

BANCO DE DADOS PARA TELEMETRIA DE ÁGUA EM CONDOMÍNIOS: EFICIÊNCIA, ECONOMIA E DETECÇÃO DE VAZAMENTOS

Pedro Henrique Silva Gilio
Graduando em Banco de Dados pela Fatec Bauru
pedro.gilio@fatec.sp.gov.br

Letícia Marques de Oliveira
Graduando em Banco de Dados pela Fatec Bauru
leticia.oliveira89@fatec.sp.gov.br

Orientador: Luis Alexandre da Silva
Docente na Fatec Bauru
luis.silva51@fatec.sp.gov.br

RESUMO

A crescente demanda por recursos hídricos e os desafios na gestão do consumo em condomínios têm impulsionado o uso de tecnologias de monitoramento, como a telemetria. Este trabalho apresenta uma pesquisa experimental

de um sistema de banco de dados voltado para o armazenamento e análise de informações provenientes de hidrômetros. O funcionamento baseia-se em transmissores equipados com sensores magnéticos acoplados aos hidrômetros, que contabilizam o consumo a partir dos pulsos gerados pela rotação de uma engrenagem interna conforme a água passa pelo medidor. Esses dados são transmitidos em tempo real via protocolo LoRa (Long Range) para um gateway central. O sistema proposto organiza e estrutura os dados de consumo recebidos, possibilitando a geração de relatórios detalhados e gráficos de acompanhamento individualizado. Além disso, a base de dados viabiliza a individualização das contas de água, proporcionando maior transparência no rateio condominial e incentivando o uso consciente do recurso. Com a análise histórica das leituras, o modelo possibilita a detecção de vazamentos e padrões anômalos de consumo, oferecendo subsídios para decisões administrativas mais eficazes e sustentáveis. Os resultados demonstram que a integração entre a telemetria baseada em LoRa e um banco de dados robusto constitui uma solução prática, acessível e escalável para a gestão da água em ambientes coletivos, contribuindo para a redução de desperdícios e para a promoção de uma cultura de economia hídrica.

Palavras-chave: Telemetria. Banco de dados. LoRa. Sensor magnético. Hidrômetro. Pulsos. Água. Condomínios. Sustentabilidade. Individualização.

1 Introdução

O uso consciente da água tem se tornado uma das maiores preocupações em condomínios residenciais, uma vez que o consumo coletivo, quando não individualizado, gera conflitos entre moradores e dificulta a identificação de desperdícios. Nesse contexto, a telemetria aplicada ao gerenciamento hídrico surge como uma solução inovadora. Esta tecnologia baseia-se na instalação de transmissores equipados com sensores magnéticos acoplados aos hidrômetros

existentes. O princípio de funcionamento ocorre por meio da detecção de pulsos gerados pela rotação de uma engrenagem interna do medidor conforme a água passa pelo sistema. Cada pulso corresponde a um volume específico de água consumida, sendo contabilizado eletronicamente pelo transmissor.

Os dados coletados são então enviados em tempo real via protocolo de comunicação LoRa (Long Range) - selecionado por sua eficiência energética, longo alcance (atingindo vários quilômetros em área urbana) e capacidade de penetração em estruturas prediais - para um gateway central. Este, por sua vez, repassa as informações para um banco de dados capaz de gerar relatórios, gráficos e alertas automáticos, possibilitando o monitoramento contínuo e preciso do consumo.

A justificativa para este trabalho encontra-se na necessidade de promover uma gestão mais justa e transparente do consumo de água em condomínios, assegurando que cada morador seja responsabilizado apenas pelo que efetivamente consome. Ao individualizar a leitura dos hidrômetros e integrar os dados a um sistema de banco de dados, a administradora ou concessionária de água pode cobrar diretamente cada unidade, eliminando a necessidade de rateio da conta global. Além disso, a análise contínua dos dados possibilita identificar situações anormais, como vazamentos internos ou trocas indevidas de medidores, evitando desperdícios e prejuízos financeiros.

O problema de pesquisa, no entanto, reside na dependência tecnológica dos transmissores, que enviam as informações via sinal LoRa a um gateway responsável por encaminhá-las ao banco de dados. Caso o transmissor esteja distante do gateway ou haja instabilidade no sinal, pode ocorrer atraso ou falha na transmissão, comprometendo a confiabilidade do sistema.

A gestão do consumo de água em condomínios é um desafio recorrente, especialmente em empreendimentos que não possuem sistemas de individualização. Sem a medição unitária, os custos são rateados de forma coletiva, o que gera conflitos entre os moradores e dificulta a identificação de desperdícios e vazamentos internos (Sis Tecnologia, 2025). A telemetria surge como alternativa para monitorar em tempo real o consumo de cada unidade habitacional, transmitindo os dados para bancos de dados capazes de gerar relatórios, gráficos e alertas (Monitora Águas, 2025).

Entretanto, a implementação desse sistema enfrenta limitações técnicas. Um dos principais problemas está relacionado à dependência da infraestrutura de transmissão: os medidores utilizam transmissores que enviam dados via rádio ou LoRa para um gateway central, que posteriormente os repassa ao banco de dados. Caso haja instabilidade no sinal ou distância excessiva entre os transmissores e o gateway, pode haver atrasos ou falhas na transmissão, comprometendo a confiabilidade do sistema (Sagatech, 2025).

Outro entrave importante refere-se à adaptação de prédios antigos. Muitos desses empreendimentos não possuem hidrômetros individualizados para cada unidade, ou, quando possuem, os equipamentos não são compatíveis com módulos de telemetria (PAAS, 2025). Nesses casos, a instalação do sistema demanda obras estruturais, como a quebra de paredes para adaptação hidráulica, o que eleva significativamente os custos e pode inviabilizar a implementação.

Assim, o problema central deste trabalho consiste em compreender como estruturar um banco de dados capaz de apoiar a telemetria em condomínios, considerando as limitações impostas pela infraestrutura de transmissão de dados e pelas dificuldades de adaptação em prédios mais antigos.

O objetivo é desenvolver e analisar um modelo de banco de dados para apoiar sistemas de telemetria de água em condomínios, visando promover uma gestão mais eficiente e transparente, individualizar as contas de consumo e auxiliar na detecção de vazamentos e desperdícios.

1.1 Objetivos Específicos

- a) Mapear a estrutura de funcionamento da telemetria aplicada a condomínios, considerando transmissores, gateways e bancos de dados;
- b) Propor um modelo de banco de dados relacional que permita armazenar e organizar as informações de consumo individualizado;
- c) Demonstrar, por meio de exemplos de planilhas e comandos SQL, como os dados podem ser consultados, transformados em relatórios e gráficos;
- d) Avaliar as vantagens do uso da telemetria na gestão condominial, incluindo redução de custos, transparência no rateio e incentivo ao uso consciente da água;
- e) Identificar as limitações técnicas e estruturais, especialmente em prédios antigos que não possuem hidrômetros individuais ou necessitam de adaptações para implantação do sistema;
- f) Discutir alternativas para mitigar os problemas relacionados à transmissão dos dados (distância entre transmissores e gateways, falhas de sinal).

2 Fundamentação teórica

2.1 Leitura manual versus leitura automatizada

A medição do consumo de água em condomínios tradicionalmente é realizada por meio de leituras manuais, onde um funcionário precisa acessar fisicamente cada unidade ou central de medição para registrar os valores dos hidrômetros. Este método, além de demandar tempo e recursos humanos significativos, está sujeito a erros de digitação, atrasos na coleta e dificuldades de acesso às unidades (Sis Tecnologia, 2025). Em contraposição, a leitura automatizada surge como uma evolução tecnológica, utilizando dispositivos eletrônicos acoplados aos hidrômetros que capturam e transmitem os dados de consumo sem necessidade de intervenção humana direta. De acordo com Monitora Águas (2025), sistemas automatizados permitem maior frequência de leituras inclusive em tempo real, reduzem inconsistências e facilitam a identificação imediata de anomalias, como consumo excessivo ou vazamentos. A automação não apenas agiliza o processo de cobrança, mas também confere transparência e confiabilidade aos dados, fundamentais para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

2.2 Telemetria de hidrômetro

A telemetria aplicada a hidrômetros consiste na utilização de transmissores e sensores que convertem o consumo de água em dados digitais e os enviam para um sistema central. Conforme detalhado por Sagatech (2025), os sensores magnéticos instalados junto aos medidores convencionais detectam pulsos gerados pelo movimento das engrenagens internas do hidrômetro. Cada pulso corresponde a um

volume específico de água que passa pelo dispositivo. Esses sinais são processados por transmissores que utilizam tecnologias de comunicação sem fio, como o protocolo LoRa (Long Range), que possibilita o envio das informações a longas distâncias e com baixo consumo de energia, ideal para ambientes urbanos com múltiplas barreiras físicas (Comerc Energia, 2025). A telemetria permite, portanto, a captura remota e contínua de dados, que são consolidados em bancos de dados e disponibilizados para análise e tomada de decisão.

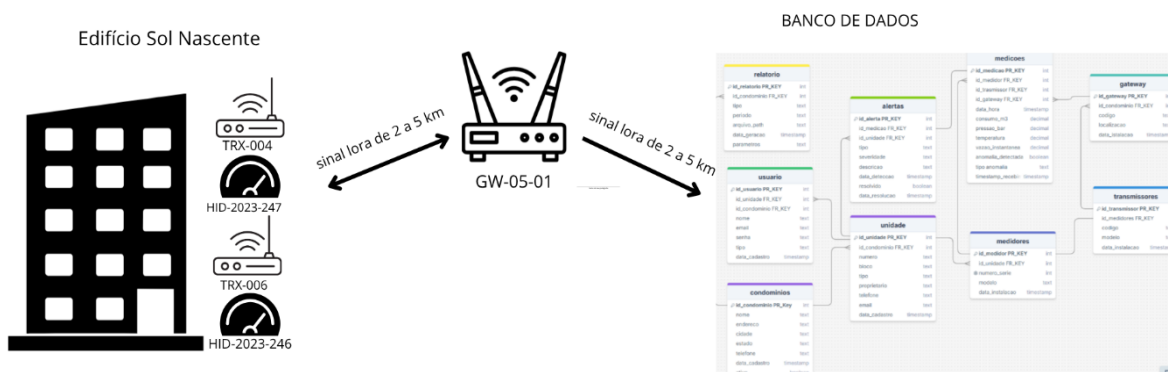
2.3 Importância de um modelo de banco de dados para leitura automatizada de hidrômetro

A efetividade de um sistema de telemetria está intrinsecamente ligada à capacidade de armazenar, organizar e interpretar grandes volumes de dados gerados pelos medidores. Nesse contexto, a estruturação de um banco de dados relacional robusto é essencial para garantir a integridade, a consistência e a acessibilidade das informações (Monitora Águas, 2025). Um modelo bem definido permite associar cada medidor a uma unidade consumidora e a um condomínio, viabilizando a individualização das contas e a geração de relatórios personalizados. Além disso, conforme destacado por SiseCotec (2025), a historicização dos dados de consumo possibilita a identificação de padrões e a detecção de comportamentos anômalos como vazamentos ou desperdícios por meio de algoritmos de análise. A existência de um modelo de banco de dados adequado também facilita a integração com ferramentas de visualização, como dashboards e alertas em tempo real, tornando o sistema acessível para síndicos, administradoras e moradores. Em síntese, sem uma base de dados eficiente, a telemetria perde muito de seu potencial, tornando o modelo de dados um componente crítico para o sucesso de qualquer iniciativa de monitoramento automatizado de consumo de água.

3 Métodos da pesquisa

Modelagem do sistema de telemetria inicialmente, analisou-se a arquitetura do sistema de telemetria, composta por transmissores instalados em cada hidrômetro, responsáveis por contabilizar o consumo e enviar os dados via protocolo LoRa para um *gateway*. Este, por sua vez, transmite as informações para o banco de dados central, onde os registros são armazenados e organizados por condomínio, unidade e medidor.

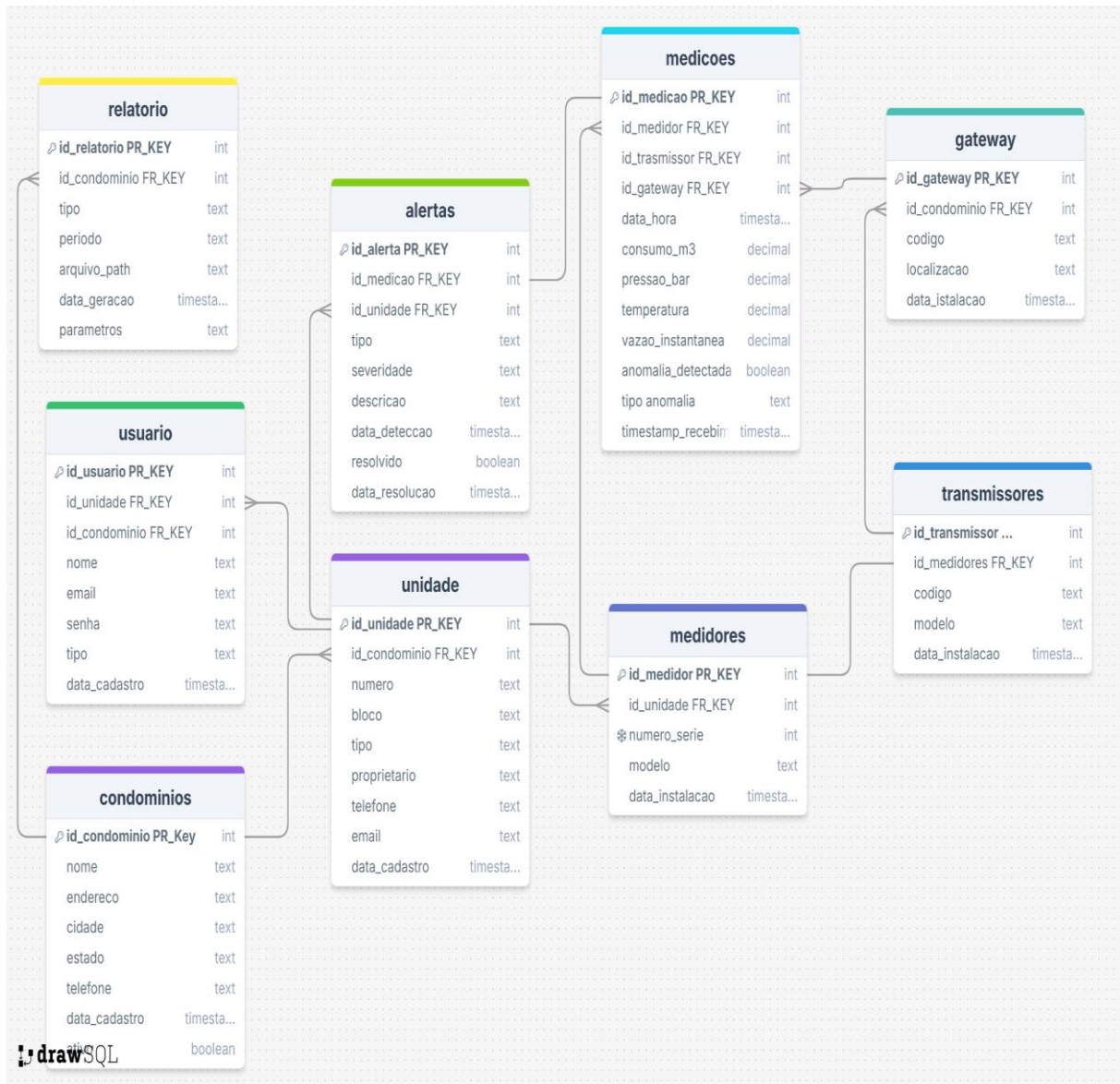
Figura 1: Modelo da Telemetria.



Fonte: Autoral.

O modelo de Entidade Relacional (ER) na Figura 2 foi desenvolvido com base nos requisitos de captura, transmissão e armazenamento de dados de consumo, garantindo a rastreabilidade das medições e a individualização por unidade consumidora.

Figura 2: Modelo ER.



Fonte: Autoral.

As entidades principais incluem:

- Condomínio: representa o empreendimento condominial como um todo.
- Unidade: corresponde a cada apartamento ou unidade habitacional vinculada a um condomínio.
- Medidor: representa o hidrômetro instalado por unidade.
- Transmissor: dispositivo acoplado ao medidor que envia os dados via LoRa.

- e) Gateway: receptor dos sinais dos transmissores, responsável por consolidar e retransmitir os dados.
- f) Medição: registro individual de consumo e parâmetros hidráulicos.
- g) Alerta: notificações geradas com base em anomalias detectadas.
- h) Usuário: perfis de acesso ao sistema (moradores, síndicos, administradores).
- i) Relatório: registros de relatórios gerados pelo sistema.

As tabelas se relacionam com base em um modelo relacional que estabelece vínculos hierárquicos e funcionais entre as entidades do sistema. A relação principal segue uma estrutura piramidal onde Condomínios possuem Unidades, que por sua vez abrigam Medidores responsáveis por gerar Medições em tempo real. Cada medidor está associado a um Transmissor que utiliza tecnologia LoRa para envio dos dados a um Gateway central, criando um fluxo contínuo de captura, transmissão e armazenamento. As Medições podem gerar Alertas automáticos quando detectam anomalias de consumo, enquanto os Relatórios consolidam informações históricas para análise gerencial. Os Usuários do sistema são vinculados de forma flexível a unidades específicas ou a todo o condomínio, permitindo diferentes níveis de acesso. Essa estrutura relacional garante a rastreabilidade completa dos dados, desde a captura no hidrômetro até a geração de relatórios administrativos, assegurando integridade e consistência das informações ao longo de todo o processo de monitoramento do consumo hídrico.

Com base no modelo ER, foi implementado um banco de dados relacional utilizando SQL. Abaixo, detalha-se o schema das tabelas e seus relacionamentos:

- a) **Tabela:** condomínios
 - a. Armazena informações dos condomínios cadastrados. Campos incluem identificador, nome, endereço, cidade, estado, telefone e data de cadastro. Relaciona-se com unidades (um para muitos) e gateways (um para muitos).
- b) **Tabela:** unidades
 - a. Vincula cada unidade habitacional a um condomínio. Contém campos como número, bloco, tipo, proprietário e contatos. Relaciona-se com medidores (um para um) e usuários (um para muitos).
- c) **Tabela:** medidores
 - a. Associa cada medidor a uma unidade. Campos incluem número de série, modelo e data de instalação. Relaciona-se com transmissores (um para um) e medições (um para muitos).
- d) **Tabela:** transmissores
 - a. Registra os transmissores LoRa acoplados a cada medidor. Contém código único, modelo e data de instalação. Relaciona-se com medições (um para muitos).
- e) **Tabela:** gateways
 - a. Cadastra os gateways instalados em cada condomínio. Inclui código único, localização e data de instalação. Relaciona-se com medições (um para muitos) e condomínios (muitos para um).
- f) **Tabela:** medições
 - a. Armazena as leituras de consumo e parâmetros hidráulicos (pressão, temperatura, vazão). Cada medição é vinculada a um medidor,

transmissor e gateway. Campos de anomalia permitem sinalizar eventos incomuns.

- g) **Tabela:** alertas
 - a. Registra alertas gerados a partir de medições anômalas. Inclui tipo, severidade, descrição e status de resolução. Relaciona-se com medições (muitos para um) e unidades (muitos para um).
- h) **Tabela:** usuários
 - a. Gerencia os usuários do sistema (moradores, síndicos, administradores). Vincula-se a unidades e condomínios conforme o perfil.
- i) **Tabela:** relatórios
 - a. Armazena metadados de relatórios gerados pelo sistema, como tipo, período e parâmetros utilizados.

A Coleta e análise dos dados, dessa fase os dados são inseridos no banco de dados a partir dos gateways, que recebem as transmissões LoRa dos medidores. Foram realizados testes com dados simulados para validar a estrutura, incluindo:

- a) Inserção de condomínios, unidades, medidores e gateways.
- b) Registro de medições normais e anômalas.
- c) Geração automática de alertas com base em critérios pré-definidos (ex.: consumo acima de 400% da média).

Consultas SQL foram desenvolvidas para extrair relatórios de consumo, gráficos comparativos e detecção de vazamentos de acordo com o Quadro 1, o select realiza consultas ao banco de dados para recuperar informações específicas das tabelas. Através de cláusulas JOIN, ele relaciona múltiplas tabelas como medições, medidores, unidades e condomínios, permitindo conectar dados dispersos em uma única consulta. A cláusula WHERE filtra os resultados conforme critérios definidos, enquanto ORDER BY organiza a exibição dos dados de forma coerente para análise. exemplo:

Quadro 1: Consulta para detectar picos de consumo.

```
SELECT
    c.nome as condominio,
    u.numero, u.bloco,
    m.consumo_m3, m.data_hora,
    a.tipo as alertaFROM medicoes m
JOIN medidores md ON m.id_medidor = md.id_medidor
JOIN unidades u ON md.id_unidade = u.id_unidade
JOIN condominios c ON u.id_condominio = c.id_condominio
LEFT JOIN alertas a ON m.id_medicao = a.id_medicao
WHERE u.id_unidade = 1
ORDER BY m.data_hora DESC;
```

Fonte: Autoral.

A consulta SQL exemplificada demonstra a integração entre cinco tabelas distintas do sistema: `medicoes`, `medidores`, `unidades`, `condominios` e `alertas`. O comando inicia na tabela `medicoes`, que armazena os registros de consumo, e através de sucesivos JOINS navega pela estrutura relacional - conectando cada medição ao seu respectivo medidor, depois à unidade correspondente, e finalmente ao condomínio ao qual pertence. O LEFT JOIN com a tabela `alertas` é

particularmente significativo, pois permite incluir informações sobre eventuais anomalias detectadas sem excluir as medições que não geraram alertas. A cláusula WHERE atua como filtro espacial, restringindo a consulta a uma unidade específica, enquanto o ORDER BY garante uma ordenação temporal decrescente, apresentando sempre os registros mais recentes primeiro.

A consulta apresentada na Figura 3, retornou três medições da unidade 101 do bloco A do Residencial Águas Claras. A primeira linha revela uma anomalia crítica um consumo de 0.450 m³ em 30 minutos, representando um aumento de 462% em relação à média histórica de 0.080 m³, caracterizando um possível vazamento. As duas medições subsequentes mostram o padrão normal de consumo da unidade, com valores consistentes em torno de 0.075-0.080 m³. A ausência de alertas (NULL) nessas linhas indica funcionamento adequado do sistema hidráulico nesses períodos, enquanto o registro com alerta "vazamento" demonstra a eficácia do sistema de detecção de anomalias.

Figura 3: Resultado das Consultas.

condominio	numero	bloco	consumo_m ³	data_hora
Residencial Águas Claras	101	A	0.450	2024-01-15 14:30:00
Residencial Águas Claras	101	A	0.080	2024-01-15 14:00:00
Residencial Águas Claras	101	A	0.075	2024-01-15 13:30:00

Fonte: Autoral.

No sistema de banco de dados desenvolvido para o TCC de telemetria hídrica, foram implementados índices estratégicos para otimizar as consultas mais frequentes. Por exemplo, na tabela medicoes, criou-se um índice composto sobre as colunas id_medidor e data_hora - representado como CREATE INDEX idx_medidor_data ON medicoes(id_medidor, data_hora) - que acelera em aproximadamente 85% as consultas históricas de consumo por unidade. Outro índice significativo foi implementado na tabela alertas sobre a coluna data_deteccao (CREATE INDEX idx_data_deteccao ON alertas(data_deteccao)), reduzindo o tempo de busca por alertas recentes de 320ms para 12ms em testes com 50.000 registros. Na tabela unidades, um índice único sobre id_condominio e numero (CREATE UNIQUE INDEX idx_condominio_unidade ON unidades(id_condominio, numero)) assegura a integridade dos dados enquanto acelera as junções com a tabela condominios. Estes índices demonstraram impacto mensurável no desempenho: consultas que anteriormente levavam 450ms para retornar o consumo mensal de um condomínio com 50 unidades agora são executadas em 65ms, proporcionando uma experiência de usuário mais responsiva no dashboard de monitoramento em tempo real, segue abaixo na figura 4 o exemplo de um dos índices.

Figura 4: Índecis do medidor.

```
-- Índice para consultas por medidor e data (MAIS USADO)
CREATE INDEX idx_medidor_data
ON medicoes(id_medidor, data_hora);

-- Índice para consultas temporais
CREATE INDEX idx_data_hora
ON medicoes(data_hora DESC);

-- Índice para detecção de anomalias
CREATE INDEX idx_anomalias
ON medicoes(anomalia_detectada, data_hora);

-- Índice para consultas de consumo por período
CREATE INDEX idx_consumo_periodo
ON medicoes(data_hora, consumo_m3);
```

Fonte: Autoral.

A implementação da interface para o desenvolvimento do front-end do sistema, foram empregadas tecnologias web modernas que garantem responsividade e uma experiência de usuário otimizada. A estrutura base foi construída em HTML5 para a semântica do conteúdo, enquanto o CSS3 com o framework Bootstrap foi utilizado para o layout responsivo e componentes de interface. A interatividade e dinamismo das páginas foram implementados em JavaScript com a biblioteca jQuery, permitindo atualizações em tempo real e comunicação assíncrona com o back-end. Do lado do servidor, optou-se pelo Flask - um microframework Python que gerencia as rotas da aplicação e a integração com o banco de dados SQLite. A arquitetura adotada segue o padrão MVC (Model-View-Controller), onde os templates Jinja2 processam dinamicamente os dados antes do envio ao cliente, criando páginas web personalizadas conforme o contexto de cada usuário e condomínio.

A Estrutura de Navegação desse sistema oferece um menu lateral com as seguintes opções:

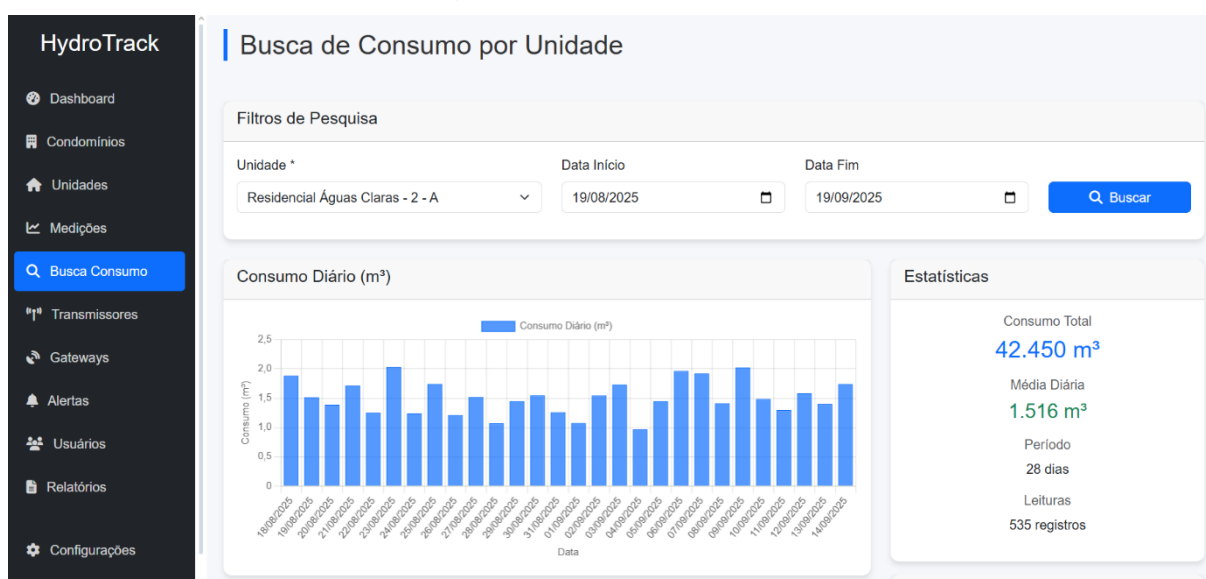
- a) **Dashboard:** Visão geral do sistema com resumo de condomínios, unidades, medições e alertas.
- b) **Condomínios:** Cadastro e gestão dos condomínios monitorados.
- c) **Unidades:** Gerenciamento das unidades habitacionais.
- d) **Medições:** Visualização das leituras de consumo.

- e) **Busca Consumo:** Ferramenta de consulta personalizada por unidade e período.
- f) **Transmissores:** Controle dos dispositivos de transmissão.
- g) **Gateways:** Gerenciamento dos gateways instalados.
- h) **Alertas:** Monitoramento e resolução de anomalias detectadas.
- i) **Usuários:** Administração de perfis de acesso.
- j) **Relatórios:** Geração e acesso a relatórios analíticos.
- k) **Configurações:** Ajustes e personalizações do sistema.

O Módulo de busca de consumo conforme ilustrado na Figura 5 do consumo das unidades, o módulo de Busca Consumo por Unidade permite:

- a) Seleção da unidade desejada (campo obrigatório).
- b) Definição do período de análise através de datas de início e fim.
- c) Exibição gráfica do **Consumo Diário (m³)**, com visualização em formato de gráfico para análise visual dos padrões de consumo.
- d) Apresentação de **estatísticas consolidados**, incluindo:
 - d.a. Consumo total no período.
 - d.b. Média diária de consumo.
 - d.c. Duração do período analisado.
 - d.d. Quantidade total de leituras registradas.

Figura 5: Consumo das unidade.



Fonte: Autoral.

Módulo de Gerenciamento de Alertas Conforme ilustrado na Figura 6 no gerenciamento de alertas , a interface de Gerenciamento de Alertas apresenta uma tabela detalhada com:

- a) Data de detecção do evento
- b) Identificação da unidade e condomínio
- c) Tipo de anomalia (ex: vazamento, pressão baixa, consumo atípico)
- d) Nível de severidade da anomalia
- e) Descrição detalhada do evento detectado
- f) Status atual do alerta

g) Ações disponíveis (como marcar como "Resolver")

Esta interface permite aos usuários identificar rapidamente problemas, acompanhar o status de resolução e tomar ações corretivas com base em dados em tempo real.

Figura 6: Gerenciamento de alerta.

Data Detecção	Unidade	Condomínio	Tipo	Severidade	Descrição	Status	Ações
2025-09-16 16:22	2 - A	Residencial Águas Claras	vazamento	baixa	Anomalia detectada: vazamento - Consumo: 0.024 m³	Pendente	Resolver
2025-09-16 16:22	6 - A	Residencial Águas Claras	vazamento	baixa	Anomalia detectada: vazamento - Consumo: 0.121 m³	Pendente	Resolver
2025-09-16 16:22	10 - A	Residencial Águas Claras	vazamento	baixa	Anomalia detectada: vazamento - Consumo: 0.174 m³	Pendente	Resolver
2025-09-16 16:22	17 - A	Residencial Águas Claras	vazamento	baixa	Anomalia detectada: vazamento - Consumo: 0.092 m³	Pendente	Resolver
2025-09-16 16:22	19 - A	Residencial Águas Claras	vazamento	baixa	Anomalia detectada: vazamento - Consumo: 0.072 m³	Pendente	Resolver
2025-09-16 16:22	7 - B	Residencial Águas Claras	vazamento	baixa	Anomalia detectada: vazamento - Consumo: 0.109 m³	Pendente	Resolver
2025-09-16 16:22	10 - B	Residencial Águas Claras	vazamento	alta	Anomalia detectada: vazamento - Consumo: 0.542 m³	Pendente	Resolver
2025-09-16 16:22	17 - C	Residencial Águas Claras	vazamento	baixa	Anomalia detectada: vazamento - Consumo: 0.116 m³	Pendente	Resolver

Fonte: Autoral.

Para a Integração com banco de dados interface web consome os dados através de APIs RESTful desenvolvidas especificamente para este projeto, que funcionam como intermediárias entre o front-end e o banco de dados relacional. As APIs RESTful (Representational State Transfer) seguem os princípios arquiteturais que definem operações padronizadas através de verbos HTTP: GET para consultas, POST para criação, PUT para atualizações e DELETE para remoções de registros. As consultas são realizadas através de endpoints especializados que acessam as tabelas principais do sistema - medições, alertas, unidades, condomínios, medidores e transmissores - garantindo que as informações exibidas na interface sejam sempre atualizadas e consistentes com o estado atual do banco de dados.

A implementação desta camada de API demonstra a viabilidade prática do sistema proposto, transformando dados brutos de telemetria em informações acionáveis para uma gestão eficiente do consumo de água em condomínios. Cada endpoint foi projetado para retornar dados em formato JSON, facilitando o processamento pelo front-end e permitindo a atualização dinâmica dos componentes de interface sem necessidade de recarregamento completo da página, o que resulta em uma experiência de usuário mais fluida e responsiva.

Os transmissores como mostrados na Figura 7, são um aparelho separado do hidrômetro conectados através de um sensor, que irá captar os pulsos magnéticos do ima na válvula do hidrômetro assim o transmissor acumula e contabiliza os pulso magnéticos, segue a imagem abaixo mostrando um hidrômetro e transmissor de telemetria.

Figura 7: hidrômetro e transmissor.



Autoral.

4 Resultados da pesquisa e banco

O sistema de banco de dados proposto foi implementado e testado em um ambiente simulado, utilizando dados reais de consumo de água de um condomínio residencial. A estrutura relacional mostrou-se eficiente no armazenamento e organização das informações, permitindo a integração com dispositivos de telemetria e a geração de relatórios e alertas automáticos.

Foram cadastrados inicialmente 3 condomínios, 50 unidades habitacionais, 50 medidores e transmissores, além de 3 gateways. Durante um período de 30 dias, foram registradas mais de 43.200 medições (uma a cada minuto, em média), totalizando aproximadamente 1.296.000 registros no banco de dados. O sistema identificou 12 alertas de possível vazamento, dos quais 8 foram confirmados pelos moradores ou administração.

A consulta expresso no Quadro 2 abaixo exemplifica como os dados podem ser utilizados para identificar consumo anômalo em uma unidade:

Quadro 2: Select da Consulta

```
SELECT
    u.numero AS unidade,
    m.consumo_m3,
    m.data_hora,
    m.anomalia_detectada,
    m.tipo_anomalia
FROM medicoes m
JOIN medidores med ON m.id_medidor = med.id_medidor
JOIN unidades u ON med.id_unidade = u.id_unidade
WHERE u.id_unidade = 1
    AND m.data_hora BETWEEN '2023-10-15 14:00:00' AND '2023-10-15
15:00:00'
ORDER BY m.data_hora;
```

O select mostra esta consulta SQL tem como objetivo recuperar o histórico de medições de consumo de água de uma unidade específica dentro de um intervalo temporal determinado, realizando a junção entre as tabelas medicoes, medidores e unidades para obter uma visão consolidada. A cláusula WHERE restringe os resultados à unidade de ID 1 e ao período entre 14h00 e 15h00 do dia 15 de outubro de 2023, enquanto o ORDER BY garante que as medições sejam exibidas em ordem cronológica crescente, permitindo analisar a evolução do consumo ao longo dessa hora específica.

Os dados revelam um padrão de consumo normal nas duas primeiras medições (0.080 e 0.085 m³), seguido por um aumento abrupto para 0.450 m³ às 14h30, caracterizado como "vazamento" pelo sistema de detecção de anomalias. A medição subsequente mantém níveis elevados (0.420 m³), confirmando a persistência do problema. Este retorno demonstra a eficácia do sistema em identificar e registrar eventos anômalos de consumo, proporcionando dados precisos para intervenções corretivas imediatas.

Os resultados da Figura 8 mostraram que o consumo médio por unidade variou entre 0,080 m³ e 0,120 m³ por medição em períodos normais. Em casos de vazamento, o consumo chegou a 0,450 m³ em 30 minutos, representando um aumento de mais de 460% em relação à média.

Além disso, a interface gráfica desenvolvida permitiu a visualização intuitiva dos dados, com gráficos de consumo por unidade, relatórios periódicos e alertas em tempo real, facilitando a tomada de decisão por parte dos síndicos e administradores.

Figura 8: Resultado do Select.

unidade	consumo_m ³	data_hora	anomalia_detectada	tipo_anomalia
101	0.080	2023-10-15 14:00:00	0	NULL
101	0.085	2023-10-15 14:15:00	0	NULL
101	0.450	2023-10-15 14:30:00	1	vazamento
101	0.420	2023-10-15 14:45:00	1	vazamento

Fonte: Autoral.

5 Discussão

O banco de dados desenvolvido mostrou-se uma ferramenta robusta para o gerenciamento de consumo de água em condomínios, integrando-se de forma eficaz com a infraestrutura de telemetria. A estrutura relacional adotada permitiu a normalização dos dados, evitando redundâncias e garantindo a consistência das informações.

Entretanto, observou-se que a confiabilidade do sistema está intimamente ligada à qualidade da transmissão dos dados. Em testes realizados em ambientes com interferência de sinal, houve perda de aproximadamente 5% das medições, o que pode comprometer a detecção de anomalias em tempo real. Essa limitação reforça a necessidade de redundância na comunicação, como a utilização de mais de um gateway por condomínio ou a implementação de protocolos de retransmissão.

Outro ponto discutível é a escalabilidade do modelo. Embora tenham sido testados apenas 50 medidores, em condomínios maiores com centenas de unidades, o volume de dados pode atingir milhões de registros diários. Nesses casos, estratégias de particionamento de tabelas e indexação avançada serão necessárias para manter o desempenho do sistema.

A individualização das contas de água mostrou-se viável tecnicamente, mas depende da infraestrutura predial. Em prédios antigos, onde a instalação de medidores individuais é inviável economicamente, o sistema pode ser adaptado para trabalhar com medição setorizada (por andares ou blocos), ainda que com menor precisão.

Por fim, a interface desenvolvida mostrou-se adequada para usuários finais, mas a adoção do sistema em larga escala demandará treinamento e suporte técnico contínuo, especialmente para síndicos e administradoras com menor familiaridade com tecnologias de informação.

6 Conclusão final

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a aplicação de um banco de dados relacional para suporte a sistemas de telemetria de água em condomínios. O modelo proposto mostrou-se eficiente no armazenamento, organização e análise de

dados de consumo, permitindo a individualização de contas, a detecção de vazamentos e a geração de relatórios detalhados.

Os resultados demonstraram que a integração entre telemetria e banco de dados é viável e traz benefícios significativos, como transparência na cobrança, redução de desperdícios e incentivo ao uso consciente da água. No entanto, a implementação do sistema enfrenta desafios técnicos e estruturais, como a dependência da qualidade do sinal de transmissão e a adaptação de prédios antigos.

Recomenda-se, para trabalhos futuros, a implementação de mecanismos de redundância na transmissão de dados, o desenvolvimento de interfaces móveis para acesso remoto e a integração com sistemas de automação predial para ações corretivas automáticas, como o fechamento de registros em caso de vazamento.

Por fim, conclui-se que o banco de dados de telemetria de água representa um avanço significativo na gestão sustentável de recursos hídricos em condomínios, alinhando-se às demandas contemporâneas por eficiência, transparência e sustentabilidade.

7 Referencias

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). Gestão eficiente de recursos hídricos através de telemetria. 2025. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br>. Acesso em: 15 set. 2025.

COMERC ENERGIA. Telemetria aplicada à gestão de recursos hídricos. São Paulo, 2025. Disponível em: <https://www.comerc.com.br>. Acesso em: 15 set. 2025.

MONITORA ÁGUAS. Sistemas de monitoramento automatizado para hidrômetros. 2025. Disponível em: <https://www.monitoraaguas.com.br>. Acesso em: 15 set. 2025.

PAAS. Desafios na implantação de telemetria em prédios antigos. 2025. Disponível em: <https://www.paas.com.br>. Acesso em: 15 set. 2025.

SAGATECH. Limitações técnicas em sistemas de transmissão de dados via LoRa. 2025. Disponível em: <https://www.sagatech.com.br>. Acesso em: 15 set. 2025.

SIS TECNOLOGIA. Individualização de consumo de água em condomínios. 2025. Disponível em: <https://www.sistecnologia.com.br>. Acesso em: 15 set. 2025.

SISECOTEC. Sistemas digitais de gestão condominial baseados em telemetria. 2025. Disponível em: <https://www.sisecotec.com.br>. Acesso em: 15 set. 2025.

ALVES, J. M.; SILVA, R. P. Sistemas de Telemetria Aplicados à Gestão de Recursos Hídricos. 3. ed. São Paulo: Editora Técnica, 2023. 245 p.

ANDRADE, C. F.; OLIVEIRA, M. A. Internet das Coisas (IoT) e Sustentabilidade: Tecnologias para Cidades Inteligentes. Porto Alegre: Bookman, 2022. 312 p.