



## **SISTEMA DE GESTÃO DO CONSUMO DE ÁGUA ATRAVÉS DE INTERNET DAS COISAS – INTERNET OF THINGS - IOT**

**Ricardo Reis Chahin<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista graduado na Escola de Engenharia Maua, pós graduação em Gestão Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, Gerente da Divisão do Programa de Uso Racional da Água da Sabesp, atuando em planos, programas e projetos para gestão do consumo de água em entidades públicas da Diretoria Metropolitana da Sabesp.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua/ Coronel Diogo 294 – Jardim da Glória – São Paulo - SP - CEP: 01545-000 - Brasil - Tel: +55 (11) 97218-3087 - Fax: +55 (11) 5089-2896 - e-mail: rchahin@sabesp.com.br

### **RESUMO**

A evolução tecnológica tem melhorado progressivamente os processos de gestão da água com técnicas cada vez mais acessíveis de controle do desperdício não apenas nos sistemas públicos, mas também em sistemas prediais. Para isto, não basta considerar o consumo inconsciente, mas também a ocorrência de vazamentos. Métodos tradicionais de detecção de vazamentos são lentos e demandam equipe especializada, e para o consumidor final são percebidos usualmente quando ocorre aumento no valor cobrado na tarifa mensal. Foram estudados os diversos tipos de medidores de consumo de água e as redes de comunicação aplicáveis a sistemas de monitoramentos remotos. A tecnologia de Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*) pode proporcionar aos consumidores um melhor gerenciamento e controle de insumos como energia elétrica, gás e água. Este sistema, além de disponibilizar os dados de consumo, disponibiliza também o conhecimento da vazão em tempo real, auxiliando na identificação de vazamentos ou eventual uso excessivo de água em instalações prediais. Atrelado a ações de manutenção este sistema pode proporcionar uma redução no consumo de insumos, colaborando para a preservação do meio ambiente, além de proporcionar uma redução financeira com estas despesas. Este trabalho irá apresentar as vantagens deste sistema e terá como exemplo o caso prático em que todos os imóveis públicos do Município de Caieiras estão sendo monitorados por este sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão da Água, Internet of Things, Controle de Desperdício.

### **INTRODUÇÃO:**

Dados apontam que a população mundial ultrapassou 7 bilhões de pessoas, sendo que mais da metade da população vive no perímetro urbano, e com crescimento esperado em 70% até 2050. A fim de permitir este crescimento de modo sustentável, ou seja, sem degradar recursos naturais como a água, é necessário que seja incorporada inteligência às cidades, permitindo bem-estar social e ambiental.

A principal expectativa advinda de uma cidade inteligente é o emprego de computação e comunicação para a análise de grandes quantidades de informações, de modo que sejam beneficiados tanto os interesses e a qualidade de vida dos cidadãos, e também protegendo o meio ambiente.

Dentre os aspectos relativos à proteção do meio ambiente providos por uma cidade inteligente, está o gerenciamento de fontes sustentáveis de energia, fauna e flora, e também é importante que a utilização de água seja para o consumo propriamente dito, para lazer, para geração de eletricidade, entre outros possíveis usos desde que sua qualidade seja preservada.

No Brasil, o órgão responsável por gerar as informações relativas ao sistema de saneamento é o SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento, o qual disponibiliza, os indicadores de perdas de água. Tal órgão divulga anualmente um relatório que apresenta a situação dos sistemas de distribuição de água e coleta de esgoto no Brasil, tido como Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto.

Neste relatório, tem-se que "As perdas que se caracterizam como ineficiências técnicas são inerentes a qualquer sistema de abastecimento de água. E são um tema sempre atual devido à escassez hídrica e os altos custos de

energia elétrica", este último, tanto influenciado pela capacidade geradora de energia elétrica, quanto pela eletricidade consumida para a distribuição de água.

Disto, é possível inferir que as perdas estarão sempre presentes nos sistemas de abastecimento de água, porém, quando descontroladas e elevadas, significam desperdício de recursos naturais, operacionais e receitas, o que impacta tanto o operador do sistema, que tem seus custos elevados, como o consumidor final, que é cobrado pelos maiores custos de distribuição de água, além do impacto gerado ao meio ambiente.

Neste cenário, demonstra-se que se deve cuidar do sistema de modo que as perdas sejam reduzidas, e a população não seja onerada, tanto financeiramente, quanto pela necessidade de medidas drásticas de redução de consumo.

Quando observado o sistema de distribuição, as principais perdas se dão por vazamentos que ocorrem em adutoras, ramais, conexões e reservatórios. Tais perdas são definidas pelo SNIS, como perdas reais, contudo, ainda existem as perdas aparentes, que são decorrentes de ligações clandestinas, degradação de precisão e funcionamento inadequado de hidrômetros, ou ainda por erros de leitura

Dentre as técnicas empregadas para a detecção de vazamentos não visíveis está o emprego da metodologia de detecção por som, a qual se baseia no fato de que ruídos são gerados pelos vazamentos, em decorrência do atrito da água com a fissura no tubo e o impacto nas estruturas ao seu redor. Em tal técnica, um operador, com o auxílio de um Geofone (equipamento de captação e amplificação de sons no solo ou em estruturas) consegue identificar o local de um vazamento.

Na Figura 1 a seguir, pode-se observar um técnico realizando a varredura com um geofone em uma residência, equipamento que possui grande similaridade com o empregado para a detecção de vazamentos não visíveis em sistemas de saneamento.



Figura 1 – Técnico realizando varredura em rede de água para a detecção do vazamento.

Entretanto, tal tarefa demanda tempo e a varredura ocorre de maneira lenta, uma vez que requer a análise de longos trechos de tubulação, a qual em muitos casos só pode ser realizada em horários em que não haja movimentação de pessoas ou veículos, pois a frequência de um ruído externo pode ocorrer na mesma frequência do ruído do vazamento, atrapalhando o processo de captação do áudio do vazamento.

No entanto, para o consumidor final, em geral o vazamento é percebido quando ocorre um aumento no valor da sua conta mensal de água. Neste ambiente, os vazamentos também são classificados como não visíveis, que



como já explicitado, ocorre em tubulações isoladas em estruturas e solo, ou visíveis, os quais estão atrelados a torneiras com problemas de vedação, caixas de descarga acopladas mal reguladas, problemas que podem ser detectados com inspeção visual, sem equipamento profissional, como um geofone.

Entretanto, após ocorrer a perda de água em um vazamento, o consumidor é responsabilizado e precisa pagar pelo volume de água perdido em sua instalação. Em alguns casos, após algum tempo de um vazamento não visível, a água pode aflorar, mas não necessariamente no ponto exato do vazamento, bem como danos estruturais mais graves já podem ter acontecido.

Portanto são necessárias novas metodologias, que otimizem o processo de detecção do vazamento, buscando reduzir, com maior agilidade, o volume de perdas. Assim, surge a necessidade por um sistema que permita identificar a ocorrência de vazamentos no sistema com maior agilidade do que a observada atualmente.

A coleta de dados em tempo real permite identificar alterações no padrão de consumo que pode representar um vazamentos no lado do consumidor final, quando observa-se um fluxo contínuo de água em horários que não era esperado, ou no lado do sistema de distribuição através da identificação de quedas de pressão e também de diferenças entre o volume de água enviado para uma determinada localidade (rua, bairro) e o volume de consumido.

Através da análise dos dados coletados por este sistema, empregando-se análises dos padrões de consumo aliadas a busca pelo consumo contínuo de água, se faz possível identificar a presença de vazamentos em consumidores finais, e reduzir o tempo de tomada de ação para correção do problema. Bem como conscientizar o usuário do volume por ele consumido de água e também sobre seu padrão de utilização.

O Decreto Tarifário da Sabesp, através do comunicado vigente, oferece para as entidades Públicas da Administração Direta, uma tarifa diferenciada, 25% inferior à tarifa pública normal desde que o cliente atenda aos requisitos abaixo:

- ✓ Estar adimplente;
- ✓ Manter o pagamento em dia, e
- ✓ Aderir ao Programa de Uso Racional da Água – PURA, através de Contrato de Adesão.

O PURA é um conjunto de ações que, depois de implantadas em um cliente, promovem a redução do seu consumo de água, sem comprometer o conforto nas atividades do dia a dia. O cliente pode realizar estas ações com equipe própria e sob supervisão da Sabesp ou se preferir, pode assinar Contrato de Prestação de Serviços com a Sabesp para executar as intervenções.

O Programa tem como principal objetivo atuar na demanda de consumo de água, incentivando o uso racional por meio de ações tecnológicas e medidas para conscientização dos clientes, visando enfrentar a escassez de recursos hídricos. Manter o cliente conectado à rede pública, adimplente e sem fontes alternativas de abastecimento de água também são objetivos do programa, que tem como seu foco principal as bacias hidrográficas com condições críticas de disponibilidade hídrica.

As intervenções do Programa são basicamente pesquisa e correção de vazamentos em ramal predial, reservatórios e pontos de consumo, substituição de aparelhos hidro sanitários por aparelhos de baixo consumo de água e campanha educacional. No entanto, após a implementação dessas ações é fundamental que exista uma gestão adequada do consumo de água para que o mesmo não volte aos patamares anteriores às intervenções.

A gestão do consumo de água compreende o acompanhamento das medições obtidas no hidrômetro principal de um imóvel ou setor de abastecimento, para avaliação da performance das ações implementadas em relação a redução de consumo de água. O acompanhamento do perfil de consumo permitirá avaliar se existe a necessidade de efetuar novas intervenções para se atingir o objetivo de redução desejado.

Esta gestão pode ocorrer através do acompanhamento manual do consumo diário, ou em tempo real e a distância, através de outras ferramentas como telemetria ou internet das coisas. Este trabalho irá abordar a gestão do consumo de água em tempo real através de internet das coisas, também conhecido como *Internet of Things - IoT*.



As principais vantagens de um sistema de gestão de consumo de água em tempo real são:

- ✓ Gestão efetiva do consumo identificando anormalidades em tempo real;
- ✓ Economia financeira decorrente da rápida identificação de vazamentos;
- ✓ Possibilidade de acompanhar o consumo em tempo real via Web;
- ✓ Segurança na apuração do consumo;
- ✓ Valor agregado ao imóvel, e
- ✓ Possibilidade de integração outros sistemas administrativos e financeiros.

**OBJETIVO:**

A partir de um dispositivo acoplado no hidrômetro é possível captar sinais de sensores relativos aos parâmetros de consumo, e então, através de uma rede de comunicação enviar os dados para um servidor de armazenamento e disponibilizar via Web. É possível também configurar alarmes que em função dos dados coletados pelo equipamento, emite alertas para o consumidor final avaliar se existe alguma anormalidade no consumo, que pode ser decorrente de vazamento ou eventual atividade atípica. Desta forma, pretende-se contribuir com a redução no tempo de identificação da ocorrência de vazamentos, visando minimizar os impactos financeiros e ambientais por eles causados.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento do consumo de água de todos os 92 imóveis públicos pertencentes à Prefeitura de Caieiras, através da tecnologia de internet das coisas, instalada em hidrômetros ultrassônicos.

**METODOLOGIA UTILIZADA:**

Como apresentado anteriormente, é necessário fazer a medição do volume da água que circula em todo o sistema de distribuição e consumo, e para isto devem ser empregados medidores apropriados para tal função. Tais medidores sofreram diversas modificações desde o início da necessidade de medição, ainda na época dos sumérios, até os dispositivos disponíveis na atualidade, que embarcam diferentes tecnologias

**Medidores de Consumo de Água**

Conhecido também como hidrômetro, o medidor de consumo de água é o equipamento que registra o consumo de água de um imóvel residencial ou comercial, proporcionando segurança na medição dos dados, controle do consumo de água e evitando o desperdício.

O medidor de consumo de água é indispensável para que o condomínio residencial ou comercial, casa ou comércio possa acompanhar o consumo da água com total precisão além de pagar o valor justo da conta de água. O cálculo é feito através de um contador que registra a quantidade de água que passa pelo medidor. A diferença entre o último número registrado em comparação aos valores do novo registro é que aponta o volume de água consumido.

Dentre os medidores desenvolvidos ao longo do tempo, pode-se subdividi-los como apresentado na Figura 2 a seguir, sendo a principal diferença a presença ou não de partes móveis.

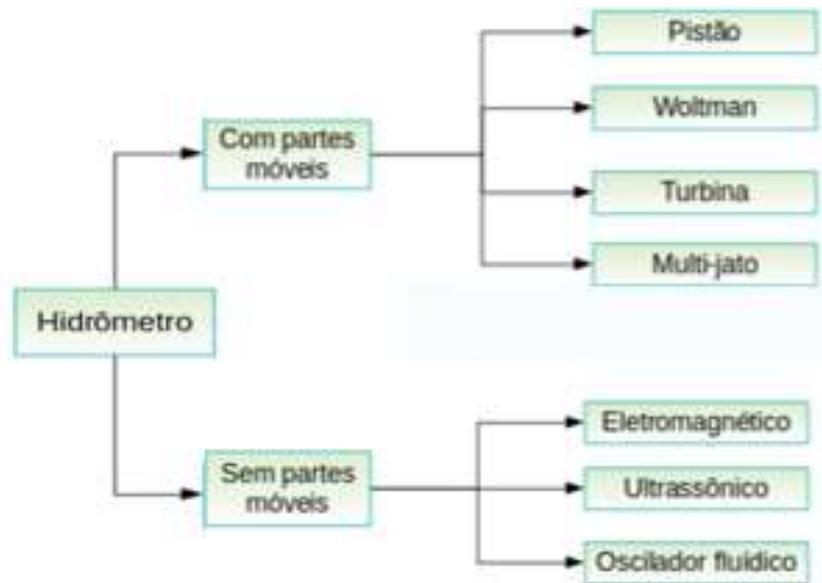


Figura 2 – Tipos de Hidrômetro

**a. Hidrômetros com partes móveis**

Um dos primeiros métodos de medição de vazão de água foi desenvolvido pelos sumérios, o qual empregava um recipiente de volume conhecido, e um contador de tempo, colocava-se tal recipiente na saída do fluxo de água, e a partir do tempo tomado para encher tal recipiente, se calculava a vazão.

Com relação aos hidrômetros com partes móveis, eles apuram o consumo por volume ou por velocidade. O primeiro tipo de equipamento mede a vazão de água de um fluxo contínuo, e é instalado em série com o fluxo de água. Sua operação ocorre bloqueando momentaneamente o fluxo após o medidor, até que uma câmara de volume conhecido seja preenchida, e liberando o fluxo logo em seguida ao preenchimento da câmara. Ao se monitorar o número de vezes em que a câmara é preenchida por um período específico de tempo, é possível calcular a vazão e o volume de água consumido.

Já os medidores de vazão por velocidade têm como princípio exatamente o descrito no nome, mensurar a velocidade do fluido que atravessa a câmara interna do medidor, podendo totalizar o consumo por metodologias, a partir da turbina ou multijato. Consistindo em uma roda d'água leve operada por uma correnteza, estando no seu eixo, conectados um contador e um totalizador de giros, o que permite calcular o fluxo a partir das rotações obtidas em um período.

A figura 3 abaixo representa um hidrômetro com partes móveis.

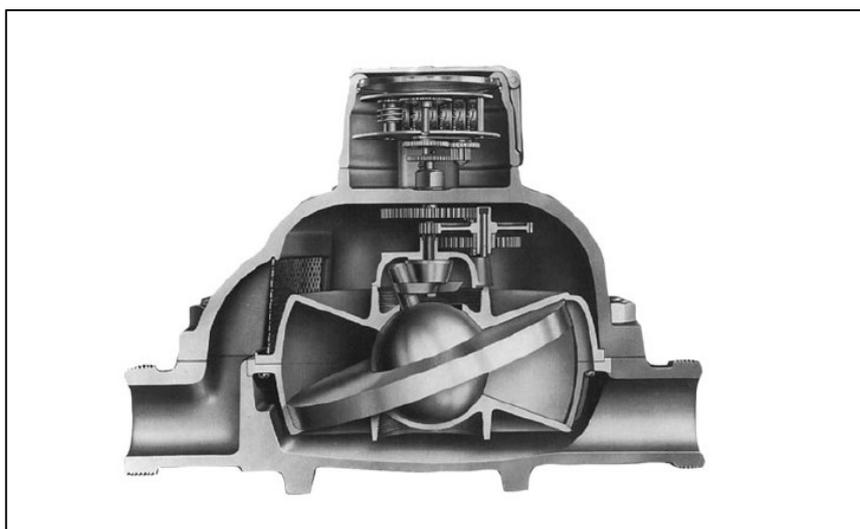


Figura 3 – Hidrômetro com partes móveis

#### **b. Hidrômetros sem partes móveis**

Em 1958, foi introduzido o primeiro medidor ultrassônico, entretanto, voltado para aplicações medicinais que visavam medir o fluxo em um vaso sanguíneo. Este medidor passou por modificações, para que, em 1963, fosse apresentado como um equipamento para aplicações industriais. Existem hoje três principais metodologias de medição de vazão de fluídos baseadas em ultrassom, a de Tempo Transitório, Doppler e Correlação de Sinais. Todos eles possuem como método a medição da velocidade de propagação da onda pelo fluído, pela qual se calcula a vazão. A figura 4 a seguir apresenta a imagem de um hidrômetro ultrassônico.



Figura 4 – hidrômetro ultrassônico

A categoria de medidores sem partes móveis se baseia na Lei de Faraday, que estudou o efeito do escoamento de um fluído sobre um campo magnético induzido por dois eletrodos, para, a partir disto, calcular a vazão do fluído. Um medidor de vazão eletromagnético é apresentado na figura 5 a seguir:



Figura 5 – Hidrômetro eletromagnético

Dentre as vantagens do emprego dos medidores ultrassônicos ou eletromagnéticos estão a grande precisão, a possibilidade de realizar a medição separadamente em dois sentidos, e a inexistência de partes móveis.

Sem contar ainda com o fato de que em caso de fluxo de ar o mesmo não será medido pelo equipamento, dadas as diferenças do meio de condução da onda (mecânica ou eletromagnética) neste meio, sendo interessante para o consumidor que deixa de ser tarifado quando ocorre passagem de ar.

Portanto, para a apuração do consumo de água foi selecionado o modelo de hidrômetro ultrassônico em função das vantagens descritas acima, bem como a possibilidade de se acoplar a dispositivos e redes móveis.

#### **Sistemas de comunicação e transmissão de dados**

Os sistemas de comunicação são fundamentais para o funcionamento da infraestrutura de medição automatizada, a fim de permitir o tráfego de informações entre dispositivos, centrais de controle e usuários da informação. Para isto, diferentes redes de comunicação, tais como rede celular, ZigBee, Wi-Fi, LoRaWan, podem ser empregadas, atuando sobre diferentes protocolos de comunicação, como HTTP, HTTPS, TCP/IP, MQTT.

Dentre as diferentes tecnologias que podem ser aplicadas, deve-se optar por aquelas que atendam às necessidades de largura de banda e volume de dados, consumo de energia, alcance, e também, cobertura. Também deve se levar em consideração o custo de utilização, quando se emprega redes como Celular e SigFox, as quais dependem de empresas operadoras.

Uma rede cabeada exige, usualmente, construção de estrutura adequada, para permitir a conexão entre cada equipamento de rede, aumentando a complexidade da estrutura física, de acordo com quantidade de dispositivos conectados. Deste modo, a inserção da rede cabeada em locais com estrutura ainda não preparada pode representar altos custos, abrangendo desde cabos até adaptação dos locais para sua acomodação.

Já as redes sem fios apresentam maior flexibilidade de montagem e de alterações, permitindo que equipamentos sejam instalados, ou tenham seus locais alterados, sem a necessidade de alteração na estrutura física da rede, desde que estejam dentro da área de cobertura. Entretanto, tais redes apresentam maiores instabilidades, maior incidência de interferências sobre a rede, e da rede sobre outros equipamentos sensíveis, bem como menores taxas de transmissão quando comparadas a redes cabeadas.

Serão apresentadas a seguir as características das redes aplicáveis a sistemas de monitoramento remoto, com o intuito de justificar a utilização de IoT, considerando custos de implementação e utilização, bem como facilidade e praticidade de implementação.

##### **a. Ethernet**



A rede Ethernet teve seu desenvolvimento iniciado no ano de 1972, com o intuito de conectar estações de trabalho, servidores e outros dispositivos periféricos, empregando um barramento de conexão comum. Esta rede permite a utilização de diferentes meios físicos de conexão entre equipamentos, tais como cabo coaxial, par trançado e fibra ótica.

Ao longo do desenvolvimento da rede, as velocidades de transmissão evoluíram, partindo de 2,94 M bps e chegando a 10 Gbps. Além disso, a rede Ethernet pode ser aplicada tanto em ambientes industriais, com roteamentos de alta complexidade, bem como em ambientes residenciais, com aplicações totalmente plug-and-play.

Na rede Ethernet, todos os dispositivos estão conectados em um mesmo barramento, podendo os equipamentos transmitirem a qualquer momento, desde que não haja nenhuma comunicação ocorrendo. Caso duas máquinas iniciem a transmissão no mesmo instante, ocorrerá uma colisão, neste caso, a comunicação é interrompida, e retomada pelas máquinas em um tempo aleatório após a colisão.

Para um bom funcionamento deste tipo de rede, e redução das colisões, empregam-se Switches, que conseguem identificar em qual porta está conectado cada equipamento, e então, quando um pacote é recebido, consegue direcioná-lo apenas para o equipamento que deve escutar, reduzindo assim a chance de colisões ocorrerem.

#### **b. PLC - Power Line Communication**

Com o intuito de eliminar a necessidade de novos cabeamentos para criar uma rede de comunicação de longo alcance, surge a tecnologia de comunicação PLC, Power Line Communication, traduzindo para o português: Comunicação Através de Linhas de Potência.

Esta rede utiliza a rede pré-existente de distribuição de energia elétrica, ou seja, compartilha o mesmo meio físico utilizado para distribuição de eletricidade, desde a geração até o ponto de consumo, o que elimina a necessidade de instalação de novos meios físicos, como cabos e antenas.

A tecnologia PLC pode também ser aplicada além da rede de distribuição, por exemplo, dentro de uma residência, utilizando-se do cabeamento elétrico interno como meio físico para a rede, que além da vantagem de já ter o meio físico distribuído por toda a edificação, possui diversos pontos de conexão em todos os cômodos.

Além das vantagens anteriores, ainda existe a possibilidade de atingir locais de difícil acesso através de redes sem fios, como estruturas subterrâneas, além de evitar interferências eletromagnéticas em equipamentos sensíveis.

É uma das redes mais populares dos desenvolvedores de sistemas voltados a cidades inteligentes, dada a grande infraestrutura disponível e pelo fato de ser uma tecnologia true-grid que permite diferentes aplicações, tais como comunicação com *smart meters* de energia elétrica e também pode ser aplicada ao sistema de iluminação pública visando a redução de consumo de eletricidade, e na comunicação entre unidades geradoras e subestações.

Finalmente, cita-se a possibilidade de acesso à internet através da rede PLC, sendo que existe no mercado repetidores de Wi-Fi residenciais, que utilizam a rede PLC.

A comunicação *Narrowband* alcança velocidades que variam de 1 a 10 kbps, atingindo distâncias na faixa de 150 km. Já o BB-PLC alcança velocidades maiores, sob a pena de redução da cobertura, trabalhando com taxas de dados que podem atingir até 200 M bps, em distâncias de aproximadamente 1,5 km. Esta rede também poderia ser empregada aos medidores eletrônicos de consumo de água, integrando-o por exemplo, com um medidor inteligente de eletricidade.

#### **c. Wi-Fi**

A tecnologia Wi-Fi, que significa Wireless Fidelity, é baseada no protocolo de comunicação IEEE 802.11, e permite a comunicação entre dispositivos e a internet sem a necessidade de fios, e é hoje uma das redes mais comuns de comunicação sem fios, e o principal meio de acesso ao tráfego de dados na internet.



Tal rede opera nas bandas de radiofrequência de 2.4GHz, 5GHz, e recentemente nas bandas de 6 GHz, e 60 GHz, com diferentes técnicas de modulação, as quais permitem velocidades maiores de comunicação.

O Wi-Fi foi criado inicialmente para taxas de transmissão na ordem de 1 M bps e 2 M bps, entretanto com a evolução dos protocolos e da tecnologia embarcada na transmissão, velocidades de 300 M bps e 600 M bps foram alcançadas e difundidas em larga escala, operando nas bandas de 2.4 GHz, 5 GHz.

Desse modo, já estão disponíveis no mercado, equipamentos compatíveis com o padrão das bandas 6 GHz e 60 GHz, que disponibilizam velocidades de comunicação na ordem de dezenas de Gigabits por segundo.

Nesta rede, existem dois tipos de dispositivos, os pontos de acesso e os dispositivos clientes. Montada em topologia estrela, todos os clientes se conectam ao ponto de acesso, que por sua vez permite tanto a troca de informação entre os dispositivos Wi-Fi, como pode permitir a comunicação com outras redes de comunicação com fios, como a Ethernet. Esta última pode estar conectada à Internet e prover aos dispositivos sem fios acesso ao mundo externo.

#### **d. LoRaWAN**

O protocolo LoRaWAN foi desenvolvido com o intuito de cobrir grandes áreas, com um mínimo consumo de energia, sendo a origem do nome uma compressão do termo Long Range. Permite um raio de alcance que pode atingir até 15 Km, porém quando tratada a questão da taxa de dados, ocorre limitação na faixa de 300 bps a 50 kbps. O protocolo é mantido por uma organização sem fins lucrativos, a LoRa Alliance, que é composta por diversas empresas de desenvolvimento e fabricação de hardware e software para IoT.

A modulação de rádio frequência utilizada é chamada apenas de LoRa e foi desenvolvida pela Semtech, podendo ocorrer em modo dispositivo a dispositivo (P2P – Point to Point), e opera em uma faixa de frequência não licenciável, o que significa que pode ser utilizada sem que ocorra licenciamento prévio junto às autoridades competentes.

No Brasil, esta faixa de frequências está compreendida entre 915 MHz e 928 MHz, e a autoridade competente é a Anatel. Porém, a comunicação P2P não permite conexão direta à internet, impedindo um acesso fácil aos dados por outros dispositivos. Neste caso, faz-se necessário utilizar um gateway LoRaWAN, que recebe os pacotes dos dispositivos, e os replica para aplicações online. Este gateway é responsável, por receber os pacotes e replicar para aplicações que os devem tratar e armazenar.

Além de controlar o tráfego na rede, o protocolo LoRaWAN agrega camadas de segurança e criptografia nos dados, através de metodologias de ativação de dispositivos e compartilhamento de chaves.

A tabela 1 a seguir apresenta em resumo as características das redes aplicáveis à gestão do consumo:

Tabela 1 – características de redes de comunicação

<b>Protocolo</b>	<b>Meio Físico</b>	<b>Alcance</b>	<b>Taxa de Dados</b>	<b>Gasto Energético</b>
Ethernet	Par de fios ou fibra ótica	500m a 2 km	1 a 10 Gbps	Alto
PLC	Rede Elétrica	150 Km	10 Kbps	Baixo
Wi-Fi	Rádio Frequência	50 m	>10 Gbps	Alto
LoRaWAN	Rádio Frequência	15 Km	50 Kbps	Baixo

#### **Definição e características da Metodologia Utilizada**

Considerando que o consumo de água será monitorado através de 4 leituras diárias (0:00h, 06:00h, 12:00h e 24:00h) o volume do pacote de dados é pequeno e também não é necessário altas velocidades de transmissão, optou-se pelo conjunto hidrômetros ultrassônicos, que são itens de estoque nos almoxarifados da Sabesp, e são pré equipados para adaptação à tecnologia IoT. Associados à este medidor, optou-se pela tecnologia LoRaWAN, visto que não há necessidade de altas velocidades de transmissão.

Desta forma a rede LoRaWAN é suficiente para esta aplicação devido ao seu longo alcance e baixo consumo de energia. A figura 6 a seguir ilustra um hidrômetro com partes móveis que foi substituído por um hidrômetro ultrassônico acoplado ao dispositivo IoT.



Figura 6 – hidrômetro convencional que foi substituído por ultrassônico e dispositivo IoT

Os hidrômetros instalados devem estar pré equipados para receber o dispositivo IoT ou trazer o dispositivo já embarcado no medidor. Este dispositivo fará a comunicação com outros sistemas por meio de uma conexão sem fio. A partir daí os dados serão disponibilizados em página da internet com as informações criptografadas para uso exclusivo do cliente.

O Gráfico 1 a seguir demonstra as vazões obtidas a cada 6 horas, em uma situação onde podemos observar que no período noturno não está passando água e consequentemente não há vazamentos.

Podemos observar que no dia 17/05 entre 0h00min e 06h00min a vazão representada em m<sup>3</sup>/hora permanece zerada até que após as 6h00min iniciou sua movimentação em função do consumo esperado para o dia.

Pelo fato de se tratar de um imóvel com expediente em horário comercial, é de se esperar que após o expediente a vazão registrada pelo sistema tenda a zero, como pode ser observado no gráfico.

Desta forma, este gráfico representa o perfil de consumo de um local com consumo somente no horário comercial e sem indícios de vazamento. Portanto as informações com baixo volume de dados e transmitidas a cada 6 horas podem ser suficientes para a gestão do consumo, e a custos acessíveis.



Gráfico 1 – Perfil de consumo obtido via IoT em intervalos de 6 horas

A figura 7 a seguir apresenta a visualização em planta dos dispositivos instalados nos hidrômetros dos imóveis públicos pertencentes à Prefeitura Municipal de Caieiras, objeto deste trabalho:

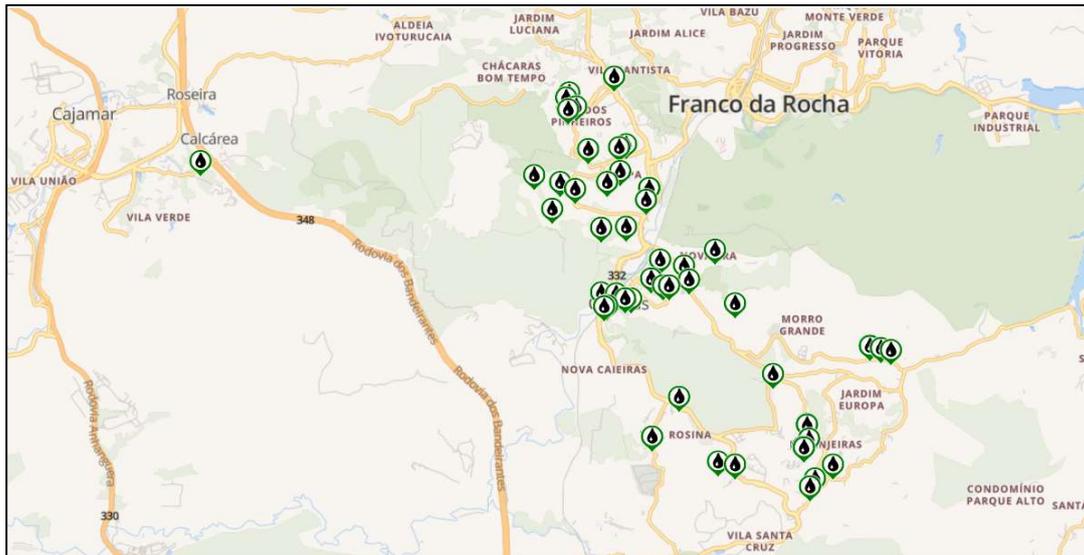


Figura 7 – Localização em planta dos dispositivos de comunicação – IoT em Caieiras

A cor verde indica que o dispositivo está *on line* e comunicando adequadamente. Caso esteja em amarelo está *on line* mas não está comunicando e a cor vermelha indica que não está *on line*.

Nestes 2 últimos casos a equipe de manutenção é acionada para verificar a existência de anormalidades na comunicação ou necessidade de troca do dispositivo, o que raramente acontece.

Cada um destes dispositivos gera gráficos de vazão atualizados a cada 6 horas e emite alertas pré configurados. Uma das possibilidades de alerta seria para o caso de existir vazão noturna em imóveis onde não há expediente 24 horas por dia.

Para o caso de imóveis como hospital ou postos de saúde onde o consumo ocorre 24 horas por dia, os alarmes são configurados em função do consumo médio diário.

Além destas informações de vazão, o sistema disponibiliza para cada imóvel um resumo com a localização em planta do local e itens de controle tais como o consumo diário e a projeção do consumo mensal, apresentado na figura 8 a seguir:

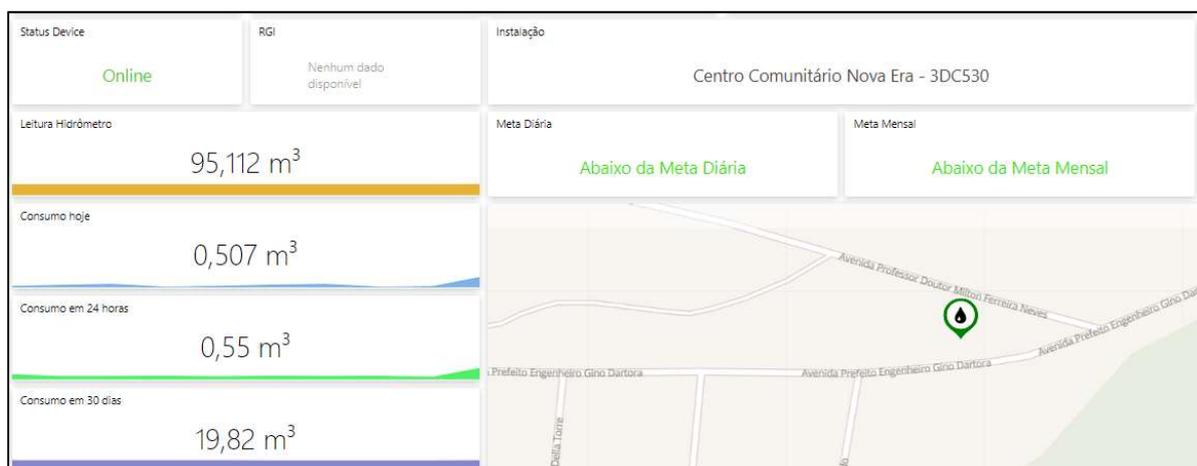


Figura 8 – Resumo dos dados cadastrais e itens de controle.

O sistema disponibiliza também um gráfico com os consumos apurados nos 4 intervalos diários de leitura. No exemplo destacado na figura 9 a seguir, podemos ver que no primeiro intervalo do dia, das 0h00min às 06h00min o volume foi zero, reforçando a informação que não há vazamentos no imóvel.

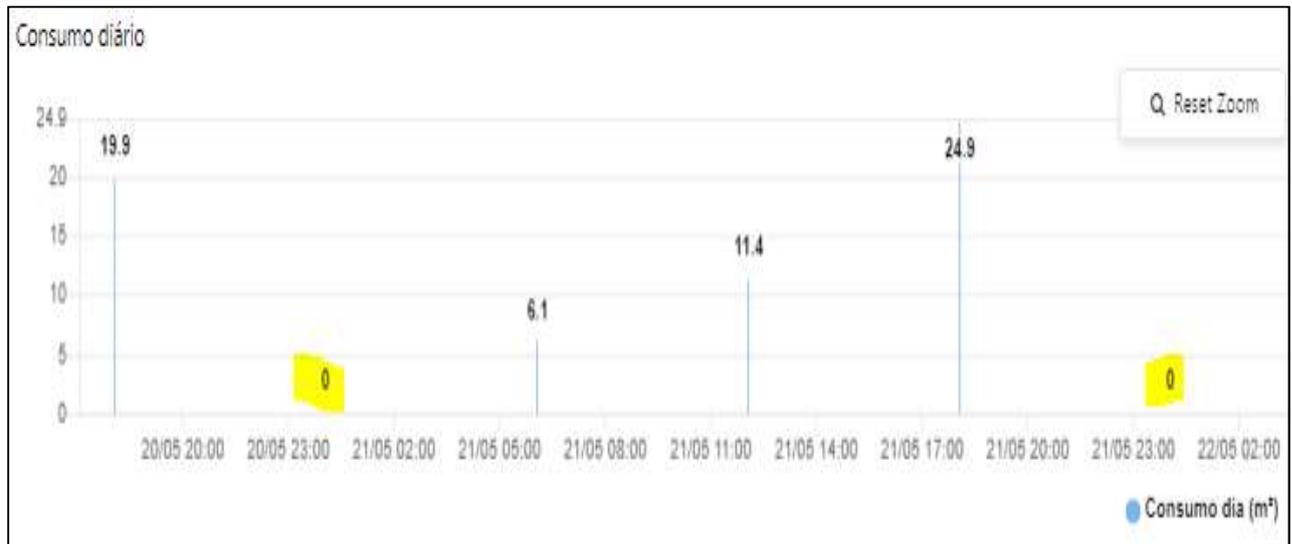


Figura 9 – Volume diário consumido a cada 6 horas

A partir daí, considerando que já foram tomadas as providências recomendadas pelo PURA e necessárias para redução do consumo de água, são definidas as metas individuais de consumo de água de cada imóvel.

É importante definir além da meta mensal, uma meta diária e/ou semanal para um monitoramento mais preciso do indicador de consumo.

A seguir as metas são cadastradas no sistema com o objetivo de avaliar o comportamento do consumo em relação às metas estipuladas, conforme Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Análise do consumo diário e projeção do consumo mensal

Instalação ↕	RGI ↕	Leitura Hidrômetro ↕	Consumo hoje ↕	Meta Diária ↕	Mês Corrente ↕	Meta Mensal ↕
UBS JD. DOS EUCALIPTOS - 3F8D18	439265924	306.705	0,137	↓	5.988	↑
UBS MIRAVAL - 3F04DF	704314690	259.38	0,26	↓	6,8	↓
UBS VERA TEREZA(BOMBEIRO_ - 3E6C0C	406051321	1596,04	0	↓	0	↓
Centro Esportivo Luiz Carlos Rizzardi - 3F2B2B	630561940	269,06	0,45	↓	9,93	↓
Ginásio Poliesportivo Pedro Borsari - 3E7629	699910900	119,92	0,09	↓	6,67	↓
Centro Cultural - 3DD257	4248970	463,8	0,24	↓	19,49	↑
Centro de Artes - 3F07EC	893400351	656,17	0,38	↓	13,91	↑
CEMITÉRIO CAIEIRAS - 3E7750	4244559	915,411	0	↓	18,585	↓

Na Tabela 2 podemos verificar o comportamento do consumo atual (diário) em relação à meta bem como a projeção do consumo mensal em relação à meta mensalmente estipulada.



Desta forma, podemos observar que em alguns casos, embora aparentemente tenham sido tomadas as providências para redução do consumo diário, a projeção mensal ainda está acima da meta.

Através desta Tabela, o Sistema é configurado para informar aos administradores dos imóveis via e-mail, das projeções de consumo acima da meta, para que seja possível avaliar se existe alguma anormalidade prejudicando o consumo ou se seria o consumo esperado para o período em função de alterações na ocupação do imóvel.

O Sistema permite também uma visualização de vazões noturnas, visando uma análise mais detalhada do consumo de água. Em termos de vazão, espera-se uma vazão noturna igual a zero em imóveis com expediente somente no horário comercial por exemplo.

Os casos com vazão noturna devem ser analisados para avaliar a existência de vazamentos. A Figura 10 a seguir apresenta um caso com vazão noturna decorrente de um vazamento em uma superfície de concreto onde a água não aflorava.

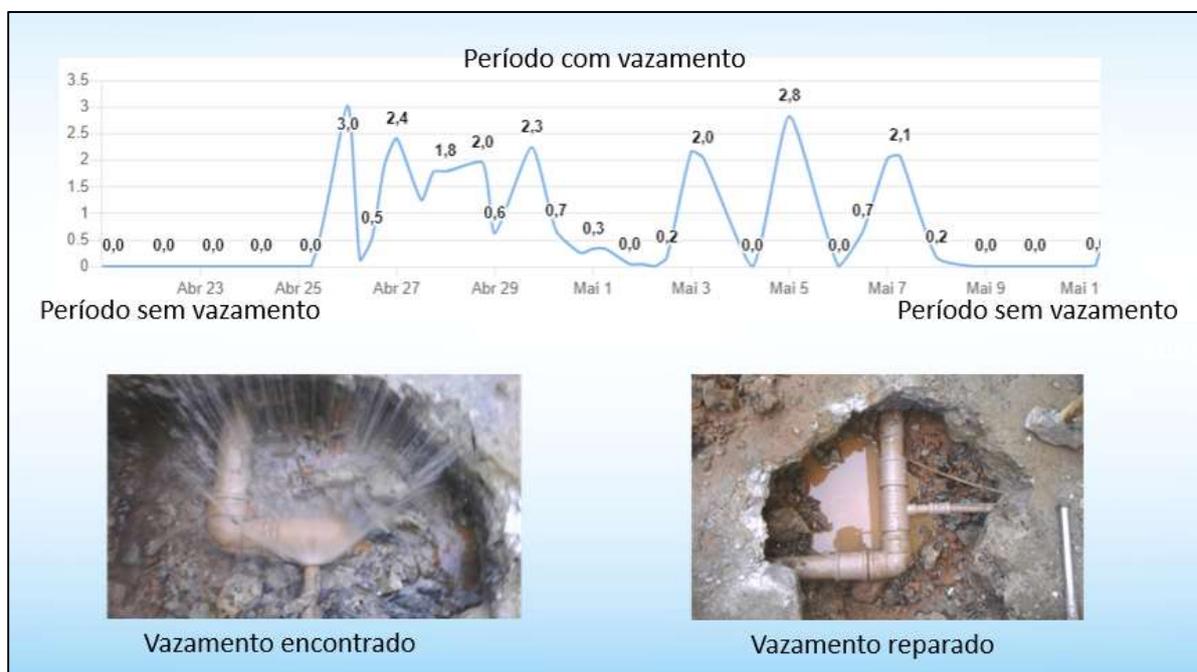


Figura 10 – Vazão noturna com e sem vazamento

Podemos observar que nos dias 23 e 24 de abril, um final de semana, a vazão de água era zero. No entanto, ao longo de toda a semana seguinte e o próximo final de semana, dias 30/04 e 01/05 a vazão não zerou gerando alarmes para a equipe de manutenção que se mobilizou para tomar as providências necessárias para a identificação e reparo do vazamento. Após o reparo do vazamento a vazão noturna passou a ser zero, indicando a ausência de vazamentos, com vazão zero do dia 09/05 para o dia 10/05.

### RESULTADOS OBTIDOS:

Do ponto de vista de transmissão de dados, praticamente não houve intermitência em nenhum ponto, indicando que a solução é viável e transmite os dados de maneira satisfatória.

A gestão do consumo em tempo real, atrelada às ações de redução de consumo de água, proporcionaram uma redução expressiva no consumo dos 92 imóveis públicos municipais de Caieiras. O Gráfico 2 a seguir apresenta o acompanhamento do consumo médio mensal de todos os endereços antes e depois das intervenções, chegando a uma redução de aproximadamente 40% em relação ao consumo médio anterior.

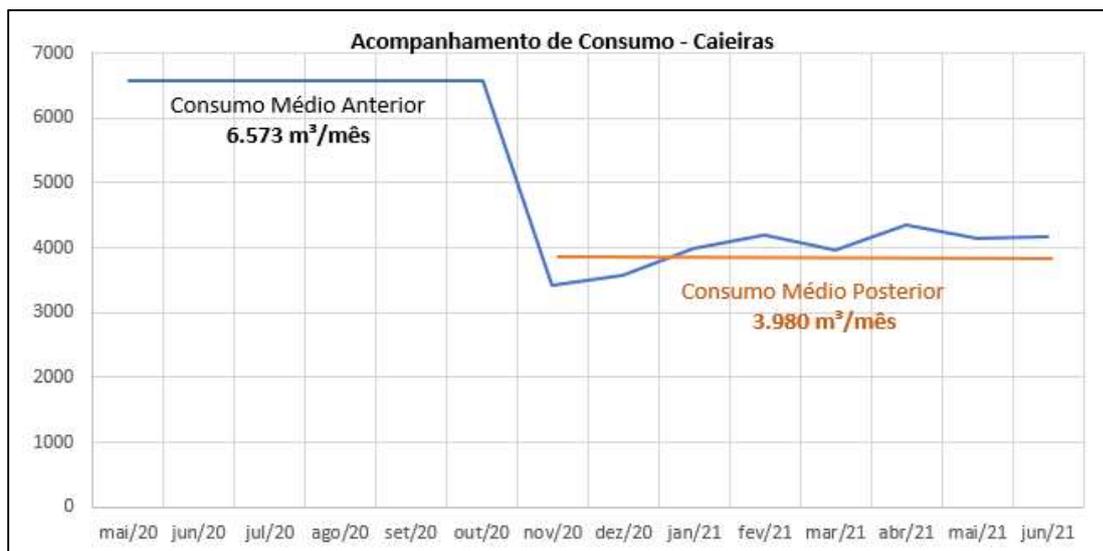


Gráfico 2 – Acompanhamento do Consumo de Caieiras

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Embora todo o trabalho tenha sido executado no período de pandemia, a ocupação dos imóveis se manteve constante até praticamente o final de 2021, quando a retomada das atividades se tornou mais presente.

Este resultado também se deve à agilidade na manutenção e existência de equipes especializadas para identificação de vazamentos não visíveis disponibilizadas através de contratação específica. Não basta ter as informações se não tiver agilidade na identificação e solução dos problemas.

Mesmo assim, nos dias de hoje e com a ocupação total dos imóveis o consumo ainda permanece abaixo dos patamares anteriores. A economia financeira obtida com a redução de consumo ficou em torno de R\$ 140.000,00 por mês.

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Foram estudados diversos dispositivos e tecnologias aplicáveis ao monitoramento inteligente do consumo de água, demonstrando-se o funcionamento básico de um sistema de aquisição de dados e condicionamento de sinais, dispositivos aplicáveis para a leitura dos parâmetros de consumo de água, bem como as tecnologias para a recepção dos dados por parte do servidor.

Demonstraram-se diferentes tecnologias para a apuração do consumo, tanto analógicas como digitais, baseadas em diferentes elementos sensores, e escolheu-se o conjunto medidor ultrassônico com dispositivo IoT e comunicação pela rede LoRaWAN.

Considerando que foi realizado pela Prefeitura Municipal de Caieiras, um investimento de aproximadamente R\$ 2.500.000,00 em infraestrutura e gestão, podemos concluir que o retorno do investimento se deu em aproximadamente 18 meses.

No entanto, recomendamos que a gestão do consumo esteja sempre atrelada a ações de manutenção para que os resultados sejam sempre expressivos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. BRASIL. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – Brasília, Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>.



2. LIMA, R.M.A. Gestão da Água em Edificações: utilização de aparelhos, aproveitamento de água pluvial e reuso de água cinza. 2010. 71f. Monografia (Graduação). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
3. ORNSTEIN, S.W. *Avaliação pós ocupação do ambiente construído*. São Paulo: Studio Nobel: EDUSP, 1992
4. PERES, A.R.B. Avaliação durante operação de sistemas de medição individualizada de água em edifícios residenciais. 2006. 161 f. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.
5. SAUTCHÚK, C. A. Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações. 2004. 332f. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.