DESAFIOS ENFRENTADOS PARA AUTOMATIZAR BALANÇOS HÍDRICOS NA COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO

Cledson Wagner Souto Santana[(1)]
Mestre em Engenheira Civil e Ambiental, Analista de Saneamento da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN)
Francine Alves Doelinger
Engenheira Civil, Gestora da Unidade de Combate às Perdas da CESAN
Elza da Costa Abreu
Química, Analista de Saneamento da CESAN
Djardiere Dalvi Yee Ramos
Engenheira Civil, Analista de Saneamento da CESAN

Endereço[(1)]**:** CESAN, Av. Gov. Bley, 186, 3º andar – Centro – Vitória – Espírito Santo – CEP: 29.010-150 – Brasil – Tel: +55 (27) 2127-5555 – e-mail: cledson.souto@cesan.com.br

RESUMO

O balanço hídrico é a ferramenta mais poderosa que uma concessionária de abastecimento de água dispõe para monitorar a suficiência, a adequação e a efetividade dos processos de distribuição e de comercialização desse recurso natural, para manter o equilíbrio satisfatório entre o atendimento à população e a garantia de lucro (não-prejuízo). Ao mesmo tempo em que permite identificar onde, quanto e porque se perde volumes de água, auxiliando na obtenção de um diagnóstico mais preciso e no apontamento de soluções mais assertivas. Porém, essa metodologia possui grande sensibilidade à qualidade dos dados de entrada, que pela natureza dos processos, são gerados de forma difusa e assíncrona. Esses dados ainda podem ser difíceis de coletar ou estimar, apresentar lacunas, tendência e/ou desconexão cadastral com os demais. Além disso, a atualização pouco frequente, questionável ou tardia do balanço hídrico atrapalha a execução oportuna de soluções e resultados. Este trabalho compartilha os principais desafios enfrentados pela CESAN para coleta, tratamento e uso de dados com o objetivo de automatizar a elaboração de balanços hídricos *top-down* de municípios e setores de abastecimento, e de *bottom-up* de distritos de medição e controle, utilizando o *software* Power BI.

PALAVRAS-CHAVE: Balanço hídrico, Power BI, Automação.

INTRODUÇÃO

A frase “Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, e não há sucesso no que não se gerencia” de W. E. Deming (1900-1993) exemplifica muito bem a dependência que as soluções possuem dos dados que foram utilizados para sua formulação. Na era da indústria 4.0, quando a transformação digital anseia por uma quantidade cada vez maior de dados para a tomada de decisão nas medidas e horas certas, não se pode abster-se de não tê-los na frequência, quantidade e qualidade mínimas necessárias. Nesse sentido, conhecer de onde vem, por onde passa e para onde vai cada volume cúbico por meio do balanço hídrico, é imprescindível para a sobrevivência de uma concessionária de abastecimento de água.

Ideias e soluções para os graves desafios hídricos que o mundo enfrenta na atualidade e que exigem uma resposta global sem precedentes, são fomentadas e debatidas pela *International Water Association* (IWA), que conecta cientistas, pesquisadores, empresas de tecnologia, concessionárias e outras partes envolvidas com tratamento e distribuição ao redor do mundo, com o objetivo de colocar a água na agenda política global e para influenciar as melhores práticas em regulamentação e formulação de políticas. Segundo Lambert *et al* (2002), na década de 1990, a IWA criou uma “força tarefa que desenvolveu a terminologia internacional e organizou um conjunto de indicadores para perdas”, culminando na formatação do balanço hídrico (Tabela 1) como é conhecido hoje.

Faz-se necessário auditar todos os volumes que fluem pelo sistema de abastecimento, pois “não é possível aplicar adequadamente ferramentas de análise de perdas, como é o caso do balanço hídrico, sem sistemas setorizados e sem medição criteriosa dos volumes de entrada” (AESBE, 2015). Em seu estudo, Atalla *et al*

(2022) identificou diferenças significantes entre os resultados dos balanços hídricos antes e depois da inserção de dados obtidos em campo, "evidenciando a necessidade de estudos de campo para se confirmar os resultados do diagnóstico" anterior.

Tabela 1 – Terminologia internacional e balanço hídrico da IWA

<table>
<tr><td rowspan="8">Volume de entrada no sistema</td><td rowspan="2">Consumo autorizado</td><td rowspan="2">Consumo autorizado faturado</td><td>Consumo medido faturado</td><td rowspan="2">Consumo faturado</td></tr>
<tr><td>Consumo não medido faturado</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Consumo autorizado não faturado</td><td>Consumo medido não faturado</td><td rowspan="6">Volume de água não faturado</td></tr>
<tr><td>Consumo não medido não faturado</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Perda de água</td><td rowspan="2">Perda aparente</td><td>Consumo não autorizado</td></tr>
<tr><td>Submedição</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Perda real</td><td>Vazamento em redes</td></tr>
<tr><td>Extravasamento</td></tr>
<tr><td>Vazamento em ramais</td></tr>
</table>

Fonte: Lambert *et al* (2002) – tradução livre.

A ABAR (2018) entende que "promover a confiabilidade das informações é o primeiro passo para um desenvolvimento consistente do setor de saneamento. Sem isso, limita-se a capacidade de efetuar políticas, planejamento, gestão ou regulação com os níveis ideais de qualidade. A assimetria de informação é um problema importante, podendo apresentar limitações de qualidade e confiabilidade, colocando em risco as análises que porventura sejam realizadas". A associação criou e promove o Projeto Acertar para avaliar a qualidade das informações do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento nas dimensões de confiança e exatidão.

É importante destacar que alguns dados necessários para o cálculo dos balanços hídricos *top-down* e *bottom-up* não são habitualmente gerados nos processos operacionais e/ou comerciais de onde se originam. Faz-se necessário implantar mudanças para superar fatores limitantes tais como falta de pessoal, de saldo contratual, de escopo contratual, de equipamentos, de sistemas informatizados, de procedimentos, e até de carência para esperar pelo tempo necessário para formar o dado médio ou acumulado do período a ser estudado.

A fim de acelerar a curva de aprendizado e de ter balanços hídricos no primeiro ano de esforço para obtê-los, optou-se por contratar empresa para elaborar os balanços hídricos *top-down* de municípios e setores de abastecimento, e *bottom-up* de distritos de medição e controle. A contratada propôs a confecção dos balanços hídricos em iterações, onde na primeira se utilizava apenas os dados já existentes acrescentados de algumas estimativas. Os balanços hídricos na segunda iteração foram calculados com dados comerciais levantados em campo pela contratada, inclusive utilizando amostragem estatística conforme apresentado por Marchezepe, B.K. *et al* (2022a e 2022b), enquanto os na terceira foram obtidos ajustando-se as premissas operacionais e/ou comerciais até convergir os resultados dos balanços hídricos *top-down* de cada setor de abastecimento com os resultados dos *bottom-up* dos distritos de medição e controle contidos nele.

Ao final, a contratada entregou um arquivo-projeto da plataforma *Power BI (PBI)* com a apresentação dos balanços, com carregamento manual dos dados de entrada. O *PBI* é uma plataforma intuitiva e de autoatendimento que permite criar relatórios de fácil personalização conectado a qualquer fonte de dados, mantendo a precisão, consistência e segurança da informação, auxiliando na tomada de decisão rápida e orientada por dados.

No ambiente interno, a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) possui variado parque de sistemas informatizados para suportar a coleta, permitir a utilização e o processamento, controlar o acesso, realizar o armazenamento, enfim, executar todos os tratamentos necessários nos dados, medições, cadastros, mapas, inventários e relatórios dos sistemas de abastecimento de água e dos consumos. As arquiteturas dos *softwares* não foram implantadas prevendo a comunicação entre si, forçando num primeiro momento a construção e administração manual de "tabelas de-para" quando se necessitou correlacionar os vários bancos de dados onde estão as informações utilizadas para calcular os balanços hídricos.

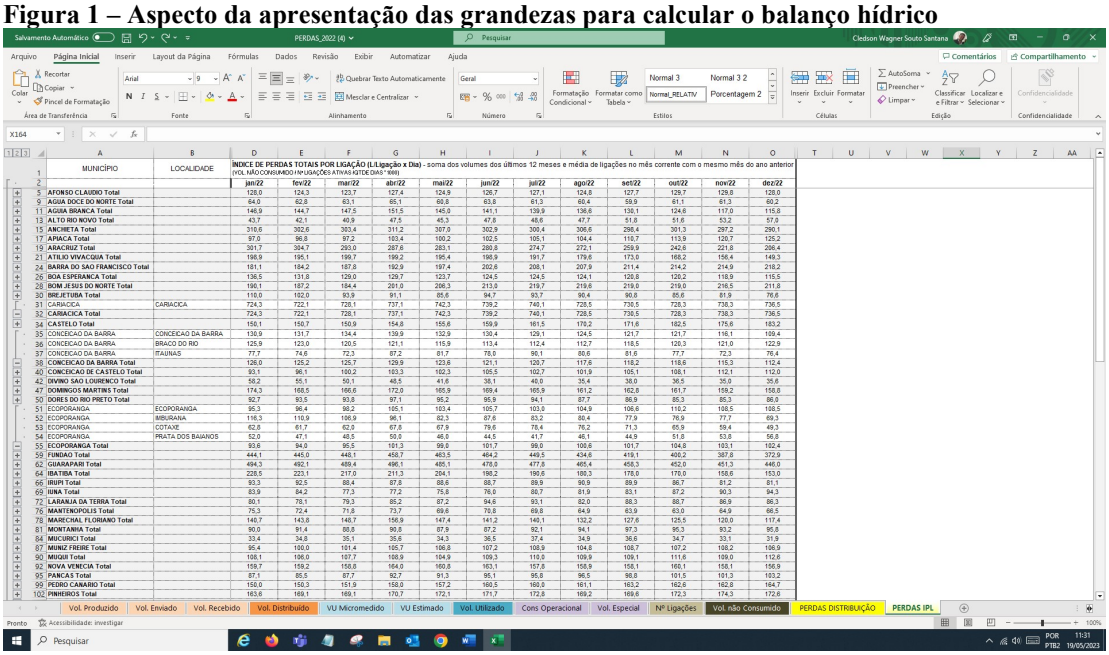
O acesso direto e indiscriminado aos bancos de dados nativos é evitado, para não atrapalhar as funções originais e desempenhos dos sistemas informatizados. Por isso, a alternativa adotada para facilitar o uso compartilhado de dados dos vários sistemas foi constituir *data warehouses*, que são bancos de dados para onde

os dados gerados nos sistemas originais são copiados, tratados e disponibilizados para outros usos. Dessa forma, foi possível "conectar" o balanço hídrico construído na plataforma Power BI aos dados disponibilizados, após o final da contratação.

Diante desse cenário, este trabalho compartilha os principais desafios enfrentados pela CESAN em sua jornada para coleta, tratamento e uso de dados com o objetivo de automatizar a elaboração de balanços hídricos *top-down* de municípios e setores de abastecimento, e de *bottom-up* de distritos de medição e controle, utilizando o *software* Power BI. Automatizar provoca autorreflexão do que se está executando, força a pensar de forma holística, a integrar papéis, a padronizar conceitos e a compatibilizar interfaces.

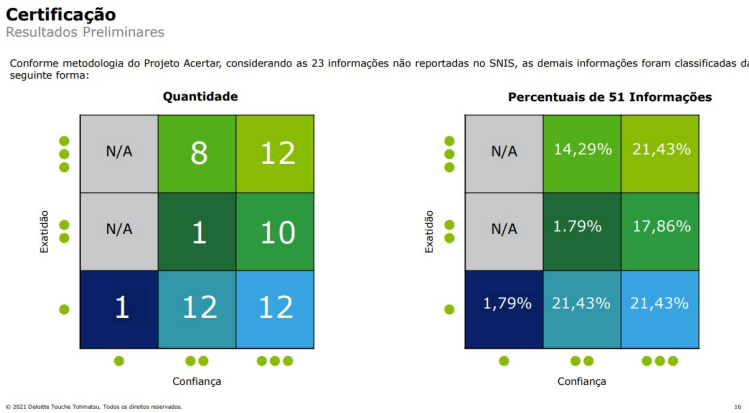
As grandezas utilizadas para calcular os balanços hídricos *top-down* de municípios e setores de abastecimento dos municípios do interior são apresentados em planilha eletrônica (Figura 1), sem a tipificação do volume total perdido. Esse formato foi adotado para facilitar os cálculos do Índice de Perdas na Distribuição [%] e do Índice de Perdas por Ligação [l/lig/dia]. Não havia qualquer relatório que apresentasse as grandezas tampouco os balanços hídricos *bottom-up* para os distritos de medição e controle. Além disso, auditoria da Agência de Regulação de Serviços Públicos do Espírito Santo (ARSP) realizada em 2022 com dados de 2020 apontou que das 56 informações reportadas ao Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), 25% não demonstram nota máxima na exatidão nem na confiança (Figura 2), tendo dados que afetam o balanço hídrico.

Figura 1 – Aspecto da apresentação das grandezas para calcular o balanço hídrico



Fonte: Sistema de Informações Comerciais e Operacionais (Sincop).

Figura 2 – Níveis de confiança e exatidão das informações de 2020 reportadas ao SNIS



Fonte: Relatório de auditoria ARSP / Deloitte, 2022.

OBJETIVO(S)

Objetivo geral: melhorar a qualidade dos balanços hídricos na CESAN.

Objetivos específicos:

- melhorar a confiança e a exatidão dos dados utilizados para calcular balanços hídricos;
- melhorar os procedimentos comerciais e operacionais que geram e tratam os dados;
- melhorar os cadastros onde os dados são gerados, armazenados e tratados;
- capacitar as pessoas envolvidas na geração e no tratamento dos dados;
- melhorar as tecnologias utilizadas para gerar, tratar e utilizar os dados;
- melhorar a integração entre sistemas informatizados para automatizar os cálculos;
- capacitar as pessoas envolvidas na interpretação dos balanços hídricos.

METODOLOGIA UTILIZADA

De uma forma geral, a metodologia utilizada neste trabalho foi a análise exploratória dos dados em suas mais variadas formas de apresentação (inventários, cadastros, tabelas, mapas, medições, relatórios, ...) dentro dos diversos sistemas informatizados da CESAN e junto aos empregados envolvidos com o processo-gerador (não-estruturados), para entender como o dado era gerado, carregado ou disponibilizado. A equipe partiu da análise dos conceitos de cada grandeza e auditou o fluxo de sua geração, muitas vezes verificando e comparando se os quantitativos estavam coerentes em relação ao seu histórico, a referenciais teóricos ou aos seus pares em outros municípios ou setores. Quando se identificava algo estranho, aplicavam-se ajustes no fluxo de geração do dado, corrigindo procedimentos, cadastros, atributos, códigos, nomenclaturas, ... Também, realizavam-se treinamentos junto aos empregados envolvidos. Além disso, em alguns casos, foram demandadas adequações na carga, no tratamento e/ou na apresentação dos dados nos sistemas informatizados da Empresa.

Na Tabela 2, estão listadas as grandezas dos balanços hídricos *top-down* e *bottom-up* que passaram por algum tipo de evolução, após a identificação de problemas encontrados pela equipe de trabalho. Na medida em que os problemas foram sendo identificados, as soluções foram implantadas de forma independente entre si, a depender da complexidade de cada solução e dos recursos disponíveis para sua implantação. Para algumas soluções serem executadas em tempo hábil, foi necessário realizar a contratação de uma empresa por quase dois anos a fim de obter os dados necessários e aprender como são gerados / coletados.

Tabela 2 – Tratamento dos dados

Grandeza afetada	Problema identificado	Soluções implantadas
Volume de entrada	Inconsistências na contabilização dos volumes de entrada	Atualização do inventário de ETAs, Atualização do inventário de macromedidores, Revisão da vinculação de macromedidores aos municípios e setores de abastecimento
Volume de entrada	Falhas de macromedição e lacunas no histórico	Elaboração de planos operacionais de setores com telemetria para auxiliar no preenchimento de falhas, Cadastro das saídas de ETAs no Sistema de Gestão da Operação de ETAs, Registro de volumes dos sistemas sem telemetria, Treinamento de empregados
Volume de entrada	Falta de medição dos volumes im/exportados	Capeamento e interligação de redes, Instalação de macromedidor, Atualização cadastral de macromedidor, Revisão da vinculação de macromedidores aos municípios e setores de abastecimento
Volume de entrada	Consumo interno de ETA contabilizado após macromedidor da distribuição	Reposicionamento do macromedidor ou da ligação do consumo interno da ETA
Volume de entrada	Estimativas incoerentes da distribuição com macromedidor ausente ou defeituoso	Verificação dos desvios de medição dos macromedidores, Investigação dos consumos internos da ETA, Aquisição e instalação de macromedidores, Monitoramento do Índice de Perdas da Produção, Revisão da estimativa da medição

Volume de entrada	Falha na telemetria	Leitura periódica local, Elaboração de procedimento, Treinamento de empregados
Volume de entrada	Margem de erro	Contratação de empresa para levantamento dos desvios dos macromedidores
Consumo autorizado faturado medido e estimado	Bairros cadastrados em cidades equivocadas	Atualização cadastral de bairros por cidade no Sistema Comercial
Consumo autorizado faturado medido	Setor de abastecimento inexistente ou desatualizado	Criação ou atualização do polígono de setor de abastecimento
Consumo autorizado faturado estimado	Alteração do regramento tarifário sobre o volume faturado	Estudo sobre o consumo de ligações sem hidrômetro e com ocorrências de leitura, Elaboração de Nota Técnica Comercial determinando regramento da contabilização do volume faturado, Ajuste no Sistema Comercial
Consumo autorizado não faturado	Consumo próprio não era medido nem contabilizado	Atualização do inventário de unidades próprias, Instalação de hidrômetros nas unidades próprias (exceto ETAs), Ajuste no Sistema Comercial para permitir a carga do dado sem faturar, Inclusão da leitura destes hidrômetros nos ciclos, Criação de formulário para repasse de volumes, Criação de e-mail para recepção dos formulários, Criação de planilha eletrônica para classificar e tratar o dado, Ajuste no Sistema de Macromedição para guardar os volumes, Elaboração de procedimento, Treinamento de empregados
Consumo autorizado não faturado	Volume utilizado pelos bombeiros no interior não era repassado nem contabilizado	Sensibilização dos bombeiros, Inclusão dos volumes utilizado pelos bombeiros nos municípios do interior, Atualização do inventário de hidrantes, Distribuição do volume municipal por setor, Criação de formulário para repasse de volumes, Criação de e-mail para recepção dos formulários, Criação de planilha eletrônica para classificar e tratar o dado, Ajuste no Sistema de Macromedição para guardar os volumes, Elaboração de procedimento, Treinamento de empregados
Consumo autorizado não faturado	Diferentes formas de registrar o volume do abastecimento via carro pipa	Atualização do inventário de tomadas de carro pipa, Levantamento e unificação dos procedimentos utilizados pelas manutenções, Melhoria do registro das solicitações de serviços, Criação de formulário para repasse de volumes, Criação de e-mail para recepção dos formulários, Criação de planilha eletrônica para classificar e tratar o dado, Ajuste no Sistema de Macromedição para guardar os volumes, Elaboração de procedimento, Treinamento de empregados
Consumo autorizado não faturado	Volume de uso social não era contabilizado	Atualização das áreas irregulares, Contabilização do número de economias, Estimativa do consumo médio mensal unifamiliar, Criação de formulário para repasse de volumes, Criação de e-mail para recepção dos formulários, Criação de planilha eletrônica para classificar e tratar o dado, Ajuste no Sistema de Macromedição para guardar os volumes, Elaboração de procedimento, Treinamento de empregados
Consumo autorizado não faturado	Volume de interligação, limpeza e descarga de redes	Levantamento e unificação dos procedimentos utilizados pelas manutenções, Melhoria do registro das solicitações de serviços, Criação de formulário para repasse de volumes, Criação de e-mail para recepção dos formulários, Criação de planilha eletrônica para classificar e tratar o dado, Ajuste no Sistema de Macromedição para guardar os volumes, Elaboração de procedimento, Treinamento de empregados

Consumo autorizado não faturado	Volume de limpeza e estanqueidade de reservatórios	Levantamento e unificação dos procedimentos utilizados pelas manutenções, Melhoria do registro das solicitações de serviços, Criação de formulário para repasse de volumes, Criação de e-mail para recepção dos formulários, Criação de planilha eletrônica para classificar e tratar o dado, Ajuste no Sistema de Macromedição para guardar os volumes, Elaboração de procedimento, Treinamento de empregados
Consumo não autorizado	Desconhecimento da quantidade de ligações clandestinas	Atualização cadastral das áreas irregulares, Capeamento e interligação de redes, Contratação de empresa para mapear ligações clandestinas em áreas regulares na base cartográfica
Consumo não autorizado	Desconhecimento da quantidade ligações ativas com fraude	Contratação de empresa para realizar amostragem estatística
Consumo não autorizado	Desconhecimento da quantidade de ligações inativas com fraude	Contratação de empresa para realizar amostragem estatística
Consumo não autorizado	Desconhecimento do consumo médio de uma ligação clandestina	Atualização cadastral das áreas irregulares, Capeamento e interligação de redes, Instalação de macromedidor para monitoramento do consumo
Consumo não autorizado	Desconhecimento do consumo da ligação ativa com fraude	Estudo do consumo antes e após a retirada da fraude
Consumo não autorizado	Desconhecimento do consumo da ligação inativa com fraude	Estudo do consumo após a regularização
Consumo não autorizado	Margens de erro	Contratação de empresa para realizar estudo estatístico
Submedição	Desconhecimento do Índice de Desempenho da Medição	Contratação de empresa para realizar amostragem estatística, realizar testes de laboratório e determinar o Índice de Desempenho da Medição e margem de erro
Índice de vazamento de infraestrutura	Desconhecimento da pressão média do sistema	Criação ou atualização do polígono de setor de abastecimento, de distrito de medição e controle, das áreas de influência de reservatórios, elevatórias e válvulas redutoras de pressão, Contratação de empresa para realizar registros de pressão nas áreas de influência e determinar a pressão média
Índice de vazamento de infraestrutura	Desconhecimento da extensão de rede por polígono	Atualização cadastral da extensão de redes, Elaboração de rotina para recorte das redes por polígono, Elaboração de rotina para contabilização de extensão por polígono
Custo marginal por volume de água	Desconhecimento do custo para produzir e distribuir água	Levantamento de dados no Sistema Financeiro Corporativo, Elaboração de relatório com estratificação dos custos
Perda real em DMCs	DMC inexistente ou desatualizado	Criação ou atualização do polígono de distrito de medição e controle
Perda real em DMCs	Pressão média do DMC	Contratação de empresa para medir e calcular pressão média do DMC
Perda real em DMCs	Vazão de entrada do DMC	Contratação de empresa para registrar vazão simultaneamente ao registro da pressão
Perda real em DMCs	Desconhecimento da quantidade de ligações totais no DMC	Criação ou atualização do polígono de distrito de medição e controle
Desempenho de sistema informatizado	Acessos múltiplos aos bancos de dados dos sistemas informatizados	Contratação de segunda empresa para extração, transformação e carregamento de dados, revisão, criação e disponibilização de *datamarts* para cada sistema
Automação da carga dos balanços hídricos	Tempo gasto na organização das planilhas de carga	Contratação de segunda empresa para vincular planilhas de carga do balanço hídrico aos *datamarts* de cada sistema

RESULTADOS OBTIDOS

Por meio de mão-de-obra própria, foram criados cerca de 200 relatórios no *IBM Cognos Analytics* (Figura 3), para auxiliar no monitoramento, diagnóstico e controle das grandezas que afetam as perdas de água, utilizando *software* disponível e especialista em *big data* da CESAN. Ao longo de três anos foram realizados treinamentos com empregados dos processos que afetam o balanço hídrico.

Figura 3 – Aspecto da apresentação da lista de relatórios no IBM Cognos Analytics



Ao final do contrato para elaboração dos balanços hídricos, a contratada entregou um arquivo-projeto em *PBI* com a apresentação dos balanços, mediante carregamento manual dos dados de entrada (Figura 4).

Figura 4 – Inter-relacionamento entre as planilhas dos dados de entrada



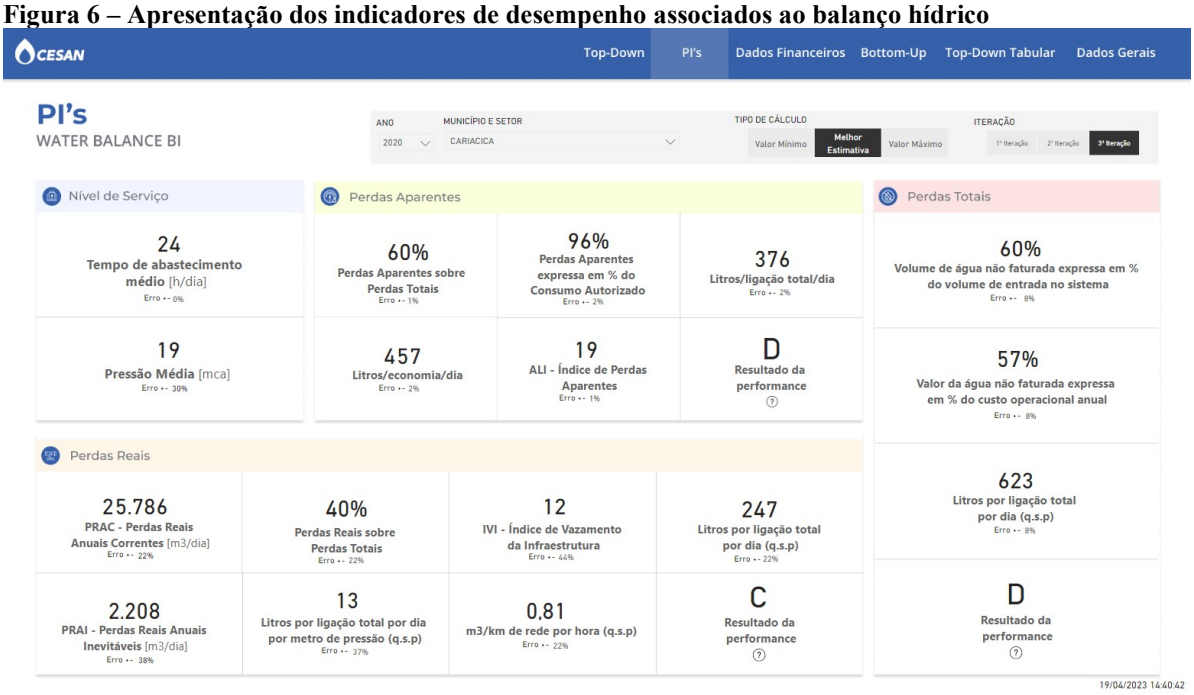
A Figura 5 apresenta como se dá visualização do balanço hídrico *top-down* de municípios e setores de abastecimento no *PBI*. Ao clicar sobre o "Consumo não autorizado", são apresentadas as contribuições das fraudes em ligações ativas, das fraudes em ligações inativas e das ligações clandestinas nesse volume.

Figura 5 – Apresentação do balanço hídrico *top-down*



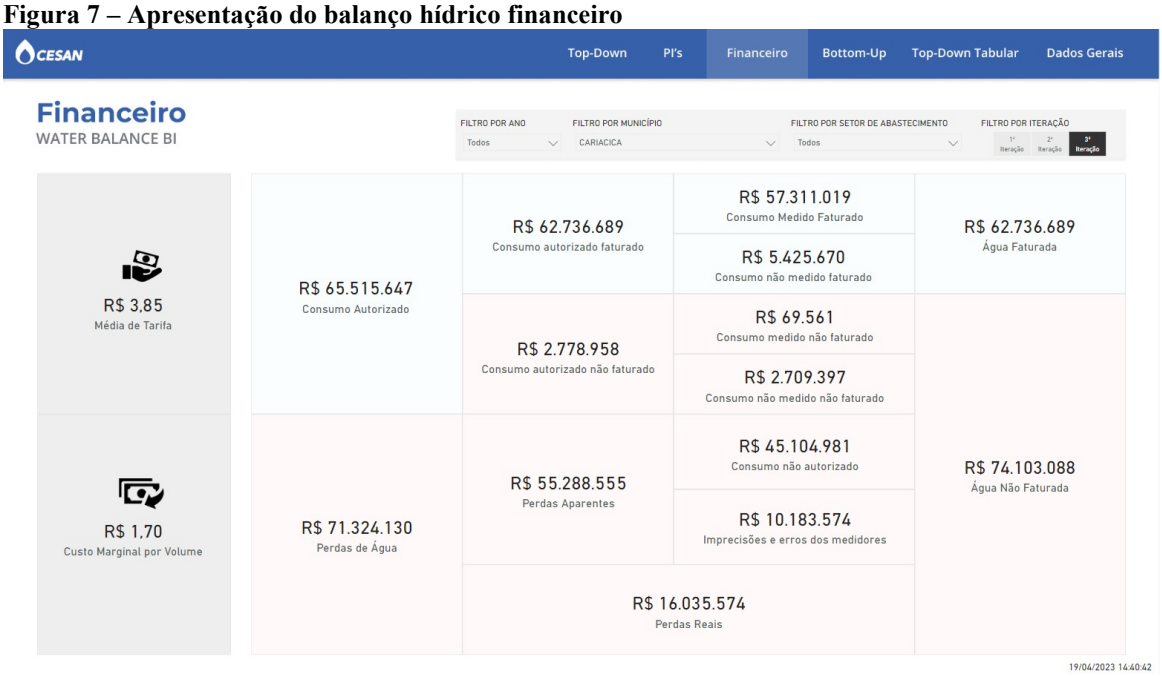
Indicadores de desempenho associados ao balanço hídrico também são disponibilizados, a fim de auxiliar no diagnóstico do município ou setor de abastecimento (Figura 6). Ao clicar sobre "Resultado da Performance", abrem-se quadros explicando cada uma das classificações do nível de perdas totais, reais e aparentes.

Figura 6 – Apresentação dos indicadores de desempenho associados ao balanço hídrico



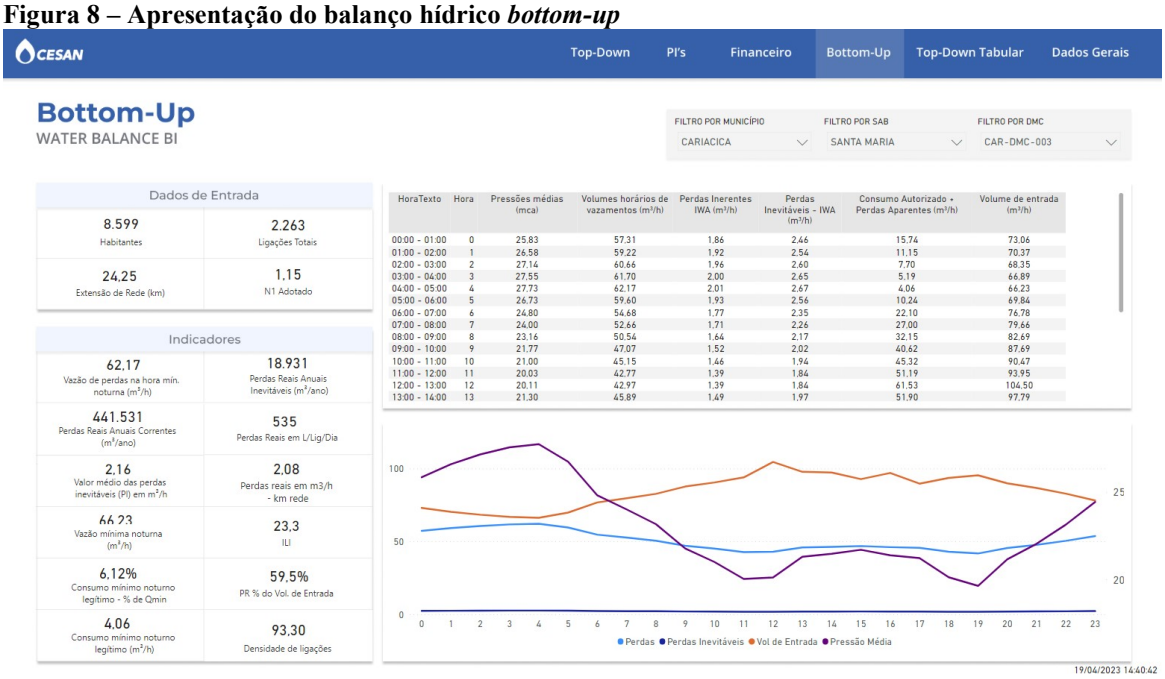
Também foi disponibilizado o balanço hídrico financeiro das perdas, apresentando as receitas e os prejuízos em função da "Média de tarifa" e do "Custo marginal por volume", que é o somatório das despesas direta e indireta de pessoal, com materiais, de terceiros e gerais, dividido pelo volume produzido (Figura 7).

Figura 7 – Apresentação do balanço hídrico financeiro



Além dos três relatórios anteriores, também foi disponibilizada tela para apresentação do balanço hídrico *bottom-up* de distritos de medição e controle (Figura 8), onde podem ser observados os gráficos de vazão, pressão e de perdas. Assim como são apresentados os indicadores de desempenho para auxiliar no diagnóstico.

Figura 8 – Apresentação do balanço hídrico *bottom-up*



Um segundo contrato, desta vez para contratação de postos de trabalhos com dedicação exclusiva para atuação como Analista de *BI OLAP* e Analista de *BI ETL*, para realizar a extração, transformação e carregamento de dados, revisão, criação e disponibilização de *datamarts* para cada sistema, vinculando as planilhas de carga dos balanços hídricos.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Há bastante tempo, a CESAN monitora os volumes de entrada, consumidos autorizados faturados e totais perdidos das sedes e distritos dos municípios onde atua. Também monitora, antes de forma imperfeita, os consumos autorizados não faturados. Com estes dados, calcula os Índices de Perdas na Distribuição [%] e de Perdas por Ligação [l/lig/dia], sem aplicar a metodologia para apuração dos balanços hídricos *top-down* e *bottom-up* conforme recomendado pela literatura. Essa forma de monitoramento não permitia a identificação de quanto, onde e porque se perdia água, pela falta da tipificação dos volumes perdidos, atrapalhando a definição e aplicação de ações de combate às perdas.

As ações desenvolvidas nos últimos anos promoveram melhorias em dois sentidos: 1) na tipificação do volume perdido dentro do balanço hídrico e 2) na melhoria da qualidade (confiança e exatidão) dos dados utilizados para calculá-lo. A medição confiável de todos os volumes de água pode e deve ser um componente integrante do abastecimento de água, da gestão da demanda por água e da determinação das perdas (ARSAE-MG, 2015). Hoje, é possível calcular todos os componentes do balanço hídrico *top-down* de municípios e setores de abastecimento, disponibilizando os resultados de forma amigável a todos os empregados da Empresa. Treinamentos e *workshops* foram realizados para ensinar como traduzir e avaliar seus resultados.

A análise estatística, por meio da técnica de amostragem, possibilitou a estimativa confiável do número de irregularidades em ligações ativas e inativas, e erros de medição de hidrômetros (Marchezepe, B.K. *et al*, 2022a). A quantidade de ligações clandestinas foi contabilizada observando na base cartográfica construções sem ligações. Esses quantitativos, multiplicados pelos consumos médios mensais das economias fraudadoras ativa, inativa e clandestina, retornam o volume do consumo não autorizado. Que, somando ao volume da submedição, dá o volume perdido aparente. No balanço hídrico *top-down*, o volume perdido real é igual ao volume perdido total menos o volume perdido aparente.

O indicador de desempenho Índice de vazamento da infraestrutura (IVI ou ILI) associado ao balanço hídrico *top-down* do setor de abastecimento foi comparado à média ponderada pelo número de ligações do mesmo indicador, obtido(s) no(s) balanço(s) hídrico(s) *bottom-up* do(s) DMC(s) contido(s) dentro dele. Caso fossem diferentes, ajustes eram inseridos nos consumos médios mensais das economias ativa, inativa ou clandestina ou na submedição do setor de abastecimento, ou na(s) pressão(ões) média(s) estimada(s) para o(s) DMC(s), a fim de obter o resultado mais preciso e fiel que represente a realidade.

CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

Após anos de auditoria e organização da forma como os dados, utilizados para calcular os balanços hídricos *top-down* e *bottom-up*, são gerados, estimados, tratados e armazenados, e de duas contratações para extração, transformação e carregamento de dados, revisão, criação e disponibilização de *datamarts* para cada sistema de armazenamento, a CESAN conseguiu calcular e disponibilizar os balanços hídricos de 2020, 2021 e 2022 nesse formato e uma vasta quantidade de relatórios operacionais e comerciais, que permitem identificar onde, quanto e porque se perde volumes de água, auxiliando na obtenção de diagnósticos mais precisos e no apontamento de soluções mais oportunas e assertivas.

Junto às contratações, a CESAN aprendeu metodologias e absorveu tecnologias suficientes para poder, por si só, coletar/estimar os dados em seus sistemas de abastecimento e informatizados e, dessa maneira, conseguir calcular/estimar os componentes do balanço hídrico de forma mais confiável e exata. Esforços têm sido direcionados para melhorar os processos que geram os dados, a fim de facilitar sua coleta ou estimativa, evitar lacunas, tendências e/ou desconexão cadastral com os demais, e compatibilizar a difusão e assincronia entre si.

A jornada para automação dos balanços hídricos *top-down* de municípios e setores de abastecimento e *bottom-up* de distritos de medição e controle está longe do fim, pois depende de dados periódicos, mecanizados e atualizados que representem as mudanças comportamentais do consumo, as modificações e a expansão de um sistema de abastecimento. Por isso recomendamos que auditoria sobre a coleta/geração de dados seja realizada sempre que uma alteração significativa acontecer, assim como melhorar o refinamento da amostragem estatística para obter quantitativos e consumos não autorizados por município ou por setor de abastecimento. Além de aprimorar a obtenção da pressão média em cada ponto do sistema de distribuição. Automatizar o balanço hídrico depende inevitavelmente da automação dos dados que o geram.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE-MG), Tradução da publicação: *Losses from water supply systems: standard terminology and recommended performance measures. The blue pages.* Ed. A. Lambert e W. Hirner, *International Water Association (IWA)*, 2015.

2. Associação Brasileira das Agências de Regulação (ABAR), Orientações gerais sobre a execução do guia de certificação do Projeto Acertar por parte das agências reguladoras de serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, 2018.

3. Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento (AESBE), Guias práticos: Série Balanço Hídrico, Volumes 1, 2, 3, 4, 5 e 6, 1ª edição, 2015.

4. Atalla, A. A. *et al*, Comparação de resultados de balanços hídricos *top x down* e *bottom x up* para diversos municípios do ES, Encontro Técnico AESabesp 33º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2022.

5. Lambert, A. *et al*, *Water losses management and techniques*, 2002.

6. Marchezepe, B.K. *et al*, Análise da condição dos hidrômetros e IDM médio, Encontro Técnico AESabesp 33º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2022a.

7. Marchezepe, B.K. *et al*, Clusterização e utilização de amostras estatísticas aplicadas na obtenção de dados de campo em saneamento, Encontro Técnico AESabesp 33º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente, 2022b.