque de hidrômetros, referente às faixas de consumo versus idade do Hidrometro (HD), que após o lançamento, obtém-se o resultado da quantidade de HD's para troca imediata, que no caso de Cornélio Procópio, seria de 302 hidrômetros, equivalente a 1,7% do parque.

Com essa mineração de dados, além de avaliar os hidrômetros que estariam na faixa de troca, a ferramenta permite verificar o desempenho da medição dos equipamentos e estimar sua submedição mensal. Como resultado, observa-se que na condição atual existe submedição de 293.028m<sup>3</sup> de água, enquanto em um cenário de submedição ótima ter-se-ia uma submedição de 281.472m<sup>3</sup>, ou seja, existe potencial de recuperação de -11.556 m<sup>3</sup>.

Passando agora à análise dos componentes das perdas reais, com a base de dados originados dos sistemas de informação da SANEPAR, como ligações, extensão de rede, volumes de perdas, dentre outras, cabe definir a pressão média da rede de Cornélio Procópio, bem como os dados sobre as pesquisas de vazamento para traçar as estimativas das perdas reais.

A pressão média foi definida levando em consideração a simulação hidráulica do sistema, a qual foi realizada por meio do software WaterCad, tecnologia esta que permite modelar o sistema virtualmente, assegurando a análise dos dados e resultados. O coeficiente para Vazamentos Visíveis e Detectáveis foram pautados nos sugeridos por Marcelo Depexe para estimativa (1,3). Utilizou-se os dados da pesquisa de vazamento realizada no âmbito da localidade, constatando-se que, em 2022, a extensão de rede percorrida pela pesquisa de vazamento foi de 482 km, identificando-se 143 vazamentos em ramais e 21 vazamentos em rede, perfazendo o percentual de 145,4% de verificação no sistema.

Com as variáveis bem delineadas e adentrando-se à determinação dos componentes da perda real, constata-se que os volumes perdidos anualmente foram correspondentes a 1.026.933, englobando os vazamentos visíveis (461.182m<sup>3</sup>), não visíveis (461.182) e inerentes (263.981). Projetando-se ainda o crescimento dos vazamentos não visíveis, ter-se-ia o volume perdido de 11,083m<sup>3</sup>/km/dia por ano.

Avaliando-se os resultados e com o fito de decompor o índice de perdas reais por componente, observa-se que os vazamentos visíveis acumulariam um volume de 301.770 m<sup>3</sup>/ano, os vazamentos não visíveis ao volume de 461.182m<sup>3</sup>/ano e os inerentes à quantia de 263.981m<sup>3</sup>/dia. Dimensionando os prejuízos, com base nos dados, os volumes perdidos representam 2.814m<sup>3</sup>/dia de água tratada desperdiçada.

Aprofundando-se aos aspectos intrínsecos do modelo econômico para vazamentos, os quais levam em consideração custos e preços da pesquisa, consertos de redes e ramais e demais referências internas, as quais, por se tratar de dados de propriedade da Companhia não serão expostos, procede-se com a comparação entre a perda real e a econômica, definindo-se ainda seu intervalo ótimo, que para o atingimento da perda econômica, seria necessária a redução de aproximadamente 40 litros/lig./dia.

À guisa conclusiva, considerando o IPL atual em 155,6 da localidade de Cornélio Procópio, alcançar-se-ia o nível econômico quando os resultados atingissem o IPL de 109 a 129,5 l/lig./dia, tendo como perspectiva de aumento de custo de controle a cifra de R\$ 226.643,59, visando o atingimento do ponto ótimo de perdas (117,5 l/lig./dia). Para tanto, dever-se-ia aumentar as pesquisas de vazamento para 577 km/ano, com potencial de redução de custos de produção de R\$ 356.767,09.

Observa-se que a apuração do nível econômico de perdas fornece subsídios concretos e mensuráveis de combate à perda de água, sendo instrumento de planejamento e gestão racional dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável. Vislumbra-se benefícios econômicos às prestadoras de serviços e conseqüentemente à população e ao Estado, os quais são agentes ativos no que se refere aos investimentos e tarifas.

Além disso, sob a ótica ambiental, tal resultado representa redução no consumo de energia elétrica de 516.183 kwh/ano, de 22,6 toneladas de CO<sub>2</sub>, e um volume capaz de atender 1.673 ligações. Estima-se que o aumento custo de controle corresponderia a R\$ 226.643,59/ano, com potencial de redução de custos de produção de R\$ 356.767,09/ano. Sob a ótica da submedição, os resultados demonstram que seria necessário reduzir aproximadamente -1,75l/lig./dia, com potencial de recuperação de receita de R\$ 8.721,00/ano.

Dessa forma, como precipuamente o balanço hídrico preconiza a decomposição das perdas de água, tem-se que os vazamentos representaram 76,73% da parcela de perdas, permitindo-se concluir que para se alcançar o volume de vazamentos correspondente ao nível econômico, seria necessário reduzir o volume de -251.355 m<sup>3</sup>, o qual teria uma redução de IPL de -38,1 l/lig./dia.

Verificando-se que a maior parcela de perda de água se refere aos vazamentos, os resultados sugerem ações e investimentos no combate às perdas reais como geofonamento, substituição de redes antigas, melhorias em zonas de pressão, possibilitando-se assim, a adequada alocação de recursos no combate às perdas, garantindo maior faturamento à concessionária; aumentando a disponibilidade da água; reduzindo impactos ambientais e consequentemente aprimorando a gestão deste recurso finito e imprescindível à existência humana.

Em alinhamento à legislação, o rol dos objetivos previstos no art. 2º da PNRH parte das premissas de desenvolvimento sustentável, visando assegurar a disponibilidade da água à atual e futuras gerações, em padrões de qualidade adequado ao uso (art. 2º, I), reafirmando-se a necessidade da utilização racional e integrada dos recursos hídricos (art. 2º II), na prevenção contra eventos hidrológicos (art. 2º III) e com vistas ao incentivo e promoção da captação, preservação e aproveitamento de águas pluviais (2º, IV).

Nesse prisma, destaca-se a importância do uso racional da água, em especial do combate às perdas, que apesar do progresso legislativo alcançado pela Lei nº 14.026/2020, ao referir-se sobre a gestão racional, Granziera (2023, p. 128) expõe que “sendo objeto de norma cogente, é obrigatório o uso racional. Embora não haja regulamentação específica nesse sentido, o ordenamento jurídico brasileiro vem avançando nesse quesito”.

Adentrando-se especificamente ao instrumento previsto no inciso I do art. 5º da PNRH, o artigo 7º traz o detalhamento dos planos de recursos hídricos, estabelecendo alguns conteúdos mínimos que devem ser considerados nos planos como o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos (art. 7º, I), análise do cenário demográfico, nos padrões de ocupação e atividades produtivas (art. 7º, II), balanço entre disponibilidade e quantidade/qualidade (art. 7º, III), metas de racionalização de uso, associada ao aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos (art. 7º, IV), dentre outros elementos estruturais de planejamento.

Observa-se que embora a legislação disponha do diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos, bem como nas metas de racionalização de uso, não se estabelece quais são os mecanismos para assim o fazer. Nessa vertente, o modelo econômico de perdas é instrumento essencial para concretização de tal plano, dado que este permite definir metas de longo prazo, partindo das premissas científicas e econômicas, voltadas àquela localidade, de modo a analisar suas peculiaridades.

Frisa-se que o modelo econômico não seria um instrumento econômico de tutela ambiental, tampouco de comando e controle, mas sim, uma ferramenta de planejamento, coordenação de ações e balizamento para o setor, levando-se em consideração os atributos técnicos e concretos que o integram, possibilitando a compreensão da perda de água sob um enfoque econômico. Sob a ótica gerencial, os indicadores são essenciais para avaliação das perdas de determinado sistema de abastecimento, pois possibilita a avaliação para tomada de decisões, bem como assegura uma análise comparativa de dados, oferecendo bases quantitativas e qualitativas sobre os resultados e garantindo melhor gestão dos recursos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente ao desafio planetário de universalização dos serviços de abastecimento de água, a perda de água obstaculiza o atingimento de tais resultados, e considerando a escassez de recursos hídricos vivenciada, cada vez mais se tem exigido das prestadoras de serviços de abastecimento de água o comprometimento com a redução dos índices de perdas e seu respectivo combate, temas estes que vem sendo pautados pela comunidade internacional e reverberados internamente entre as Nações.

A partir da análise do ordenamento jurídico de proteção da água, percebe-se a centralidade dos recursos hídricos nos debates globais, sendo que em âmbito interno, a legislação brasileira tem acompanhado as diretrizes protetivas de melhores práticas na gestão de tais recursos. Constata-se que o novo marco do saneamento trouxe inovações no que se refere às perdas de água, fixando a redução e controle das perdas como princípio fundamental à prestação de serviços e estabelecendo a obrigatoriedade de metas expressas de redução de perdas nos contratos firmados, sob pena de nulidade. Sob a égide legal, o arcabouço jurídico tem conferido instrumentos econômicos, de comando e controle, bem como de planejamento tendentes à otimização e racionalização do uso da água.

Frente a este cenário protetivo em construção, o diálogo entre as fontes e o intercâmbio entre as ciências é essencial na delimitação de conjecturas em prol do desafio em assegurar o acesso à água potável como direito fundamental, sendo que a interdisciplinaridade se revela como elemento indispensável para auxiliar os operadores de direito na compreensão e definição de metas e indicadores a serem alcançados. Reconhece-se, portanto, a inevitabilidade das perdas de água em sistemas de abastecimento, as quais decorrem de uma multiplicidade de causas, porém, índices elevados podem representar a ineficiência de prestadoras de serviço de abastecimento de água, cuja ação acarreta em prejuízos econômicos e principalmente em danos ao recurso natural.

A gestão ineficiente das perdas provoca prejuízos aos consumidores e aos prestadores de serviços, encarecendo o custo dos serviços e afetando a disponibilidade hídrica da água. Constata-se que os índices de perdas não devem ser estabelecidos de forma fixa e/ou universal, haja vista que, de acordo com determinada realidade, pode se tornar uma meta inalcançável e até mesmo inviável técnica e economicamente. Por meio das ferramentas apresentadas é possível mensurar de forma criteriosa quais seriam as metas de perdas de água adequadas a cada sistema e/ou localidade, levando-se em consideração suas peculiaridades, sob uma visão econômica e de otimização de recursos. Além disso, por meio do balanço hídrico e do nível econômico de perdas, possibilita-se pautar os investimentos em critérios objetivos, reconhecendo a realidade de cada sistema de abastecimento e reduzindo o tempo de resposta das ações para garantia do abastecimento.

Frente às mudanças que o setor tem apresentado no que se refere às metas de universalização, aos indicadores de perdas e até mesmo na definição de investimentos a partir de sua redução, compreende-se que o modelo econômico de perdas, pautado na realização de um adequado balanço hídrico, sustentado em sistemas íntegros e dados confiáveis, fornece subsídios para o balizamento de indicadores para o setor, subsidiando a tomada de decisões e a alocação de investimentos. O modelo permite proporcionar melhor desenvoltura das empresas de saneamento no contexto de dificuldades em superar o déficit de conhecimento, em contraponto à imersão dos profissionais do Direito e empresários às técnicas essenciais para a gestão da água.

Em análise ao balanço hídrico e modelo econômico de perdas de Cornélio Procópio, observa-se que há necessidade de redução de aproximadamente 40 litros/ligação/dia em relação ao IPL de 2022 e com base no histórico de informações e na construção da modelagem, tem-se que deve haver ações de combate às perdas reais, que seria a grandeza de maior representação nos resultados, enfatizando a importância da tecnologia não só na construção do modelo, como também nas ações de combate à perda.

Tem-se que as técnicas apresentadas são instrumentos essenciais em prol da concretização da PNRH, em especial pelo alinhamento aos objetivos previstos na lei, os quais pretendem assegurar a disponibilidade da água à atual e futuras gerações, bem como sob o escopo da utilização racional e integrada dos recursos hídricos. Ainda sob essa égide, o modelo econômico e o balanço hídrico estão alinhados às diretrizes gerais de gestão sistemática dos recursos hídricos e na adequação da gestão dos recursos (artigo 3, I e II), uma vez que a ferramenta permite compreender as peculiaridades de cada região e localidade, sendo verdadeiro mecanismo de gestão empresarial.

Levando-se em consideração os planos de recursos hídricos como instrumentos da PNRH, deve haver a construção de objetivos a serem alcançados, sendo as técnicas aqui difundidas essenciais para o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos, bem como instrumento de planejamento e de balizamento de ações no racional e calculado combate às perdas, proporcionando a convergência entre o direito, engenharia e tecnologia, na promoção do desenvolvimento sustentável, proporcionando benesses econômicas, sociais e ambientais, às pessoas e ao planeta.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.23309814.pdf>>.

\_\_\_\_\_. Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água. Brasília: ANA, 2011. 68 p

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). Plano de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água. Brasília: SAG, 2011. 100 p. (Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos ; v.5)

ALEGRE, Helena et al. Controle de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição. Lisboa: Ed. IRAR, 2005.

BARBOSA, JONATHAN LYNCOLN ALVES. Avaliação de metodologias de nível econômico de perdas. 2021. 67 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2021.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. 31. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.

BRASIL. Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico [...].

CARMO, Roberto Luiz do; OJIMA, Andréa leda Ramos de Oliveira; OJIMA, Ricardo; NASCIMENTO. Thais Tatalha do. Água virtual, escassez e gestão: o Brasil como grande "exportador" de água. Ambiente & sociedade, v. 10, p. 83-96, 2007.

CARVALHEIRO, José da Rocha. Água e saúde: bens públicos da humanidade. Estudos avançados, v. 29, p. 139-149, 2015.

DA SILVA PAGANINI, Wanderley; BOCCHIGLIERI, Miriam Moreira. O Novo Marco Legal do

Saneamento: universalização e saúde pública. Revista USP, n. 128, p. 45-60, 2021.

DA SILVA SOARES, Durcelania. Comentário Geral da ONU No 15: O Reconhecimento do Direito Humano à Água e o Alargamento da Acepção de Alimentação. In: Análise crítica do direito Ibero-americano. Universidade Lusófona do Porto, 2020. P. 215-223.

DA SILVA, M. S. L. et al. Água e saneamento: contribuições da Embrapa. Área de Informação da Sede-Livro Científico (ALICE), 2018.

DE CASTRO FETTERMANN, Diego et al. Uma sistemática para detecção de fraudes em empresas de abastecimento de água. Interciência, v. 40, n. 2, p. 114-120, 2015.

FACHIN, Z.; SILVA, D. M. Acesso à água potável: direito fundamental de sexta dimensão. 3. ed. Londrina: Thoth, 2017.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (org.). Abastecimento de Água para Consumo Humano – 2. ed. Ver. E atual. - Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2010.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. Direito de Águas: Disciplina Jurídica das águas doces. 5. ed. Indaiatuba, SP: Editora Foco, 2023.

MATSUSHITA, Thiago Lopes; GRANADO, Daniel Willian. A crise hídrica no Brasil e seus impactos no desenvolvimento econômico e ambiental. Revista Thesis Juris, v. 6, n. 1, p. 167-185, 2017.

MARQUES DOS SANTOS, Paula; ANTUNES, Sandra; GUEDES, Anabela. Os objetivos do milênio-os resultados de 2015 e prospectiva para 2030. In: I Congresso Global de Direitos Humanos. Editora da Universidade de São Luís do Maranhão, 2019.

Organização das Nações Unidas (ONU). Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: o valor da água; fatos e dados. 2021.

PEARSON, D.; TROW, S. W. Calculating economic levels of leakage. In: leakage 2005 conference proceedings. 2005. p. 1-16.

PEARSON, D. Standard Definitions for Water Losses. Editorial Panel. Published by IWA Publishing, 2019.

RAMPAZZO, Lino; NAHUR, Marcius Tadeu Maciel. INTERDISCIPLINARIDADE NA TEMÁTICA ECOLÓGICA, COM DESTAQUE AO PROBLEMA DA ÁGUA. Revista Direito & Paz, v. 1, n. 44, p. 288-306, 2021.

RODRIGUES, Pedro Miguel dos Santos. Estudo das perdas aparentes por erros de medição na rede de distribuição de água de Beja. 2021. 105 p. Tese de Doutorado. Universidade do Algarve, Portugal, 2021.

SILVA, Deise Marcelino da. Direito ambiental internacional: regime jurídico das águas subterrâneas transfronteiriças e o aquífero guarani – Londrina, PR: Thoth, 2017. 204 p.

STRAKOS, Paula. Água como direito humano: Estudo comparado de sua proteção nas esferas judiciais interamericana e europeia. Revista da Faculdade de Direito UFPR, v. 61, n. 3, p. 141-164, 2016. p. 145. apud NAÇÕES UNIDAS, 1977

TARDELLI FILHO, J. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. Revista DAE. São Paulo, SABESP, Volume 64, Edição 201, Jan./Abr, 2016. Disponível em: < [http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_201\\_n\\_1622.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_201_n_1622.pdf)> Acesso em: 23 mar. 2023.

VICENTINI, Liliana Pedrosa. Componentes do balanço hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água. Dissertação - Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 196 p. São Paulo-SP, 2012.

WOLKMER, Maria de Fátima S.; PIMMEL, Nicole Freiburger. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. Sequência (Florianópolis), p. 165-198, 2013.

WYATT, Alan; ALSHAFFEY, Mohammad. Non-revenue water: financial model for optimal management in developing countries-application in Aqaba, Jordan. Water Science and Technology: Water Supply, v. 12, n. 4, p. 451-462, 2012.