



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CAIO GONÇALVES DANTAS  
MATHEUS LELIS ALVES

**O PAPEL DA TECNOLOGIA NO MONITORAMENTO DOS CONTRATOS POR  
DEMANDA DE ÁGUA**

Recife  
2023

**O PAPEL DA TECNOLOGIA NO MONITORAMENTO DOS CONTRATOS POR  
DEMANDA DE ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva

Recife

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Dantas, Caio Gonçalves.

O papel da tecnologia no monitoramento dos contratos por demanda de água / Caio Gonçalves Dantas, Matheus Lelis Alves. - Recife, 2023.  
34 p. : il.

Orientador(a): Anderson Luiz Ribeiro de Paiva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil - Bacharelado, 2023.

1. Telemetria. 2. Demanda. 3. Monitoramento. I. Alves, Matheus Lelis. II. Paiva, Anderson Luiz Ribeiro de. (Orientação). III. Título.

620 CDD (22.ed.)

CAIO GONÇALVES DANTAS E MATHEUS LELIS ALVES

**O PAPEL DA TECNOLOGIA NO MONITORAMENTO DOS CONTRATOS POR  
DEMANDA DE ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 12 de junho de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. José Roberto Gonçalves de Azevedo  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Engenheiro civil, MSc. Lucas Tardelly Lins Mariz Ferreira  
Universidade Federal de Pernambuco

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço aos nossos pais, Maria Francinete Lelis, Otacílio Alves, Silvio Dantas e Ana Goretti por estarem sempre ao nosso lado durante todos estes anos de curso, sempre nos incentivando e nos apoiando em todas as decisões.

E aos demais familiares e amigos por estarem sempre presentes tanto nos momentos mais difíceis, como nos de distração e por toda a compreensão durante este período de curso.

Agradecemos a todos os professores do curso de Graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco por todo o ensinamento fornecido durante todos esses anos, transmitidos com bastante cuidado a fim de que nos tornássemos melhores.

Em especial, gostaríamos de agradecer ao Prof. Anderson Paiva, nosso orientador, que sempre se fez presente, compartilhando seus conhecimentos para que o objetivo final fosse atingido com êxito.

Este trabalho é reflexo da nossa caminhada na engenharia civil, sendo assim, gostaria de agradecer a todos os profissionais que cruzaram o nosso caminho durante o curso e contribuíram para que fosse possível chegar até aqui.

A todos os nossos colegas de curso, nossos profundos agradecimentos. A caminhada teria sido muito mais árdua sem a existência de pessoas de confiança que sempre estiveram ao nosso lado, tanto para dar leveza no dia a dia, como para estender a mão nos momentos de dificuldades.

Por fim, agradecemos a todos os membros da banca, que se dispuseram a estar presente neste momento tão importante. Muito obrigado.

## RESUMO

O Marco Legal do Saneamento Básico aprovada pelo Congresso Nacional sancionada pela Presidência da República no dia 15 de julho de 2020, aumentou a segurança jurídica e a previsibilidade necessária à atração de investimentos privados para o setor do saneamento. Desta forma, o novo marco legal surgiu como uma medida bastante positiva para os brasileiros, uma vez que poderá impulsionar os investimentos no setor, resultando em mais saúde e bem-estar para a população. Os benefícios dos novos investimentos que estão sendo feitos no saneamento estão abrindo portas para a aplicação de tecnologias que visam a redução no índice de perda dos sistemas de distribuição de água das cidades brasileiras, que hoje é a maior preocupação das concessionárias de água e esgoto, visto que em 2018, o Índice de perdas na distribuição (IN049) no Brasil é de 38,5% (SNIS, 2019). Ou seja, 38,5% do volume de água disponibilizado não foi contabilizado como volume utilizado pelos consumidores, seja por vazamentos, falhas nos sistemas de medição ou ligações clandestinas. A partir de um sistema de monitoramento por telemetria, é possível acompanhar em tempo real diversas grandezas e fazer cruzamentos de informações para que sejam identificadas essas perdas no abastecimento, sejam elas perdas reais ou aparentes. O sistema de telemetria da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) possui inúmeras funcionalidades para a redução dessas perdas. Uma dessas funcionalidades é específica para o monitoramento dos contratos por demanda existentes no estado. Os contratos por demanda são caracterizados quando o cliente se compromete com um consumo de um volume mínimo mensalmente, e por isso, recebe um abatimento no valor do metro cúbico consumido. Porém, como em muitas regiões do estado de Pernambuco o fornecimento de água não é realizado de forma ininterrupta, muitas vezes existe um impasse entre a concessionária e o cliente sobre o real motivo do cliente não ter consumido o volume contratado. Dessa forma, a solução encontrada pela COMPESA e pela empresa fornecedora do sistema de telemetria utilizada pela concessionária, foi a instalação de sensores de pressão em conjunto com os hidrômetros das ligações dos clientes. Além disso, as informações desses dois instrumentos de medição estão sendo enviadas através de aparelhos de comunicação de baixo custo que utilizam a tecnologia IoT (Internet das Coisas). A partir do cruzamento dos dados de consumo do cliente e da pressão na ligação durante vários momentos do dia é possível verificar a disponibilidade do abastecimento de água, além de determinar o real motivo nos casos em que o volume mínimo de água contratado não é atingido.

**Palavras-chave:** telemetria; demanda; monitoramento.

## ABSTRACT

The Legal Framework for Basic Sanitation approved by the National Congress and sanctioned by the Presidency of the Republic on July 15, 2020, increased the legal certainty and the necessary predictability to attract private investments to the sanitation sector. In this way, the new legal framework emerged as a very positive measure for Brazilians, since it could boost investments in the sector, resulting in more health and well-being for the population. The benefits of new investments that are being made in sanitation are opening doors for the application of technologies aimed at reducing the rate of loss in water distribution systems in Brazilian cities, which today is the biggest concern of water and sewage concessionaires, since in 2018, the Distribution Loss Index (IN049) in Brazil is 38.5% (SNIS, 2019). That is, 38.5% of the volume of water made available was not accounted for as the volume used by consumers, whether due to leaks, failures in the measurement systems or illegal connections. Using a telemetry monitoring system, it is possible to monitor various magnitudes in real time and cross-reference information so that supply losses are identified, whether they are real or apparent losses. The telemetry system of the Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) has numerous functionalities to reduce these losses. One of these functionalities is specific for monitoring existing on-demand contracts in the state. On-demand contracts are characterized when the customer commits to a consumption of a minimum monthly volume, and therefore receives a reduction in the value of the cubic meter consumed. However, as in many regions of the state of Pernambuco the water supply is not carried out uninterruptedly, there is often an impasse between the concessionaire and the customer about the real reason why the customer has not consumed the contracted volume. In this way, the solution found by COMPESA and the company that supplies the telemetry system used by the concessionaire was the installation of pressure sensors together with the water meters of the customers' connections. In addition, the information from these two measuring instruments is being sent through low-cost communication devices that use IoT (Internet of Things) technology. By cross-referencing the customer's consumption data and the connection pressure at various times of the day, it is possible to check the availability of the water supply, in addition to determining the real reason in cases where the minimum volume of water contracted is not reached.

**Keywords:** telemetry; on-demand; monitoring.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Água consumida no Brasil em 2018.....	14
Figura 2 - Modelo geral de um sistema de abastecimento de água.....	16
Figura 3 - Sensor acoplado ao hidrômetro .....	29
Figura 4 - Distribuição do consumo e pressão durante o outubro de 2022 .....	32
Figura 5 - Distribuição do consumo e pressão durante dezembro de 2022.....	33
Figura 6 - Número de períodos com pressão e sem consumo por dia durante dezembro de 2022	34

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Faixas de preço por consumo em residências .....	24
Tabela 2 - Faixas de preço para diferentes tipos de clientes .....	25

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	14
1.2	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	15
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>16</b>
2.1	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	16
2.2	TIPOS DE PERDAS	19
<b>2.2.1</b>	<b>Perdas reais</b>	<b>19</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Perdas aparentes</b>	<b>20</b>
2.3	MONITORAMENTOS DAS REDES	21
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>23</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDO	23
3.2	CONTRATO POR DEMANDA	24
3.3	PLATAFORMA DE MONITORAMENTO POR TELEMETRIA	26
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>30</b>
4.1	CASO 1: MONITORAMENTO DO CONTRATO POR DEMANDA EM SHOPPING CENTER	31
4.2	CASO 2: MONITORAMENTO DO CONTRATO POR DEMANDA EM HOSPITAIS	32
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>35</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>36</b>

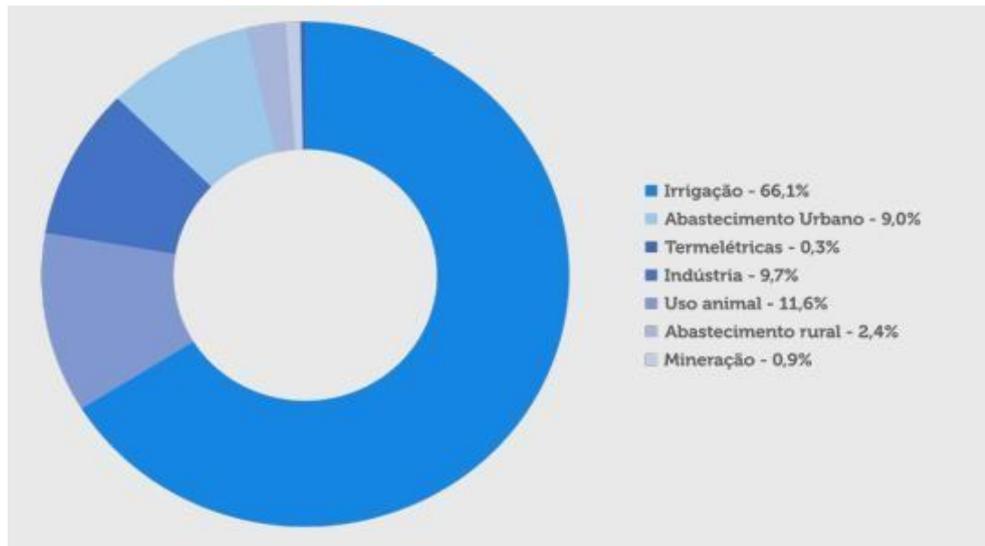
## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com a maior reserva hidrológica do planeta. Segundo a Agência Nacional de Águas, o Brasil possui 12% de toda a água doce do mundo, além de possuir 60% da bacia hidrográfica da Amazônia (ANA, 2010). No entanto, a maior parte da distribuição de todo esse volume de água docenão se encontra nas regiões com os maiores índices demográficos. O que torna a água, apesar de abundante, de difícil acesso a grande parte da população brasileira. Analisados os dados sobre a disponibilidade do volume das reservas de água doce do país e do percentual da população em cada região, encontra-se que 70% do volume de água fica na região norte, 15% na região centro-oeste, 6% no Sudeste, 6% no Sul e por fim 3% na região nordeste (SNIS, 2019).A distribuição demográfica se comporta de maneira quase que inversa com as regiões sudeste,nordeste e sul, juntas com a população equivalente a 88% da população total do país, e enquantoapenas 15% da água do país se encontra nestas regiões.

De forma geral, é muito comum associar diretamente o consumo de água ao abastecimento urbano. No entanto, de acordo com um levantamento realizado pelo SNIS em 2019, o consumo industrial representa 9,5% do total de água consumida no Brasil em 2018. Enquanto o consumo urbano totalizou 9,1%, como pode ser observado na Figura 1. Este fato reitera a importância da água neste setor(SNIS, 2019).

Nas últimas décadas, com o avanço das atividades humanas e industriais, houve uma crescente capacidade de alteração do meio ambiente. Por uma questão de sobrevivência em um mundo cada vez mais competitivo, as empresas estão tendo que ampliar sua produtividade. E como resultado dessa busca, há um maior consumo dos recursos naturais, incluindo um aumento do consumo de água e, conseqüentemente, uma maior geração de resíduos e efluentes. Isso pode ser verificado no Relatório das Nações Unidas de 2015, o qual divulga que há uma previsão de crescimento de 400% do consumo de água pela indústria manufatureira no período entre 2000 e 2050, sendo que esse aumento ocorrerá principalmente em países em desenvolvimento (UNESCO, 2015).

Figura 1 - Água consumida no Brasil em 2018



Fonte: SNIS (2019).

Para atender essa crescente necessidade hídrica, as indústrias estão recorrendo a meios que viabilizem financeiramente este consumo. Nesta perspectiva, surgem os contratos por demanda de água. Estes contratos são acordos realizados entre as concessionárias e estes consumidores com o objetivo de estabelecer um consumo mínimo de água durante o mês, negociando valores mais atraentes para o consumo. No entanto, devido à realidade de escassez hídrica constatada no Brasil, este fornecimento de água não acontece de forma constante durante todo o decorrer do mês. Dessa forma, existem casos em que o volume mínimo do contrato por demanda não é atingido, justamente por esta escassez (ALVES PENA, 2010).

### 1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

Diante deste cenário de incerteza da disponibilidade de recursos hídricos, há a real necessidade das companhias de abastecimento de água de melhorar o monitoramento da sua quantidade real de água disponível e ofertada. Em especial atenção para o consumo em regime de contrato por demanda de grandes empreendimentos, como hospitais e shoppings na Região Metropolitana do Recife.

Para isto, será estudado a possibilidade de implantação de sensorização da rede de distribuição em dois estudos de casos, a fim de obter os dados da pressão e do volume de forma

periódica. Dando suporte a companhia de abastecimento local ter informações relevantes e necessárias para garantir sua oferta de água, conforme contratada.

## 1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

O objetivo geral deste trabalho é analisar como o monitoramento da pressão e do volume na rede de distribuição de água contribui para a constatação da disponibilidade de água em determinado período em contratos por demanda.

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- 1) Analisar como a pressão varia ao longo do tempo na rede;
- 2) Avaliar a aplicabilidade da telemetria para monitoramento em contratos por demanda;

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além deste primeiro capítulo, este trabalho é composto por mais quatro capítulos, como pode ser observado abaixo.

- 1) O Capítulo 2 é composto pelo referencial teórico sobre o tema em análise. Este contém informações a respeito do sistema de abastecimento de água, tipos de perdas de água e as tecnologias mais atuais de monitoramento da rede. Será apresentado um resumo teórico, com base em diversos artigos, teses e dissertações;
- 2) O Capítulo 3 é composto pela metodologia. Neste tópico são descritos os equipamentos e os métodos utilizados para o desenvolvimento do trabalho;
- 3) O Capítulo 4 traz uma análise dos dados estudados e coletados a fim de observar como o sistema de telemetria, através do monitoramento da pressão na rede, contribui na identificação de janelas temporais com escassez de água;
- 4) O Capítulo 5 apresenta a conclusão dos resultados analisados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

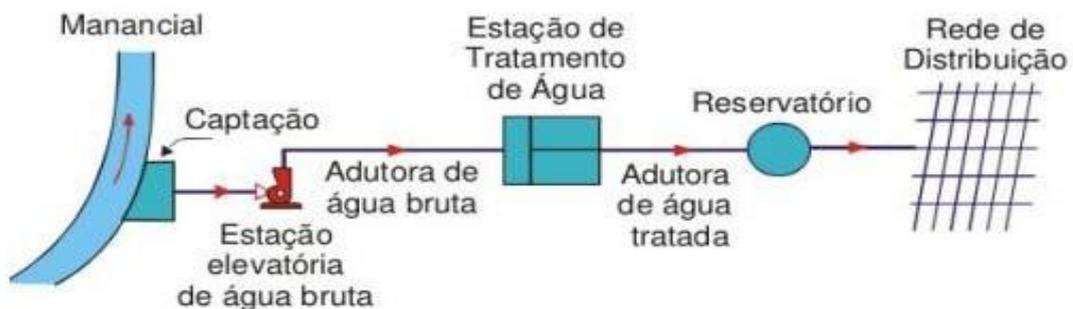
### 2.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um sistema de abastecimento de água se trata de um conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao fornecimento de água potável a uma comunidade para diversos fins, como o consumo doméstico, serviços públicos e o consumo industrial (AZEVEDO NETTO, 1998). A Figura 2 representa um modelo geral de um sistema.

Segundo Tsutiya (2006), um sistema de abastecimento pode ser dividido em sete componentes:

- **Manancial**
- **Captação**
- **Estação elevatória**
- **Adutora**
- **Estação de tratamento de água**
- **Reservatórios**
- **Rede de Distribuição**

Figura 2 - Modelo geral de um sistema de abastecimento de água



Fonte: Tsutiya (2006).

#### 2.1.1 Manancial

O manancial é uma região que tem a função de fornecer água para o abastecimento público. Apresenta-se na forma subterrânea ou superficial e deve suprir uma determinada demanda de projeto estabelecida, além de atender às exigências sanitárias (TSUTIYA, 2006).

### **2.1.2 Captação**

A captação é um complexo de obras que viabiliza a retirada de água do manancial. Para os mananciais superficiais, existem vários tipos de captação cujas características são ditadas tanto pelo porte e conformação do leito desses mananciais, associadas à topografia e geologia locais, como pela velocidade, qualidade e variação do nível de água. Na maioria dos casos, são empregados a captação direta, a barragem de nível, o canal de regularização, o canal de derivação, a torre detomada, o poço de derivação e o reservatório de regularização (DACACH, 1979).

As obras de captação devem ser projetadas e construídas de forma que, em qualquer época do ano, sejam asseguradas condições de fácil entrada de água e, tanto quanto possível, da melhor qualidade encontrada no manancial em consideração. Também, deve-se ter sempre em vista, ao desenvolver um projeto, facilidade de operação e manutenção ao longo do tempo (TSUTIYA, 2006).

Para a captação de água subterrânea podem ser utilizados drenos, galerias filtrantes, poços escavados (rasos) e poços perfurados (profundos), sendo este último o mais utilizado para o sistema de abastecimento de água (TSUTIYA, 2006).

### **2.1.3 Estação elevatória**

Estação elevatória é um conjunto de obras e equipamentos destinados a recalcar água para a unidade seguinte. Em sistemas de abastecimento de água, geralmente há várias estações elevatórias, tanto para o recalque de água bruta, como para o recalque de água tratada. Também é comum estação elevatória tipo “booster”, que se destina a aumentar a pressão e/ou vazão em adutoras ou redes de distribuição de água (TSUTIYA, 2006).

De acordo com Barros (1995), os componentes de uma instalação elevatória superficial são:

- Casa de bombas: local reservado para abrigar os conjuntos moto-bombas;
- Bomba: equipamento que realiza a sucção da água do reservatório de sucção para o ponto de recalque;
- Motor de acionamento: equipamento que aciona a bomba, geralmente de forma elétrica;
- Linha de sucção: conjunto de canalizações e peças que vão do poço de sucção até a entrada da bomba;
- Linha de recalque: conjunto de canalizações e peças que vão da saída da bomba até o reservatório ou ponto de recalque;
- Poço de sucção: reservatório de onde a água será recalçada;

### **2.1.4 Adutora**

Segundo Tsutiya (2006), a adutora é o conjunto de tubulações cujo objetivo é o transporte da água durante o trajeto desde a captação até a estação de tratamento. Importante ressaltar que a adutora não é responsável pela distribuição de água para os consumidores finais.

### **2.1.5 Estação de tratamento de água**

A estação de tratamento de água (ETA) tem o objetivo de fazer o tratamento da água bruta captada do manancial a fim de transformá-la em água potável que estaria pronta para o consumo humano.

Pode-se dividir os tipos de tratamento de água entre aquelas em que é utilizada a coagulação química e as que não são utilizadas. Além disso, também é possível classificar de acordo com a velocidade da filtração, rápida ou lenta (TSUTIYA, 2006).

### **2.1.6 Reservatórios**

Os reservatórios são unidades destinadas a reservar água durante determinados períodos, cuja finalidade é regularizar as variações horárias de vazão. Podem ser classificados como: Enterrados, semi- enterrados, apoiados ou elevados; de montante ou de jusante (TSUTIYA, 2006).

### **2.1.7 Redes de distribuição**

As redes de distribuição são compostas por todas as tubulações e dispositivos anexos interligados entre si e localizados nas vias e cujo objetivo é direcionar a água aos seus usuários finais em regime contínuo, com pressão adequada e atendendo todos os padrões de consumo necessários (HELLER, 2006).

O sistema de abastecimento torna-se bastante complexo, não só quanto ao dimensionamento, mas também quanto à operação e manutenção. Trata-se, em geral, da parte mais dispendiosa do projeto global de abastecimento, exigindo considerável atenção do projetista no que concerne aos parâmetros do sistema, hipóteses de cálculo assumidas e metodologias, de modo a obter um projeto eficiente (PORTO, 2004).

## **2.2 TIPOS DE PERDAS**

Ao analisar o volume de água produzido nas ETAs – Estação de Tratamento de Água e o volume durante toda sua distribuição pode-se perceber que há uma diferença de quantidade. Esta diferença representa a soma da Perda Real com a Perda Aparente.

As perdas em sistemas de abastecimento podem ocorrer por uma série de motivos infra estruturais e operacionais. Dentre eles, pode-se destacar as características da rede hidráulica, material e a forma como está sendo feita toda a operação (BEZERRA, 2013).

### **2.2.1 Perdas reais**

As perdas físicas ou reais são aquelas em que os volumes de água são perdidos antes mesmo de chegarem aos consumidores, através de vazamentos em seu percurso, desde as estações de tratamento de água até os pontos de entrega aos clientes, sejam eles corporativos, industriais ou residenciais. Os principais motivos para a ocorrência desses vazamentos são o desgaste das tubulações, devido ao seu envelhecimento e as elevadas pressões. As perdas reais, também conhecidas como perdas físicas, representam os vazamentos em adutoras, redes de

distribuição, cavaletes, estações de tratamento de água e extravasamento de reservatórios (BEZERRA, 2013).

Dentro das perdas reais, pode-se classificar os vazamentos em duas modalidades: Vazamentos visíveis e não visíveis.

Os vazamentos visíveis são aqueles que afloram na superfície do pavimento e das calçadas. Estes são de menor preocupação para as companhias de saneamento, já que são facilmente detectáveis e rapidamente reparados.

Já os vazamentos não visíveis, não afloram na superfície e sua localização depende da realização de ações de varredura nas redes e ramais para sua localização. Este segundo, é mais preocupante pois podem demandar grandes períodos e esforço para serem descobertos e corrigidos. A sensorização das tubulações que compõem os sistemas de distribuição de água permite que esses tipos de vazamentos sejam encontrados de forma mais célere e pouco invasiva, além de prever possíveis pontos de estiramentos e perdas (BEZERRA, 2013).

### **2.2.2 Perdas aparentes**

As perdas não físicas ou aparentes são aquelas em que os volumes de água são de fato consumidos pelos clientes, mas não são contabilizados pela companhia. Os principais motivos para tal problema são, as irregularidades nas ligações, ou seja, as fraudes e ligações clandestinas e o mau dimensionamento dos equipamentos de medição, hidrômetros, que acarretam na submedição do volume de água consumido (TARDELLI FILHO, 2006).

Segundo Tardelli Filho (2006), os principais motivos que ocasionam os erros de medição são as instalações inadequadas, os problemas de transmissão de dados quando se utiliza telemetria e o dimensionamento inadequado operando com baixa velocidade.

De maneira breve, esta classificação de perda refere-se a parcela de água que não é contabilizada para fins de faturamento da empresa, mas não é equivalente à perda física do recurso hídrico.

Outra forma de perda de receita pela concessionária por falta de instrumentação adequada ocorre nos clientes das concessionárias que possuem contrato por demanda, mas não utilizam o mínimo contrato com a alegação que o fornecimento não foi realizado de forma adequada, o que muitas vezes não é o que acontece na realidade. Muitas vezes o real motivo desse baixo consumo é a utilização de outras fontes de abastecimento por parte do cliente ou alguma falha de operação dos registros da ligação por parte da equipe de manutenção do próprio cliente.

O cenário onde as perdas de recursos hídricos são nulas não existe, ou seja, todos os sistemas de abastecimento do mundo, por melhor que seja a infraestrutura e sua operação e manutenção, possuem perdas de água

### 2.3 MONITORAMENTOS DAS REDES

Segundo Tsutiya (2006), as formas de monitoramento para controle e redução de perdas em sistemas de abastecimento de água têm passado por um incremento tecnológico bastante acentuado nos últimos anos.

Uma das formas bastante usuais, na atualidade, de monitorar as redes de distribuição de água é realizado através do acompanhamento dos instrumentos de medição de vazão e pressão que ficam espalhados por toda malha. A instalação de macromedidores, hidrômetros e sensores de pressão em locais estratégicos fornecem informações importantes sobre o estado de operação de todo o sistema.

As informações retiradas dos macromedidores instalados, juntamente com as informações dos hidrômetros que estão em cada ligação dos consumidores da concessionária, fornecem os dados necessários para a realização de um balanço hídrico de cada setor estudado. Dessa forma, o volume que foi fornecido a um determinado setor é comparado com o somatório dos volumes fornecidos em cada uma das ligações que são abastecidas pela água que passar pelo macromedidor em questão, com essa comparação pode-se identificar setores com perdas e assim agir para correção dos problemas e diminuição do desperdício. Por sua vez, os sensores de pressão são utilizados para extrair informações sobre a qualidade do abastecimento, ou seja, se a pressão objetiva, que é a pressão necessária para que haja o abastecimento em uma determinada região, está sendo alcançada. Além de identificar pontos com excesso de pressão onde possam ocorrer o desgaste das tubulações e surgimento de possíveis vazamentos.

Ao decorrer dos últimos anos, esses instrumentos, que antes só poderiam ser utilizados com uma equipe no local para realização das medições, começaram a ser instalados em conjunto com equipamentos de telemedição, ou seja, rádios e modems de comunicação que enviam os dados dos sensores a um servidor nas nuvens onde esses dados são armazenados e processados por um sistema de telemetria. Dessa forma, o acompanhamento que antes era realizado em grandes períodos, semanalmente ou até mesmo mensalmente, agora são monitorados em períodos de até 15 minutos, o que permitiu que curvas com de comportamento perdas fossem criadas e com isso estudo mais precisos e soluções mais eficazes puderam ser aplicadas.

Um sistema de telemetria pode ser caracterizado como um conjunto de equipamentos, softwares, hardwares, firmwares e outros serviços que juntos formam uma plataforma digital onde é possível acompanhar em tempo real qualquer tipo de medição que seja de interesse das concessionárias de saneamento.

No caso do sistema de telemetria utilizado pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) o sistema utilizado é de desenvolvimento e manutenção de uma empresa terceirizada, empresa parceira da COMPESA. O sistema de telemetria é utilizado pelas gerências comercial e operacional da concessionária, que através dos mesmos dados, mas com interpretações diferentes, conseguem informações importantes para tomadas de decisão mais rápidas e eficientes.

Para o setor comercial informações como o acompanhamento do faturamento já consolidado e a projeção do até o final do mês são essenciais para manter a previsibilidade do fluxo de caixa da concessionária e identificar qualquer problema nos equipamentos de medição ou no fornecimento que possam diminuir a receita da empresa. Por sua vez, o setor operacional utiliza o sistema de telemetria com o objetivo de encontrar pontos de perda, através do monitoramento das pressões nas redes.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

As informações levantadas neste trabalho foram retiradas da Plataforma do Sistema de Telemetria utilizado pela COMPESA. A concessionária pernambucana possui atualmente contratos com empresas fornecedoras de serviços de tecnologia da informação onde o principal objetivo é controlar o funcionamento das suas redes de distribuição de água.

Um desses contratos, tem como objetivo o monitoramento dos maiores consumidores da sua carteira de clientes. O monitoramento desses grandes clientes é considerado estratégico para as gerências comerciais da concessionária. Dessa forma, o investimento em um sistema de telemetria para acompanhamento em tempo real do volume consumido por esses consumidores é considerável imprescindível, já que, qualquer alteração ou erro na medição dessas ligações pode significar uma grande perda no faturamento e até mesmo gerar um desgaste na relação entre a concessionária e os seus clientes.

Em sua maioria, esses grandes consumidores são hospitais, shoppings centers, indústrias, grandes condomínios residenciais, além de estabelecimentos públicos como presídios, instituições de ensino e prédios de órgão públicos. Mais especificamente, no caso da COMPESA os seus maiores consumidores são as indústrias localizadas na região de Suape, as indústrias alimentícias e automobilísticas, além dos presídios e hospitais públicos e particulares. Além da importância do monitoramento desses tipos de consumidores para garantir que o faturamento não sofrerá alteração, o monitoramento em tempo real assegura que o abastecimento a esses clientes considerados sensíveis está sendo realizado de forma adequada e ininterrupta.

Neste trabalho, nossa área de estudo restringi-se aos grandes clientes que possuem contratos por demanda com a COMPESA, e por isso, possuem uma modalidade de sensorização diferente dos demais, onde além do monitoramento do volume, a pressão também será monitorada em tempo real. O cruzamento dessas informações é fundamental para o controle do cumprimento da demanda contratada pelo cliente. Onde serão pré-selecionados alguns casos para abordar e exemplificar a abordagem do sistema de monitoramento sob aspectos de diferentes tipos de clientes.

### 3.2 CONTRATO POR DEMANDA

A cobrança pelo consumo de água pelas concessionárias estaduais e municipais aos seus clientes por todo Brasil segue um padrão de escalonamento das tarifas. Dessa forma, ao contrário da lógica do mercado tradicional, quanto mais o cliente gasta mais caro ele paga pela unidade do metro cúbico. Essa lógica é aplicada com a intenção de incentivar o consumo consciente e sem desperdícios desse recurso escasso e finito (COMPESA, 2023).

A carteira de clientes das concessionárias é dividida em diversas categorias, são elas residencial, comercial, industrial e públicos, cada uma dessas categorias possui sua própria tabela de tarifas (Tabela 1).

Tabela 1 - Faixas de preço por consumo em residências

<b>CONSUMO</b>	<b>VALOR (R\$)</b>
Tarifa social até 10.000 L/mês	9,44
Até 10.000 L/mês	50,50
10.001 a 20.000 Litros	5,79
20.001 a 20.000 Litros	6,88
30.001 a 20.000 Litros	9,48
40.001 a 20.000 Litros	11,23
90.001 a 999.999.000 Litros	21,58

Fonte: COMPESA (2023).

Após breve análise da Tabela 1, fica evidente como o valor do metro cúbico sobe rapidamente quando o consumo do cliente ultrapassa além das primeiras faixas de consumo. Dessa forma, o efeito de tal formatação de cobrança sobre os clientes residenciais é de fato a redução no consumo e dos desperdícios, resultado esperado por essa política de cobrança. Porém, no caso dos clientes comerciais e indústrias, essa forma de cobrança não gera impactos diretos no volume consumido, isso se deve a real necessidade do alto consumo de água, seja nos processos produtivos das indústrias ou na rotina de grandes estabelecimentos comerciais (Tabela 2).

Por isso, com o objetivo de reduzir a conta de água, essas empresas partem para utilização de sistemas de reuso de água e fontes de abastecimento sustentáveis, como a captação de águas da chuva. Além dessas soluções, outra saída bastante utilizada por esses grandes clientes é o contrato por demanda.

Tabela 2 - Faixas de preço para diferentes tipos de clientes

<b>Comercial</b>	
<b>CONSUMO</b>	<b>VALOR (R\$)</b>
Até 10.000 L/mês	74,30
10.001 a 999.999.000 Litros	14,73
<b>Industrial</b>	
<b>CONSUMO</b>	<b>VALOR (R\$)</b>
Até 10.000 L/mês	93,10
10.001 a 999.999.000 Litros	19,73
<b>Industrial</b>	
<b>CONSUMO</b>	<b>VALOR (R\$)</b>
Até 10.000 L/mês	71,81
10.001 a 999.999.000 Litros	10,89

Fonte: COMPESA (2023).

Os contratos por demanda são acordos realizados entre as concessionárias e seus clientes com o objetivo de estabelecer um consumo mínimo de água por mês, em troca de uma redução significativa no valor do metro cúbico. Esse tipo de acordo é benéfico para as duas partes. No caso das concessionárias, ela possui a garantia de um valor mínimo de recorrência dos faturamentos de inúmero grandes clientes, além de afastar a relação dos seus clientes com as outras fontes de abastecimento de água que muitas vezes funcionam como concorrentes da concessionária, como é o caso das empresas de caminhão pipa e empresas de perfuração e operação de poços. Pela perspectiva das indústrias e dos estabelecimentos comerciais, garantem um valor reduzido das contas, sem a necessidade de redução real no seu consumo. Além de garantir por contrato o fornecimento do volume contratado todos os meses por parte das concessionárias, o que garante uma maior segurança para suas atividades.

Porém, devido à escassez hídrica pela qual diversos estados brasileiros passam, inclusive o estado de Pernambuco, faz com que o fornecimento de água não ocorra de forma constante durante todo o decorrer do mês. Dessa forma, existem casos em que o volume mínimo do contrato por demanda não é atingido, não por conta da baixa necessidade do cliente por água, mas sim pela falta de água nos volumes necessários em algumas ligações da COMPESA.

A falta constante de água em ligações com contratos por demanda criou uma situação de possível desentendimento entre a empresa de saneamento e seus clientes. Quando um cliente não consome o mínimo do volume contratado fica a dúvida se a causa é devido às falhas no

abastecimento ou o baixo consumo por parte dos clientes, ou até mesmo a utilização de outras fontes de abastecimento. Porém, esse problema vem sendo solucionado com o cruzamento das informações de consumo e da pressão em cada uma das ligações sobre a política do contrato por demanda.

Dentre os contratos de demanda da COMPESA, selecionou-se dois estudos de caso: um grande shopping center e o maior hospital particular da região metropolitana da cidade do Recife. Os dois estudos foram selecionados por serem consumidores considerados de grande importância pela concessionária, pois ambos representam uma grande parcela do faturamento da COMPESA. Além disso, são considerados consumidores sensíveis, já que demandam um grande volume mínimo de água por mês, e que o seu abastecimento seja realizado de maneira ininterrupta. Por último, os dois estudos de caso foram comparados lado a lado pelo motivo de possuírem a mesma tecnologia de monitoramento e o resultado do uso dessa tecnologia e da análise de seus dados demonstrarem motivos diferentes aos problemas alegados, ora pelo consumidor e ora pela concessionária. Para o estudo de caso do shopping foram utilizados os dados referentes ao mês de outubro de 2022, já para o estudo do hospital, foram utilizados os dados do mês de dezembro de 2022.

### 3.3 PLATAFORMA DE MONITORAMENTO POR TELEMETRIA

A utilização da tecnologia no setor do saneamento vem ganhando espaço e tomando papel central para redução das perdas que já foram característica marcante do setor. Mesmo que de forma tardia, o setor do saneamento vem sofrendo acelerada transformação, impulsionado principalmente devido ao Novo Marco do Saneamento que estabeleceu metas ousadas para aumentar de forma rápida e significativa a qualidade dos serviços desse segmento. Entre as várias tecnologias a sensorização das redes de distribuição de água vem ganhando destaque nos últimos anos. Sendo utilizada tanto pelas gerências comerciais e operacionais das concessionárias de saneamento, a implantação dos sistemas de sensores inteligentes vem ajudando a estabelecer padrões de operação, identificar falhas e até mesmo prever possíveis problemas e antecipar manutenções preventivas.

Nos casos em que esse tipo de sistema é utilizado pela equipe operacional das concessionárias, seus principais benefícios são o auxílio na redução das perdas dos sistemas de abastecimento de água, para isso são instalados sensores de pressão por toda rede de abastecimento com o objetivo de monitorar possíveis vazamentos e obstruções nas tubulações enterradas. Além desse objetivo, esses sistemas de telemetria podem ser interligados com os

sistemas de automação de válvulas para automatizar o sistema de rodízio de água de acordo com os calendários estabelecidos pelas empresas de saneamento e divulgados à sociedade.

Já na ótica das equipes comerciais, a sensorização do sistema de abastecimento é um poderoso aliado no monitoramento do consumo dos grandes clientes e na confirmação da previsão de faturamento ao longo do mês. Além disso, já existem empresas que estão iniciando pilotos de diferenciação de tarifas de cobrança de acordo com os horários de consumo, prática parecida com as adotadas pelas concessionárias de energia elétrica por todo país. Esse tipo de cobrança só é possível devido ao monitoramento em tempo real de uma amostragem de diferentes tipos de consumidores para que sejam traçados perfis de consumo e assim serem cobrados valores diferentes para diferentes faixas de horários. Essa política é utilizada para que ocorram um consumo uniforme durante todo o dia, o que reduziria a quantidade de vazamentos, provocados pelas diferenças de pressão na tubulação durante o dia, além de reduzir os horários com alta demanda do consumo e que podem acabar causando falta de água em alguns consumidores.

Um das utilizações mais importantes para o setor comercial da COMPESA da sensorização das redes é para o controle dos contratos por demanda. Devido a forte crise hídrica que existe no estado de Pernambuco, o abastecimento de água em diversas regiões do estado não é feito de forma constante e eficiente. Dessa forma, muitos consumidores optam por um abastecimento misto de água, ou seja, com diferentes fontes de abastecimento. Muito comum no estado pernambucano é a utilização de poços artesianos para captação de água dos lençóis freáticos, que muitas vezes são utilizados para complementar o abastecimento da concessionária estatal. Além da utilização dos poços, caminhões pipa também são utilizados para atender as necessidades de consumo dos grandes clientes.

Porém, a infraestrutura necessária para realizar o abastecimento de água pelas concessionárias é um custo praticamente fixo que deve ser arcado pela concessionária, independentemente do consumo mensal dos seus clientes. Por isso, o desvio desse faturamento para essas outras empresas fornecedoras de água é altamente prejudicial para a empresa detentora da concessão da distribuição da água na região. Além da redução do volume de água faturada, existe um aumento no volume do esgoto coletado pela empresa que não é cobrado. Isso acontece devido a forma de como esse volume é medido. O volume de esgoto que será faturado pela concessionária é o mesmo fornecido de água. Nos casos de poços legais esse volume também é aferido e cobrado ao final do mês, apenas como coleta de esgoto, sem cobrar pelo abastecimento dessa fonte. Porém, quando o fornecimento alternativo é realizado por

caminhões pipa, esse volume não é medido e por consequência não é faturado quando a água utilizada é convertida em água servida e enviada para as redes coletoras de esgoto.

Dessa forma, visando monitorar de forma mais eficiente os clientes que possuem contratos por demanda, a COMPESA vem instalando a telemetria nos hidrômetros e nos sensores de pressão em todas as ligações que optaram pela cobrança nesse formato. Com isso, será possível acompanhar em tempo real e armazenar o histórico do consumo do cliente durante todos os dias entre o período das leituras do faturamento do mês. O que gera informações suficientes à concessionária caso haja qualquer questionamento quanto ao fornecimento adequado ao consumidor.

Para coleta e envio dos dados de pressão e volume de uma ligação para o sistema de telemetria da COMPESA é necessário que a sensorização possua três tecnologias associadas e funcionando de maneira conjunta.

A primeira é referente a sensorização do hidrômetro, ou seja, do instrumento de medição que informará os dados sobre o volume consumido pelo cliente, como pode ser observado na Figura 3. Para isso, muitas vezes se utiliza o hidrômetro já instalado na ligação do cliente, caso esse medidor seja pré-equipado paratelemetria, caso o medidor não seja pré-equipado, será necessário a troca do mesmo. Para o medidor ser pré-equipado não importa o seu modo de medição interna, mecânico ou ultrassônico, desde que possua uma saída pulsada, por onde será retirado os dados que estão sendo gerados pelo hidrômetro. Através desta saída pulsada, que nada mais é que um cabo que transmite as informações para fora do medidor, as informações de consumo da ligação chegarão até o modem IoT, e por fim, este irá transmitir a informação através da rede LaRaWAN para o servidor nas nuvens da concessionária.

Já para coleta das informações de pressão na rede, é necessário a instalação de um transmissor de pressão, cerca de um metro antes do hidrômetro da ligação. Este transmissor vai gerar uma corrente entre 0 e 20 mA, de forma proporcional a pressão mensurada dentro da tubulação naquele ponto. Essa corrente por sua vez é identificada pelo modem IoT que enviará para as nuvens o valor da corrente gerada pelo transmissor. Quando essa informação entra no sistema, antes dela ser inserida no banco de dados, ocorre a conversão do dado em mA para mca, que é a unidade de medida utilizada pelo sistema para as grandezas relativas a pressão.

Por fim, captando e enviando as informações provenientes dos outros dois sensores já mencionados anteriormente, existe o modem IoT, que é o equipamento responsável pelo envio dos dados ao servidor nas nuvens através de uma rede pública de comunicação de dados que utiliza a tecnologia LaRaWAN como forma de transmissão. A tecnologia de transmissão

LaRaWAN é uma rede que habilita comunicação entre objetos em grandes distâncias, baixo custo, baixo consumo de bateria e pouco tráfego de dados, ideal para sistemas que possuem grande demanda de envio de dados, porém dados de pouco tamanho de informações, como é o caso das leituras trafegadas até o sistema da concessionária (AMERICAN TOWER, 2023).

Figura 3 - Sensor acoplado ao hidrômetro



Fonte: Os Autores (2022).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de telemetria da COMPESA possui a capacidade de medir e enviar durante todo o período referente a fatura da conta do cliente dados sobre a pressão e o volume consumido em tempo real. Porém, é somente após o cruzamento e a análise desses dados que realmente se torna possível retirar informações importantes sobre a qualidade do abastecimento de água oferecida pela concessionária.

Um conceito importante para analisar a qualidade do abastecimento de água em uma rede de distribuição, é o conceito de Pressão Objetiva da Ligação, que pode ser definido como, pressão mínima necessária para abastecimento de uma ligação de maneira satisfatória, levando em consideração a dimensão da tubulação e o perfil de consumo da ligação.

Dessa forma, o monitoramento do abastecimento é realizado através da comparação de cada uma das pressões objetivas características de cada ligação com as pressões em tempo real mensuradas pelo sistema de telemetria. Como regra, para analisar se abastecimento está feito de forma correta, os engenheiros da concessionária adotam as seguintes premissas:

1. Caso a Pressão na Ligação (PL), seja menor que a Pressão Objetiva (PO), o abastecimento não é suficiente para suprir as necessidades daquele cliente, e desta forma, durante esse período se é caracterizado como falta de água.
2. Caso a Pressão na Ligação (PL), seja maior ou igual a Pressão Objetiva (PO), o abastecimento é suficiente para suprir as necessidades daquele cliente, e desta forma, durante esse período se é caracterizado como fornecimento adequado de água e por isso o cliente poderá consumir a quantidade que desejar.

Com objetivo de comprovar os resultados e a eficiência da utilização do sistema de telemetria para monitorar os contratos por demanda serão apresentados dois casos reais, onde a utilização do sistema trouxe benefícios para a concessionária e aos seus clientes.

Todos os dados expostos nos casos a seguir foram retirados do banco de dados do sistema de telemetria da COMPESA e o nome dos clientes foram ocultados por questões de privacidade.

#### 4.1 CASO 1: MONITORAMENTO DO CONTRATO POR DEMANDA EM SHOPPING CENTER

O monitoramento dos grandes consumidores sob contrato por demanda é fundamental para garantir segurança e transparência para os dois lados, concessionária e consumidor. Inúmeros problemas são solucionados de forma rápida e transparente e até mesmo antecipados e corrigidos antes mesmo que surjam maiores complicações com a instalação do sistema de telemetria.

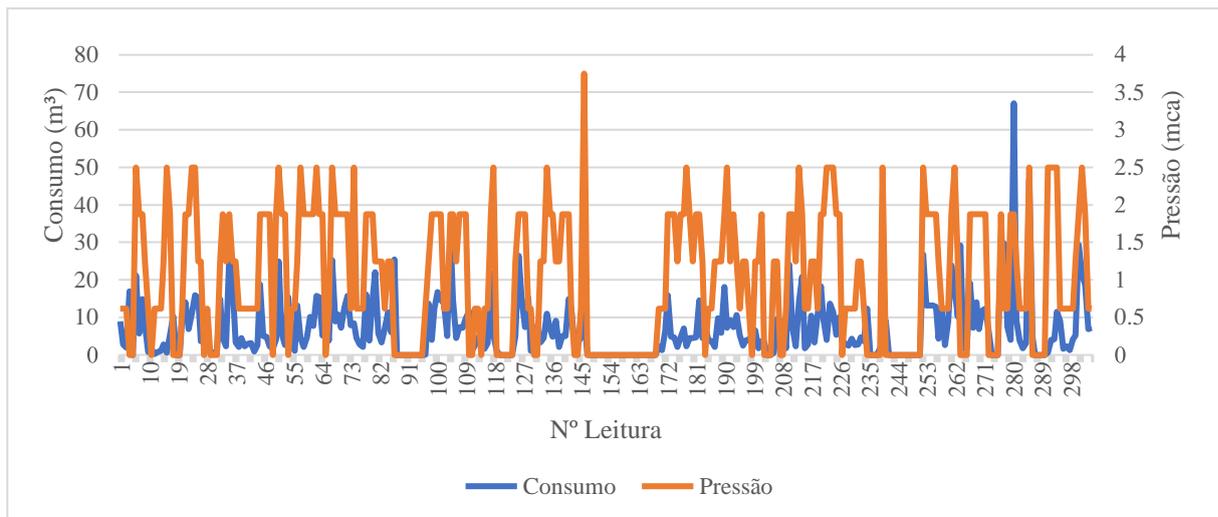
Um dos problemas mais comuns onde o monitoramento por telemetria nos contratos por demanda é utilizado é nos casos em que o cliente não consome o volume contratado por alegar que o abastecimento de água não está acontecendo de forma adequada, ou seja, não existe disponibilidade de água quando se faz necessário. Essa foi a alegação de um dos maiores shopping centers da Região Metropolitana do Recife, o que resultou na abertura de um protocolo no site da COMPESA para averiguar o ocorrido.

O caso mencionado anteriormente começou quando o shopping entrou com um pedido de abatimento na fatura da conta de água, alegando que o mesmo teria solicitado uma grande quantidade de caminhões pipa para suprir a necessidade do seu consumo, visto que a vazão fornecida pela COMPESA não era o suficiente. Como medida para solucionar o problema, a concessionária instalou sensores de pressão e de vazão telemedidos nas duas entradas de água do shopping. Dessa forma, durante todo o período do mês seria possível cruzar as informações de pressão na rede e de consumo do cliente e encontrar ocorrência de falta de consumo devido a ineficiência do abastecimento por parte da concessionária.

A avaliação de se houve ou não prejuízo ao cliente devido à falta de abastecimento é realizada de forma simples realizada de forma automática pelo sistema. Todos os dias o sistema analisa as pressões e a vazão médias entre vários intervalos do dia para que, caso a pressão real do ponto não alcance a pressão objetiva para o fornecimento ideal para aquela ligação e por conta disso não ocorreu consumo, um alerta é disparado para a COMPESA para que as medidas sejam tomadas o mais breve possível e assim a variação do faturamento seja a menor possível.

A partir deste contexto, analisou-se os dados brutos enviados por estes sensores durante o mês de outubro de 2022. Estes dados foram obtidos através de leituras realizadas com intervalo de uma hora, apresentando o consumo de água neste período e a pressão média naquele período. Na Figura 4, observam-se os dados de pressão e consumo de todas as leituras que foram registradas durante o mês de outubro de 2022 coletados através do sistema de telemetria.

Figura 4 - Distribuição do consumo e pressão durante o outubro de 2022



Fonte: Os Autores (2022).

Dessa forma é possível observar que os únicos horários durante todo o mês em que não ocorreu consumo foram os horários em que não existia pressão na ligação do shopping, ou seja, isso demonstra que de fato o cliente estava seguindo o seu padrão de consumo e só não foi possível atingir o consumo mínimo contratado devido às falhas de abastecimento pela concessionária.

Nesse sentido, os dados apresentados reiteram a alegação do shopping center de que o consumo abaixo do contratado se deveu à escassez de água em certos períodos durante o mês. As informações resultantes do monitoramento são também disponibilizadas ao cliente, uma iniciativa da COMPESA para aumentar a transparência e a confiança entre as duas partes. Após a implantação do sistema não foram mais registradas ocorrências nesta ligação em relação a ineficiência no fornecimento de água.

#### 4.2 CASO 2: MONITORAMENTO DO CONTRATO POR DEMANDA EM HOSPITAIS

Hospitais estão entre os tipos de consumidores que mais consomem água entre toda a carteira de clientes das concessionárias. Além disso, eles também formam a classe de consumidores mais sensíveis de toda a carteira. Visto que, para que não ocorram interrupções em seu funcionamento, não pode haver falta deste recurso.

Os benefícios da utilização do sistema de telemetria pela COMPESA para monitorar a qualidade dos seus serviços ganhou notoriedade entre os grandes consumidores do estado e foi

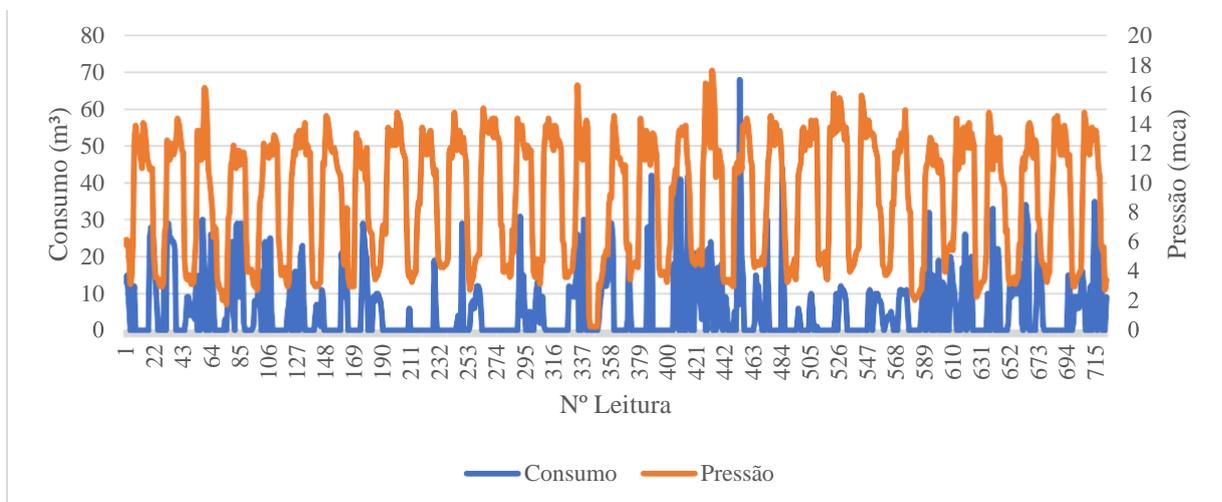
o motivo pelo qual um dos maiores hospitais particulares do Recife transferiu todo seu abastecimento de água tratada para suas três ligações da concessionária e por isso não utiliza mais água proveniente de outras fontes alternativas, como caminhões pipa e poços artesianos.

Pela característica única desse tipo de consumidor, que consome água vinte e quatro horas por dia, uma maior atenção deve ser concedida para essas ligações. A instalação de sensores que acompanham em tempo real se as pressões objetivas estabelecidas para o fornecimento adequado da água estão sendo cumpridos é fundamental e transfere segurança na entrega dos serviços dentro dos padrões exigidos pela atividade do consumidor. Dessa forma, o contrato por demanda, além de levar benefícios financeiros, também proporciona estabilidade e segurança aos clientes e a sociedade em geral.

No final do mês de dezembro de 2022, o hospital em estudo, cujo contrato por demanda ainda está em vigor com a concessionária da região, alegou que o volume mínimo de consumo de água no mês não foi atingido pela escassez do recurso. Por isso, além de não consumir o valor mínimo contratado, o hospital alegou que foi necessário a contratação de vários caminhões pipa durante todo o mês para suprir a demanda por água naquele período.

A partir desse contexto, recorreu-se aos dados provenientes da telemetria para validar a reivindicação do hospital. Através da análise do gráfico da Figura 5, onde temos todas as pressões e os consumos horários do hospital no mês de dezembro de 2022 ficou constatado que não ocorreu nenhum momento em que a pressão na ligação do hospital ficou abaixo da pressão mínima estabelecida para o abastecimento adequado.

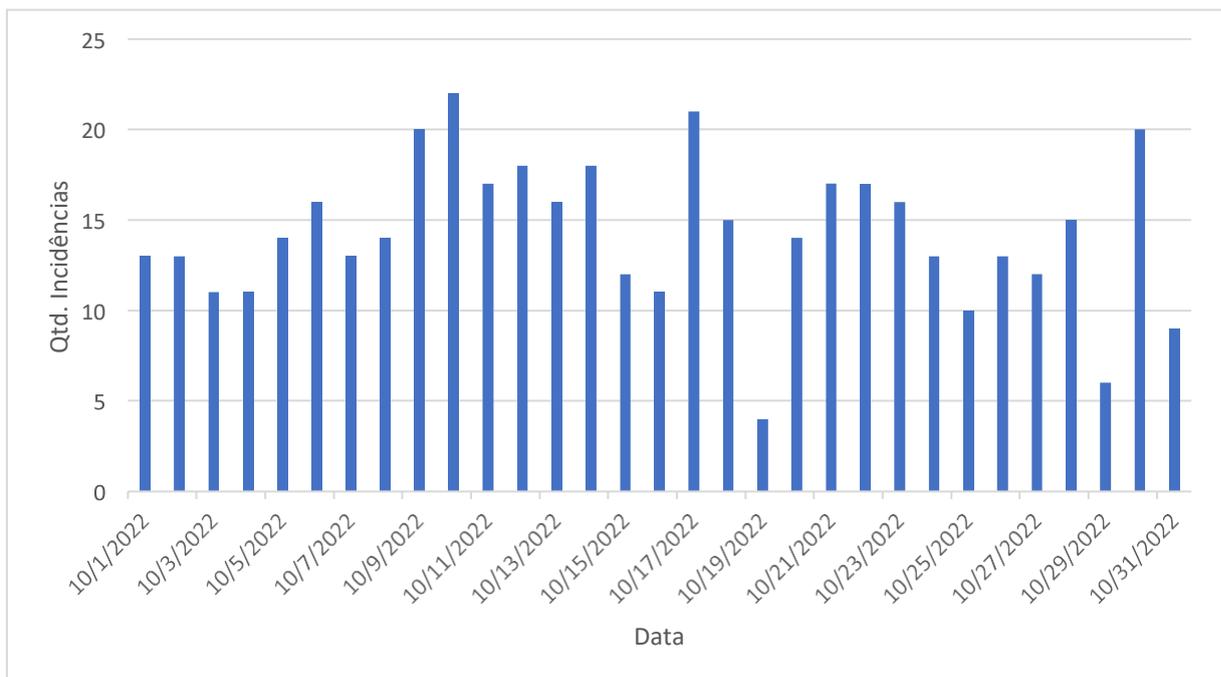
Figura 5 - Distribuição do consumo e pressão durante dezembro de 2022



Fonte: Os Autores (2022).

Em contrapartida, durante 142 horas durante o mesmo período não ocorreu consumo por parte do cliente. Na Figura 6 pode-se observar a quantidade de horas sem consumo e com pressão disponível para o abastecimento em cada um dos dias do mês de dezembro, o que é considerado um padrão de consumo destoante do normal para esse tipo de consumidor.

Figura 6 - Número de períodos com pressão e sem consumo por dia durante dezembro de 2022



Fonte: Os Autores (2022).

Após apresentação dos dados em reunião entre a COMPESA e os responsáveis pelo hospital, a equipe de manutenção interna do cliente investigou o real motivo da falta de consumo de água através da ligação da concessionária e foi apurado que a bóia de controle da caixa d'água que recebe o consumo proveniente da COMPESA estava com defeito, e por isso estava disparando antes que os reservatórios estivessem cheios. Dessa forma o cliente reconheceu o problema que se tratava de um problema interno e aceitou pagar a fatura acordada como o valor mínimo do contrato por demanda.

## 5 CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo verificar os benefícios da utilização de um sistema de telemetria para monitorar em tempo real a rede de distribuição de água da COMPESA, mais especificamente os pontos de ligação dos grandes clientes na região metropolitana do Recife que possuem contrato por demanda com a concessionária de águas e esgoto pernambucana.

Após análise dos dados extraídos dos sensores de pressão e de volume, instalados de forma conjunta e conectados ao sistema de monitoramento da COMPESA pela tecnologia IoT, foi possível solucionar diversos problemas entre a concessionária e seus clientes que possuem contrato por demanda vigente e não estavam consumindo o volume mínimo contratado.

Através do cruzamento das leituras fornecidas pelos sensores de pressão e dos hidrômetros em cada um dos pontos monitorados, pode-se afirmar com exatidão se a falta de consumo em um determinado período ocorreu por motivo da falta de água ou por opção do cliente.

Nos casos em que o volume consumido pelo cliente é menor que o consumo contratado, o sistema analisa o número de horas onde existia pressão igual ou superior à pressão objetiva e que não ocorreu consumo. Caso o somatório dessas horas multiplicado pelo consumo médio do cliente seja suficiente para que o volume mínimo seja atingido, o cliente é obrigado a pagar a fatura, visto que, o abastecimento ocorreu de forma adequada pela concessionária. Em contrapartida, quando o somatório dos períodos em que a pressão objetiva não foi atingida é significativo para prejudicar o fornecimento do volume mínimo do contrato, o cliente não é obrigado a pagar o valor integral do contrato, e sim o valor real consumido.

A implantação da tecnologia na rotina operacional da concessionária pernambucana além de benefícios financeiros para empresa estatal, vem auxiliando na redução das perdas reais do sistema de distribuição, o que gera credibilidade a COMPESA em meio as pautas ESG (Environmental, Social and Governance) que estão cada vez mais latentes no meio empresarial, principalmente das empresas de saneamento básico. Além disso, a transparência entre o serviço prestado e o valor cobrado pela concessionária aos seus clientes fica mais evidente, o que aumenta a aprovação da empresa em meio a sociedade.

## REFERÊNCIAS

- ALVES PENA, R. F. **Distribuição da água no Brasil**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>>. Acesso em: 2 maio. 2023.
- AMERICAN TOWER (2023). Rede neutra LoRaWAN®. Disponível em: <<https://americantower.com.br/pt/solu%C3%A7%C3%B5es/rede-neutra-loRaWAN.html>>. Acesso em: 2 maio. 2023.
- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento (2010). **Água no mundo**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>>. Acesso em: 2/maio/2023.
- BARROS, Raphael T. de V. et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.
- DACACH, N. G. **Sistemas urbanos de Água**. 2ª Ed. Livros técnicos e científicos Editora, Rio de Janeiro, 1979.
- HELLER, L., 1998. **Saneamiento y Salud**. Washington, D.C.: CEPIS/OPS.
- SNIS (2019). Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto. Disponível em: <[http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_VI\\_SAO\\_GERAL\\_AE\\_SNIS\\_2021.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VI_SAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf)>. Acesso em: 2 fevereiro. 2023.
- TARDELLI FILHO, J. Controle e redução de perdas. In: TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
- TSUTIYA, M.T. (2006). **Abastecimento de água**. 3ª. ed., 643p. São Paulo: USP. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica, 2006.
- UNESCO (2015). Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos – Água para um Mundo Sustentável – Sumário Executivo. Disponível em: Acesso em: 06/mar/2023.