

CENTRO UNIVERSITÁRIO IBMEC RIO DE JANEIRO (IBMEC-RJ)

**HYDROTRACK: SISTEMA PARA MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DO CONSUMO
DE ÁGUA EM CONDOMÍNIOS**

Rio de Janeiro, RJ

2025



Guilherme Vieira Firmeza
Thiago Silva de Souza (Orientador)

HYDROTRACK: SISTEMA PARA MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DO CONSUMO DE ÁGUA EM CONDOMÍNIOS

Relatório apresentado à 9ª FEMIC - Feira
Mineira de Iniciação Científica.
Orientação do Prof. Dr. Thiago Silva de Souza.

Rio de Janeiro, RJ
2025



RESUMO

Este trabalho apresenta o HydroTrack, uma solução para monitoramento individualizado do consumo de água em condomínios. A proposta surge como alternativa ao modelo tradicional de medição coletiva, oferecendo uma abordagem mais justa, econômica e sustentável. O sistema é composto por um microcontrolador ESP32 integrado a um sensor de fluxo de água YF-S201, responsável pela coleta de dados de consumo em tempo real. Esses dados são enviados a uma plataforma web responsiva, que permite a visualização detalhada por unidade habitacional, a conversão automática para metros cúbicos e a configuração de alertas personalizados. A arquitetura do HydroTrack é modular e escalável, o que facilita sua manutenção e adaptação a diferentes tipos de edificações. Testes preliminares indicam elevado grau de precisão do sistema, com erro médio inferior a 5% nas leituras de vazão em condições de fluxo estável.

Palavras-chave: Automação Residencial, Medição, Água, ESP32, Sustentabilidade.



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 JUSTIFICATIVA.....	7
3 OBJETIVO GERAL	8
4 REVISÃO DE LITERATURA	9
5 METODOLOGIA	11
6 RESULTADOS OBTIDOS.....	15
7 CONCLUSÕES	18
REFERÊNCIAS	11



1 INTRODUÇÃO

O consumo consciente de recursos naturais tem se tornado um tema de crescente importância nos contextos urbano e ambiental. Com o agravamento das crises hídricas em diversas regiões e o aumento das tarifas de água, torna-se essencial buscar soluções que promovam o uso eficiente e responsável deste recurso vital.

Em condomínios residenciais, a medição coletiva do consumo de água ainda é predominante [SindicoNet, 2023]. Nesse modelo tradicional, um único hidrômetro registra o consumo total do edifício, e os custos são divididos igualmente ou proporcionalmente entre os moradores. Essa prática persiste devido à infraestrutura predial antiga, à simplicidade na administração, à inexistência de exigência legal para individualização, ao consumo compartilhado em áreas comuns e às dificuldades técnicas e financeiras para a instalação de hidrômetros individuais. Embora seja uma solução prática e consolidada, esse modelo se mostra injusto por não refletir o consumo real de cada unidade habitacional.

A individualização da medição do consumo de água surge como solução eficiente, promovendo a justiça no rateio e incentivando a economia hídrica. Com a descentralização da medição, moradores são estimulados a adotar hábitos mais sustentáveis, além de haver maior transparência na cobrança.

O HydroTrack surge como uma resposta à crescente demanda por soluções mais justas e eficientes no controle do consumo de água em condomínios. O sistema combina tecnologias de Internet das Coisas (IoT) com uma interface web intuitiva, permitindo o monitoramento individualizado em tempo real. Para isso, utiliza componentes acessíveis e de baixo custo, o que viabiliza sua aplicação em diferentes contextos residenciais. Além disso, sua arquitetura modular garante escalabilidade e facilidade de manutenção, tornando o HydroTrack uma alternativa viável tanto para novos empreendimentos quanto para edifícios já consolidados.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta a justificativa para realização deste trabalho; o capítulo 3 descreve os objetivos geral e específicos; o capítulo 4 apresenta a revisão de literatura; o capítulo 5 detalha a



metodologia utilizada; o capítulo 6 discute os resultados. Por fim, o capítulo 7 apresenta as conclusões deste trabalho.



2 JUSTIFICATIVA

A falta de medição individualizada do consumo de água é um problema recorrente em condomínios brasileiros. Esse modelo coletivo gera injustiça no rateio das contas e desestimula a economia hídrica. Em tempos de crise e escassez, essa questão ganha ainda mais relevância social. O *HydroTrack* foi desenvolvido para democratizar o acesso à automação sustentável, propondo uma solução de fácil instalação, baixo custo e impacto ambiental positivo. Ao integrar hardware, software e banco de dados em nuvem, o sistema oferece uma abordagem eficiente e escalável para o controle hídrico residencial.



3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Desenvolver um sistema de medição individualizada do consumo de água em condomínios residenciais.

3.2 Objetivos específicos

- Criar um sistema acessível e de baixo custo.
- Monitorar o consumo em tempo real.
- Permitir visualização por unidade habitacional.
- Garantir instalação não-invasiva e modular.
- Promover sustentabilidade e justiça no rateio.



4 REVISÃO DE LITERATURA

Trabalhos anteriores exploraram sensores mecânicos ou sistemas integrados à infraestrutura predial tradicional [Grosskopf e Pykosz, 2017], mas poucos propõem sistemas modulares, conectados à nuvem e de baixo custo [Melo *et al.*, 2018]. O HydroTrack surge como resposta a essa demanda, combinando soluções de IoT com interface web, utilizando tecnologias acessíveis para implementar um sistema escalável de monitoramento individualizado do consumo de água.

Diversos estudos abordam soluções baseadas em sensores de fluxo, conectividade via IoT e interfaces de visualização [Andrić, 2022] [Souza, Nunes e Bianchini, 2016] [Grosskopf e Pykosz, 2017] [Duarte, 2023] [Flume Water, 2023]. A maior parte desses sistemas apresenta funcionalidades de leitura de consumo em tempo real, envio de dados para a nuvem e visualização de indicadores via gráficos. No entanto, observa-se uma lacuna significativa no que diz respeito à segmentação de consumo por unidade residencial, à capacidade multiusuário no que se refere ao controle de acesso, com autenticação individual, e com a funcionalidade de produzir *dashboards* personalizados.

Além disso, muitos projetos utilizam aplicações isoladas ou interfaces com baixo nível de usabilidade. Poucos trabalhos propõem a integração total entre hardware, software e banco de dados em nuvem com foco na experiência do usuário final e na escalabilidade da solução. Outros estudos avançam em funcionalidades como detecção de vazamentos e alarmes de consumo, mas ainda carecem de oferecer uma estrutura adaptada para gestão condominial [Americo e Izidoro, 2022] [Brandão, 2022].

Para evidenciar as lacunas das soluções existentes, a **Tabela 1** apresenta um comparativo entre três trabalhos relevantes na área de monitoramento de consumo hídrico, juntamente ao HydroTrack. Foram considerados os critérios de leitura em tempo real, visualização gráfica, controle de fluxo, uso da nuvem, segmentação por unidade habitacional, presença de banco de dados multiusuário e recursos de análise via *dashboard* (painel de controle).



Tabela 1 – Análise comparativa entre os principais trabalhos relacionados.

Recurso	Americo e Izidoro, 2022	Andrić, 2022	Brandão, 2022	Hydro-Track
Leitura em tempo real	✓	✓	✓	✓
Interface com gráficos local/mobile	✓	✓	✓	✓
Controle remoto de fluxo	✗	✗	✗	⚠
Histórico armazenado em nuvem	✗	✓	✓	✓
Segmentação por apartamento	✗	✗	✗	✓
Sistema multiusuário com banco web	✗	✗	✗	✓
App com login, dashboards e análises	✗	✓	✓	✓

Legenda:

✓ Implementado.

⚠ Planejado para ser implementado.

✗ Não implementado.

O HydroTrack se diferencia por cobrir as lacunas deixadas pelos demais trabalhos: oferece uma solução com armazenamento em nuvem segmentado por usuário, *dashboards* específicos para moradores e administradores, login individualizado, escalabilidade e fácil integração com infraestruturas residenciais existentes. Dessa forma, posiciona-se como um sistema mais completo e adaptado à realidade de condomínios modernos, tanto sob a perspectiva tecnológica quanto operacional.



5 METODOLOGIA

O desenvolvimento do HydroTrack estabeleceu como requisitos básicos: (i) o sistema deve ser responsivo; (ii) possuir baixo custo de produção; (iii) ser de replicação fácil; (iv) voltado para medição do consumo de água em tempo real em cada apartamento de um prédio, sem necessidade de alterações estruturais significativas. A motivação central foi possibilitar a autonomia de gestão do consumo hídrico para moradores e administradores de forma acessível.

O HydroTrack é composto pelos seguintes componentes de hardware e de software:

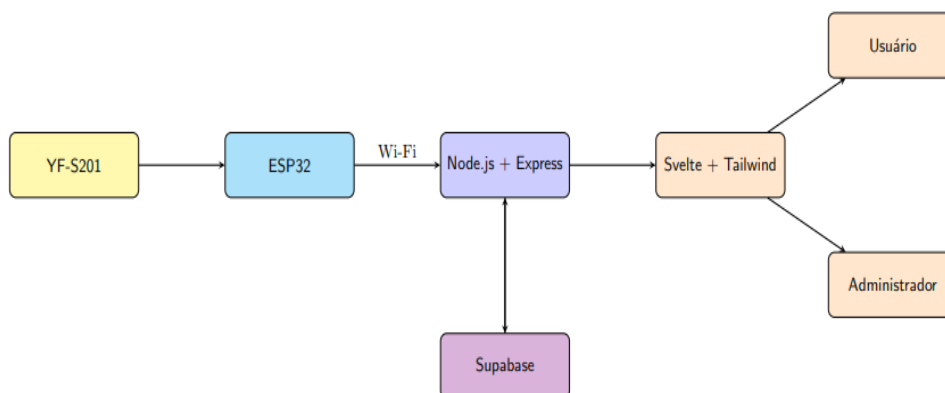
- **ESP32:** microcontrolador com conexão Wi-Fi;
- **YF-S201:** sensor de fluxo com saída digital pulsada;
- **Node.js + Express:** *backend* com API REST hospedada na plataforma Vercel;
- **Supabase:** sistema gerenciador de banco de dados em nuvem;
- **Svelte + Tailwind:** *frontend* responsivo com dois perfis (usuário e administrador).

O funcionamento é simples e eficiente: o sensor detecta a passagem da água e envia pulsos ao ESP32, que calcula a vazão (litros/min). Esses dados são transformados localmente em medições acumuladas e então enviados via requisições HTTP para a API. A API se encarrega de armazenar as informações na nuvem e disponibilizá-las para o *frontend*.

A **Figura 1** representa a arquitetura geral do HydroTrack, na qual o fluxo de dados, representado graficamente por setas, segue desde o sensor até os *dashboards* acessados por usuários e administradores, destacando a modularidade e fluidez da comunicação entre camadas.



Figura 1 – Arquitetura do HydroTrack.



Fonte: Autoria própria.

A montagem do protótipo do sistema foi realizada utilizando um microcontrolador ESP32 e um sensor de fluxo YF-S201. A ligação entre os componentes foi feita de forma simples, com alimentação via cabo USB. A configuração da placa foi realizada por meio do Arduino IDE, com bibliotecas específicas para tratamento do pulso digital enviado pelo sensor de fluxo.

Os dados lidos pelo sensor foram processados no ESP32 e enviados à API por meio de requisições HTTP. Cada leitura é convertida para litros e armazenada com *timestamp*, garantindo a ordenação temporal das amostras.

A **Tabela 2** apresenta os componentes de hardware utilizados no HydroTrack, incluindo a função e o custo unitário e total.

Tabela 2 – Componentes de hardware do sistema.

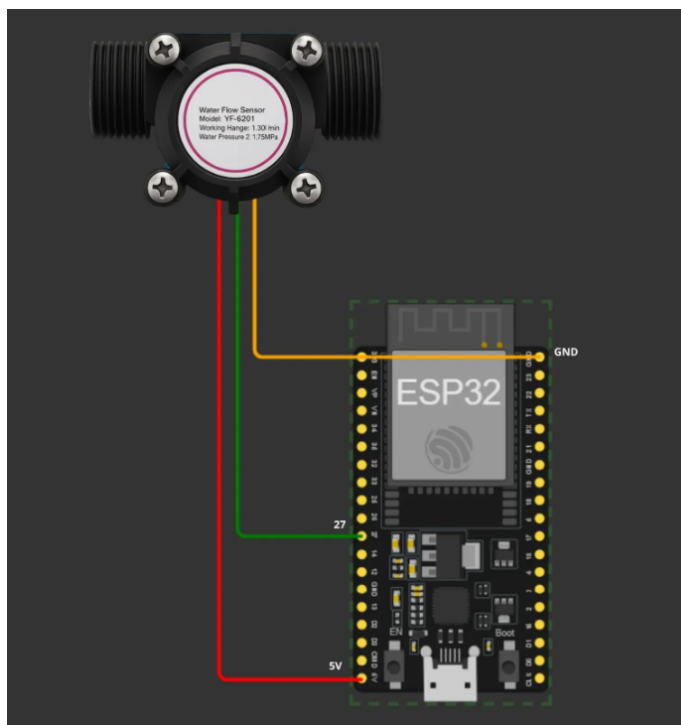
Equipamento	Imagem	Função	Custo aproximado
ESP32		Controlar o sistema, ler valores do sensor e enviar dados para a API	R\$ 50,00
Sensor YF-S201		Medir a vazão de água	R\$ 15,00
Total:			R\$ 65,00

Fonte: Autoria própria.



A **Figura 2** representa as conexões entre a placa ESP32 e o sensor de fluxo YF-S201. O sensor de fluxo YF-S201 é conectado ao ESP32 por meio de três fios: o fio vermelho (VCC) é ligado ao pino de 5V do ESP32, fornecendo a tensão necessária para o funcionamento do sensor de efeito Hall; o fio amarelo (GND) é conectado ao pino GND do ESP32, estabelecendo o potencial de referência comum entre os dispositivos; e o fio verde, correspondente à saída de sinal do sensor, é ligado ao pino GPIO 27 do ESP32, que recebe os pulsos gerados conforme a água passa pelo sensor — sendo que cada pulso representa uma quantidade específica de volume de água.

Figura 2 – Esquema do circuito do HydroTrack.



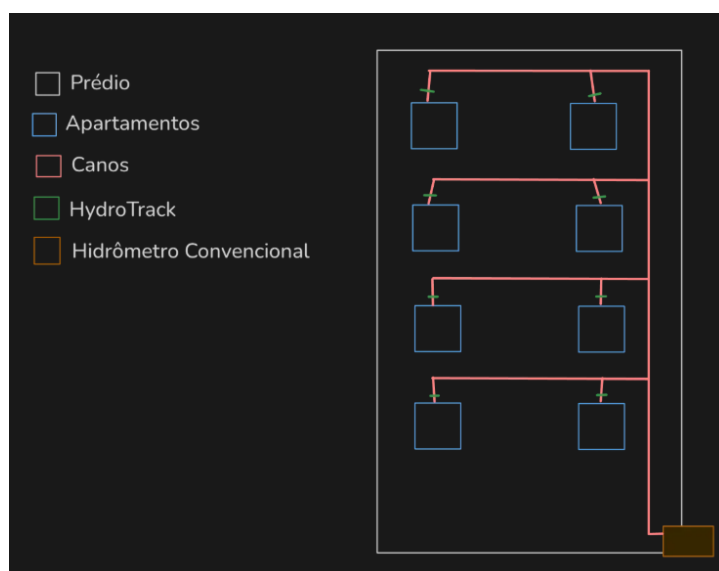
Fonte: Autoria própria.

O HydroTrack foi projetado para permitir uma instalação minimamente invasiva. Dessa forma, em edifícios que utilizam hidrômetro coletivo, basta que cada unidade habitacional instale o dispositivo diretamente na tubulação de entrada de água do seu



próprio apartamento, como representado na **Figura 3**. Essa representação evidencia a possibilidade de escalar a solução sem grandes alterações na arquitetura da solução.

Figura 3 – Esquema de um prédio com HydroTrack.



Fonte: Autoria própria.

Para o funcionamento adequado do sistema, é necessário que haja um ponto de acesso à Internet Wi-Fi disponível no local de instalação. O HydroTrack poderá ser alimentado por meio de uma bateria Li-Ion 18650 (3,7 V, 2600 mAh) ou com uma fonte AC 5V-2 A. Ambas as soluções implicam custo de cerca de R\$ 20,00 adicional ao projeto.



6 RESULTADOS OBTIDOS

Para validação do sistema, foram realizados testes de funcionamento com o sensor YF-S201, utilizando diferentes vazões e tempos de execução. As leituras obtidas pelo HydroTrack foram comparadas com os volumes reais coletados em um balde de 8 litros, utilizado como referência de medição. Essa comparação permitiu avaliar a precisão do sistema em condições controladas. Para tal, foi utilizada a seguinte equação:

$$Erro\% = \frac{Valor\ real - Valor\ medido}{Valor\ real} \times 100$$

Os testes mostraram que o sistema tem erro médio inferior a 5% nas leituras de vazão para fluxos estáveis. A latência do sistema, definida pelo tempo entre a operação de leitura do sensor e o registro na nuvem foi inferior a 2 segundos, o que assegura a exibição em tempo quase real no *dashboard*.

Também foram realizados testes de latência na transmissão dos dados e responsividade da interface em diferentes dispositivos (mobile, desktop). As rotinas do ESP32 foram programadas em C++, e as funções da API testadas com Postman. O *frontend* foi testado com dados simulados e com fluxo real, visando identificar gargalos na exibição de dados em tempo real.

A interface web responsiva permite a cada morador acompanhar seu consumo em tempo real e por dia, conforme mostra a **Figura 4**. Já o *dashboard* do administrador permite comparar apartamentos dentro de um período, facilitando o monitoramento coletivo, como mostra a **Figura 5**. Uma demonstração de uso do HydroTrack está disponível em <https://youtu.be/6SjluLJ7v98>.

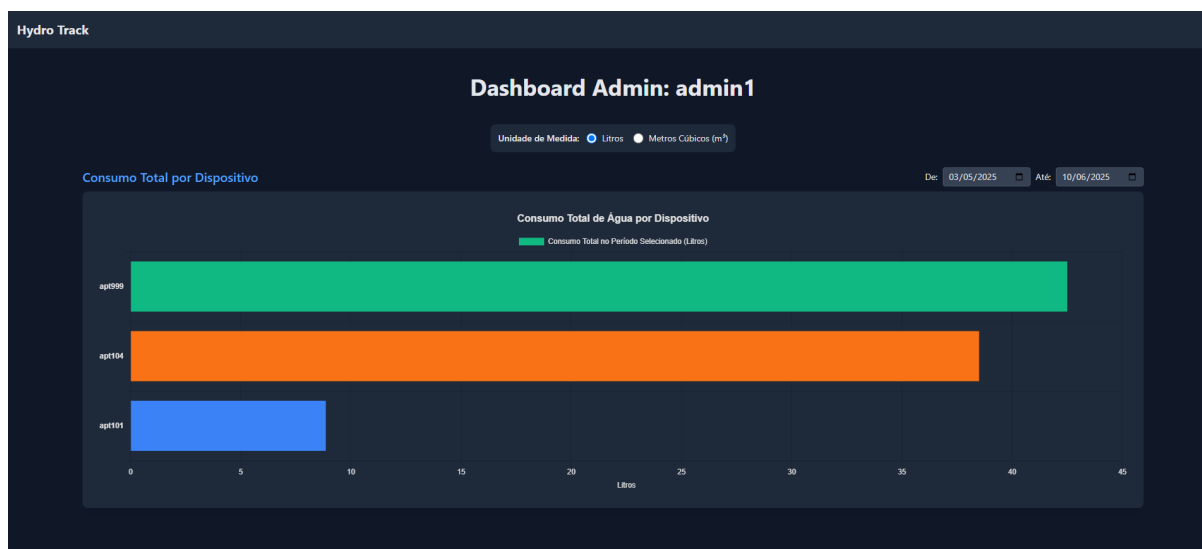


Figura 4 – Interface de consumo individual.



Fonte: Autoria própria.

Figura 5 – Dashboard do administrador.



Fonte: Autoria própria.

A integração entre hardware e software garantiu estabilidade e atualização contínua dos dados. Foram detectadas oportunidades de melhorias, como o controle remoto do fluxo



hídrico e detecção automática de vazamentos, que poderão ser implementadas em versões futuras do projeto.



7 CONCLUSÕES

O HydroTrack demonstrou ser uma solução acessível, responsiva e confiável para medição individualizada de água. Seu diferencial está na combinação de baixo custo (estimado em cerca de R\$ 85,00 por unidade), escalabilidade, facilidade de instalação e visualização em tempo real com acesso diferenciado por perfil. A implementação prática mostra seu potencial para auxiliar em políticas de economia hídrica e sustentabilidade em ambientes urbanos densos.

O sistema pode ser expandido com funcionalidades como controle remoto do fluxo, alarmes personalizados e integração com sistemas de cobrança automática por unidade residencial. Além disso, sua arquitetura modular e orientada a APIs o torna apto para integração com plataformas de automação residencial mais amplas, abrindo espaço para parcerias e desenvolvimentos futuros.

Outro aspecto importante é o potencial educacional e social do projeto. Ao permitir que os moradores acompanhem de perto seus próprios consumos, o HydroTrack promove uma cultura de responsabilidade ambiental e empoderamento digital. Esse fator pode ser explorado em campanhas de conscientização dentro dos próprios condomínios, ampliando o impacto do projeto além de sua funcionalidade técnica.

Por fim, o HydroTrack também oferece uma base sólida para estudos futuros em áreas como análise preditiva de consumo, detecção de vazamentos com *machine learning* e desenvolvimento de políticas públicas baseadas em dados de uso real. Assim, o sistema se consolida não apenas como uma ferramenta de automação, mas também como um ponto de partida para pesquisas e aplicações que visam um futuro mais sustentável.



REFERÊNCIAS

- AMERICO, Gabriel Michels; IZIDORO, Cleber Lourenço. Sistema de baixo custo para monitoramento do consumo de Água. **Revista Vincci-Periódico Científico do UniSATC**, v. 7, n. 1, p. 292-317, 2022.
- ANDRIĆ, Ivo *et al.* IoT approach towards smart water usage. **Journal of Cleaner Production**, v. 367, p. 133065, 2022.
- BRANDÃO, Igor Antônio de Paiva. **Dispositivo IoT de micromedição integrado com Cloud Computing para monitoramento do consumo de água**. 2022. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, João Pessoa, 2022.
- DUARTE, Tiago Daltro. **Sistema integrado de monitoramento de consumo de água residencial**. 2023. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, 2023.
- FLUME WATER. **Smart Home Water Monitor**. Flume Water, 2023. Disponível em: <https://flumewater.com/product/>. Acesso em: 22 jun. 2025.
- GROSSKOPF, Pedro; PYKOSZ, Leandro Correa. **Controlando o consumo de água através da Internet utilizando Arduino**. In: Congresso Nacional de Inovação e Tecnologia. 2017. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/ceplan/id_cpmenu/1593/4520170911VF_16681133920465_1593.pdf. Acesso em: 22 jun. 2025.
- MELO, Rodrigo Cassiano da Silva *et al.* **Sistema de monitoramento de consumo de água utilizando o protocolo de comunicação MQTT**. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/21883/1/SistemaMonitoramentoConsumo.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2025.
- SINDICONET. **Como é feita a individualização de água em condomínios**. SindicoNet, 2023. Disponível em: <https://www.sindiconet.com.br/informese/como-e-feita-a->



individualizacao-de-agua-em-condominios-gestao-ambiental-individualizacao-de-
hidrometros. Acesso em: 22 jun. 2025.

SOUZA, Andrey Fürst de; NUNES, Gláuber Muzyka Oyarzabal; BIANCHINI, Thiago
Hoppen. **Sistema supervisorio para monitoramento de consumo de água**. 2016. 78 f.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade
Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.