

ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA EM UMA MORADIA UNIVERSITÁRIA: MONITORAMENTO E INTERVENÇÕES PARA A GESTÃO RACIONAL

RODRIGO EMANUEL RODRIGUES DA SILVA



LetrasdoCerrado
EDITORA UNIVERSITÁRIA

**ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA EM UMA MORADIA UNIVERSITÁRIA:
MONITORAMENTO E INTERVENÇÕES PARA A GESTÃO RACIONAL**

RODRIGO EMANUEL RODRIGUES DA SILVA

Catalão

2026





UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO

Reitora

Roselma Lucchese

Vice-Reitor

Cláudio Lopes Maia

Coordenação da Editora Letras do Cerrado

André Ribeiro Macario

José Luís Solazzi

Editoração

Leonardo Ferreira Prado

Conselho Editorial

Alexandre de Assis Bueno

André Carlos Silva

André Vasconcelos da Silva

Antônio Fernandes Júnior

Domingos Lopes da Silva Júnior

Estevane de Paula Pontes Mendes

Helder Nagai Consolaro

José Luís Solazzi

Copyright © 2026 LETRASDOCERRADO

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Elaborada pelo bibliotecário-documentalista
Marcio Luiz Fernandes Barbosa (CRB 1/3161)

Silva, Rodrigo Emanuel Rodrigues da
Análise do consumo de água em uma moradia universitária
[recurso eletrônico] : monitoramento e intervenções para a
gestão racional / Rodrigo Emanuel Rodrigues da Silva. Catalão
(GO) ; Editora Letras do Cerrado, 2026.

Recurso on-line (105 p.) : il.

Modo de acesso: WWW

Publicação digital (e-book) no formato PDF.

ISBN: 978-85-93870-18-7

Inclui Bibliografia.

1. Sustentabilidade. 2. Edificações. 3. Consumo de
água. I. Título.

CDU: 624 SIL / ana

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
CAPÍTULO I	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
1.1 Histórico dos sistemas prediais e sua influência no consumo de água.....	10
1.2 Sustentabilidade nas edificações e a gestão do consumo de água.	12
1.3 Sistema predial de água quente - Sistema de aquecimento solar	17
1.4 A influência do comportamento dos usuários no consumo	19
1.5 Critérios de desempenho para o consumo de água.....	23
1.6 Técnicas de monitoramento de perfis de consumo e diagnóstico de uso da água em edifícios	26
CAPÍTULO II	
METODOLOGIA E FORMA DE ANÁLISE DOS DADOS	
2.1 Delineamento da pesquisa	30
2.2 Moradia universitária do cerrado.....	34
CAPÍTULO III	
RESULTADOS E DISCUSSÕES	
3.1 Inspeção predial e levantamento documental	36
3.2 Monitoramento do consumo	43
3.3 Monitoramento e intervenções no sistema predial de água quente	56
3.4 Implantação do sistema de telemetria para monitoramento de consumo AQ e AF ..	58
3.5 Monitoramento, identificação de vazamentos, e intervenções	61
3.6 Monitoramento do consumo e análise dos dados pós intervenções	66
3.7 Aplicação de APO e análise de fatores sociodemográficos	73
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
Propostas de trabalhos futuros	80
REFERÊNCIAS.....	83
APÊNDICE A - ARTIGO.....	88

INTRODUÇÃO

O presente livro apresenta resultado de pesquisa¹ que se desenvolveu a partir de propor e realizar ações de intervenção nos sistemas prediais de água fria e quente de um edifício do tipo moradia universitária, com base na implementação de um sistema de monitoramento remoto e análises dos perfis reais de consumo dos apartamentos, visando a economia e melhoria da gestão de água da edificação.

A pesquisa caracteriza-se por analisar os usos gerais, monitorando o perfil de consumo de água fria (AF) e quente (AQ) dos apartamentos, calculando indicadores de consumo e identificando padrões de consumo predial, e a variação do consumo nos diferentes setores do edifício, implementar o sistema de monitoramento remoto com leitura em tempo real do consumo de AF e AQ (sistema de telemetria), monitorando o consumo de AF e AQ nas unidades (apartamentos).

O estudo também utilizou o sistema de telemetria para diagnosticar ineficiências e desperdícios nos sistemas prediais de AF e AQ, bem como monitorar, propor, e implementar intervenções para a redução do consumo e o aumento da eficiência do sistema, avaliando posteriormente essas intervenções, e avaliar a percepção dos usuários sobre os SPAF e SPAQ por meio de avaliação pós-ocupacional para compreender a percepção dos moradores em relação a esses sistemas. Analisar fatores sociodemográficos e sua influência no consumo de água na edificação.

A busca pelo desenvolvimento sustentável tem se consolidado como um dos principais motores para reavaliar práticas em diversas áreas, nas últimas décadas. Com o crescente reconhecimento da finitude dos recursos naturais não renováveis e o impacto das atividades humanas no meio ambiente, surge a necessidade urgente de adotar medidas que promovam uma maior sustentabilidade em todos os setores da economia. Esse movimento busca harmonizar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental, garantindo que as futuras gerações possam atender às suas necessidades sem comprometer os recursos naturais disponíveis.

¹ Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Catalão (UFCAT), como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Estruturas e Construção Civil. Linha de pesquisa: Gestão, Tecnologia e Sustentabilidade na Construção Civil. Orientador: Prof. Dr. Heber Martins de Paula. Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Prado Abreu Reis.

No contexto das edificações, essa mudança de paradigma se traduz em esforços voltados para o gerenciamento eficiente e a redução do consumo de recursos naturais como água, gás e energia. Além dos benefícios ambientais, a implementação de práticas de gerenciamento mais eficiente dos recursos também traz vantagens financeiras, já que a economia de recursos naturais reflete diretamente na redução dos custos operacionais das edificações.

O conceito de edifício sustentável passa necessariamente pela preocupação com o adequado consumo de recursos naturais, tanto na concepção quanto na operação dos edifícios residenciais e comerciais, com vistas a evitar desperdícios, os quais podem advir do uso inadequado dos sistemas prediais hidrossanitários (SPHS), de falhas de projeto, execução e/ou de manutenção destes sistemas, e dos próprios hábitos de consumo dos moradores ou ocupantes. Partindo da premissa de que a construção civil é uma atividade com grande potencial de geração de impactos negativos ao ambiente, uma vez que consome muitos recursos, e gera muitos resíduos, o modelo de construção sustentável se cerca de atividades que empregam o uso inteligente de materiais e tecnologias, reduzem o consumo de água e energia e reaproveita os resíduos gerados pela construção (PEREIRA, 2016).

Para Kibert (2020), os princípios da Construção sustentável se aplicam ao longo de todo o ciclo de vida da construção, desde o planejamento até o descarte (desconstrução). Além disso, esses princípios se aplicam aos recursos necessários para gerar e operar o ambiente construído durante todo seu ciclo de vida: terreno, materiais, água, energia e ecossistemas. A eficiência no uso de água e energia em edificações não só contribui para a preservação ambiental, mas também resulta em economia financeira, o que é um aspecto cada vez mais valorizado em projetos de construção.

Dentro desse contexto de incentivo à adoção de boas práticas, existem diversos certificados de qualificação para edificações sustentáveis, que reconhecem construções que adotam práticas de conservação e uso racional de água e energia e eficiência energética. Dentre as principais medidas adotadas em edificações de alto desempenho, se destacam Kibert (2020):

- O controle e a redução do consumo de água;
- Implementação de dispositivos economizadores (ex.: torneiras com aeradores, descargas de baixo volume);
- Tratamento e reuso das águas residuais;

- Sistemas de aproveitamento de água de chuva;
- Projetos de paisagismo que utilizem espécies de plantas que demandam pouca irrigação;
- Geração de energia a partir de fontes renováveis (como energia solar);
- Sistemas de iluminação e climatização mais eficientes;
- Implementação de práticas de gestão de energia que monitorem e controlem o consumo ao longo do tempo.

A busca por uma gestão eficiente de recursos como água e energia em edificações é essencial para promover a sustentabilidade no ambiente construído, especialmente em um contexto de crescente urbanização e demanda por recursos naturais. No Brasil, a legislação e programas governamentais têm desempenhado um papel importante na promoção de práticas sustentáveis no setor da construção civil. A Lei nº 10.257/2001, conhecida como Estatuto da Cidade, estabelece diretrizes para o desenvolvimento urbano mais sustentável e ações de desenvolvimento de baixo impacto, incentivando a adoção de práticas que preservem o meio ambiente e otimizem o uso dos recursos. Além disso, a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, promove a gestão integrada dos resíduos e incentiva a sua redução, o que está diretamente relacionado ao conceito de construção de baixo impacto.

O Brasil é um dos países que mais consomem água no mundo de acordo com dados da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2018), e cerca de 38% da água tratada é desperdiçada (SNIS, 2023), devido a perdas no sistema de abastecimento. No âmbito das residências, para reduzir desperdícios e proporcionar maior eficiência no uso dos recursos, são necessárias medidas mitigadoras dos impactos ambientais gerados durante o ciclo de vida das edificações, trazendo desde a sua concepção, soluções que minimizem desperdícios e proporcionem economia. Além disso, com a crescente preocupação com a boa administração das finanças, é cada vez mais comum a implementação de programas que estimulem as práticas de maior sustentabilidade nas instituições públicas e privadas em todas as esferas.

Dentre as diversas classes de organizações, as instituições de ensino superior possuem uma alta demanda de água e energia nos seus Campi, para atender a edifícios de tipologias variadas, tais como prédios administrativos, laboratórios, salas didáticas, refeitórios, anfiteatros, entre outros. Dentre suas edificações, as residências estudantis são responsáveis por uma parcela dessa demanda. No caso de instituições públicas de ensino,

onde a administração do orçamento é uma questão central, a adoção de estratégias sustentáveis não apenas contribui para a conservação ambiental, mas também para a otimização dos gastos públicos, gerando economias que podem ser realocadas para outras áreas essenciais. O tema do consumo de água em instituições de ensino superior (IES), é importante devido à expansão do ensino superior no Brasil, e seu estudo pode servir de base para definição de políticas de desenvolvimento mais sustentável.

A Universidade de São Paulo (USP), após assinatura de convênio com a SABESP, implantou um programa de uso racional de água (PURA/USP), que alcançou significativa redução no consumo de água, utilizando ferramentas como o monitoramento dos consumos das edificações, identificando padrões e oportunidades de economia de água (SILVA, 2004). O PURA/USP obteve entre 1998 e 2013 uma redução de 41% no consumo de água na Cidade Universitária, reduzindo de 137.881 para 81.005 m³/mês (USP, 2013).

Na região sul de Goiás, a cidade de Catalão destaca-se como pólo industrial e educacional regional de relevância. Nos últimos dez anos, a expansão das vagas em cursos de nível superior na região atraiu um número crescente de estudantes de diferentes áreas, gerando uma maior necessidade de habitação. Em resposta a essa crescente demanda, a Universidade Federal de Catalão (UFCAT) inaugurou em 2022 uma moradia universitária para atender parte desse público, sendo este até o momento o único edifício do tipo nesta região do estado (BENTO ET AL., 2021). A edificação contou desde a concepção, com alguns elementos que visam atender às necessidades de maior sustentabilidade, como a utilização de sistemas de medição individualizada (SMI) para água fria, quente, gás e energia, sistema de aquecimento solar para a água, e soluções arquitetônicas para melhor adequação da insolação e ventilação naturais.

Tendo em vista a necessidade de garantir a economia de recursos naturais nas edificações universitárias, melhorando a gestão do consumo, torna-se relevante avaliar e monitorar o consumo de água e energia elétrica, avaliando o desempenho e aderência dos sistemas prediais às práticas recomendadas pelos princípios da construção mais sustentável, realizando diagnósticos e análises que servirão como subsídio para o planejamento de ações futuras, que estabeleçam uma gestão efetiva.

Por fim, essa linha de análise alinha-se à Silva et al. (2008) que propõem que o planejamento – motivação, objetivos, diagnóstico preliminar da situação e estruturação – devem preceder às atividades de implantação de programas de uso racional da água (PURA) e servem de subsídio a estes. Oliveira (1999) também destaca a importância das

ações tecnológicas para reduzir e controlar o consumo de água, assim como o papel relevante da auditoria do consumo de água, e do diagnóstico do sistema, antes de se realizar um plano de intervenção, para a racionalização do consumo.

No contexto do dimensionamento e da gestão de sistemas hidrossanitários, a compreensão dos perfis de consumo dos moradores é fundamental. A NBR 5626 (ABNT, 2020) confere maior liberdade aos projetistas para dimensionar os sistemas de acordo com o consumo real e esperado dos moradores. Isso significa que, ao invés de se basear unicamente em parâmetros fixos de consumo de água, a norma incentiva a consideração de dados reais de consumo e padrões de uso específicos de cada tipo de edificação e grupo de usuários. Essa abordagem permite um dimensionamento mais assertivo e preciso quanto a realidade dos usos da água, evitando super dimensionamentos que encarecem a obra e podem gerar desperdícios, ou sub dimensionamentos que comprometem o desempenho do sistema e a satisfação do usuário. A análise detalhada dos usos finais para a determinação dos perfis de consumo de água, portanto, é uma ferramenta para um projeto mais inteligente e sustentável.

Como auxílio ao monitoramento e diagnóstico técnico dos sistemas prediais hidrossanitários (SPHS), pode-se ainda utilizar ferramentas qualitativas que avaliem o estado atual do edifício com relação aos seus sistemas, como é o caso da técnica de avaliação pós ocupacional (APO), que pode agregar informações sobre a percepção dos moradores sobre o funcionamento adequado dos sistemas prediais. A APO é uma metodologia que une tanto aspectos técnicos quanto visa fornecer um feedback dos usuários sobre o funcionamento e operação dos sistemas prediais, o que pode ajudar, juntamente com o levantamento dos perfis de consumo, a execução de projetos mais adaptados e com desempenho mais ajustado à realidade dos usuários daquela edificação.

Ainda de acordo com Oliveira (1999b), para a redução dos volumes utilizados e de desperdícios de água, ou seja, de consumo de água potável em edifícios, pode-se implementar três tipos de ações: tecnológicas, econômicas e sociais. Dentre as ações tecnológicas, estão a substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água, implantação de sistemas de medição setorizada, a detecção e correção de vazamentos, o uso de fontes alternativas de suprimento de água. As ações econômicas incluem os incentivos e desincentivos econômicos, através do aumento ou diminuição das tarifas, e o incentivo à aquisição de aparelhos economizadores. Já as ações sociais incluem campanhas educativas e de conscientização dos usuários, para que estes adequem seu comportamento com relação ao uso da água.

Diante do exposto e da complexidade de gerenciar o consumo de água em edificações, especialmente em moradias universitárias com sua dinâmica populacional e relevância institucional, torna-se imperativo aprofundar o conhecimento sobre os padrões de uso. Nesse contexto, a integração de metodologias como a Avaliação Pós-Ocupacional (APO), que capta a percepção dos usuários, com dados objetivos de telemetria, oferece uma abordagem robusta para identificar os verdadeiros fatores que influenciam o consumo.

CAPÍTULO I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Histórico dos sistemas prediais e sua influência no consumo de água

A história dos sistemas prediais de água remonta às primeiras civilizações, quando a necessidade de transportar e distribuir água potável impulsionou o desenvolvimento de técnicas e infraestruturas cada vez mais sofisticadas. Desde os aquedutos romanos, passando pelos sistemas de bombeamento a vapor da Revolução Industrial, até as tecnologias modernas de tratamento e automação, a evolução dos sistemas de abastecimento de água acompanha a trajetória da humanidade em busca de conforto, saúde e bem-estar (AZEVEDO ET AL., 1998).

As primeiras instalações prediais de água eram rudimentares, baseadas na gravidade e em materiais simples como argila e madeira. Com o avanço da tecnologia e o crescimento das cidades, os sistemas se tornaram mais complexos, incorporando tubulações metálicas, bombas hidráulicas e reservatórios. Apenas do século XIX, com o desenvolvimento da produção de tubos de ferro fundido, capazes de resistir a pressões internas relativamente elevadas, com o crescimento das cidades e a importância cada vez maior dos serviços de abastecimento de água e, ainda, em consequência do emprego de novas máquinas hidráulicas, é que a Hidráulica teve um progresso rápido e acentuado (AZEVEDO ET AL., 1998). A partir de meados do século XX (1960), a difusão de novos materiais, como o PVC e o CPVC, e da energia elétrica impulsionaram a modernização dos sistemas, tornando-os mais eficientes e acessíveis.

Os sistemas prediais de água fria são responsáveis por toda a captação, armazenamento, tratamento (quando necessário) e distribuição de água potável para os

diversos pontos de consumo em uma edificação, como torneiras, chuveiros (para a parte fria), bacias sanitárias e máquinas de lavar, por exemplo. A eficiência desses sistemas é importante para garantir o abastecimento contínuo e a qualidade da água, além de minimizar o desperdício. O dimensionamento adequado, a escolha de materiais resistentes à corrosão e a manutenção preventiva são fatores essenciais para a longevidade e o bom funcionamento do SPAF, impactando diretamente no consumo consciente e na sustentabilidade do edifício.

Nas últimas décadas, a crescente preocupação com a escassez de água e a necessidade de promover o uso racional desse recurso vital impulsionaram a busca por soluções mais sustentáveis nos sistemas prediais de água. A Norma Brasileira ABNT NBR 15575-6:2021, que trata do desempenho de edificações habitacionais em relação aos sistemas hidrossanitários, destaca a importância da eficiência hídrica, definindo requisitos e critérios para o projeto, execução e manutenção desses sistemas.

A gestão eficiente da água em edificações envolve diversas estratégias, como a redução de perdas, o reuso de água, o aproveitamento de água de chuva e o uso de equipamentos economizadores. A Norma NBR 5626 (ABNT, 2020), que especifica requisitos para projeto, execução, operação e manutenção dos sistemas prediais de água fria e quente, fornece diretrizes importantes para o dimensionamento adequado das tubulações, reservatórios e outros componentes, visando minimizar o desperdício e garantir o abastecimento adequado, atendendo critérios de higiene segurança e conforto dos usuários.

A escolha dos aparelhos sanitários é outro fator crítico na gestão do consumo de água. O mercado oferece uma ampla variedade de opções com diferentes níveis de eficiência hídrica como, por exemplo, torneiras e chuveiros com dispositivos economizadores, bacias sanitárias com duplo acionamento e máquinas de lavar roupa com baixo consumo de água são tecnologias que podem contribuir para a redução do consumo em edifícios.

Os equipamentos economizadores de água desempenham um importante papel na redução do consumo em edificações. Torneiras e chuveiros com dispositivos aeradores ou redutor de vazão, bacias sanitárias com duplo acionamento e máquinas de lavar roupa com baixo consumo de água são exemplos de tecnologias que podem gerar economia sem comprometer o conforto e a higiene dos usuários. Por vezes, no entanto, o custo desses equipamentos pode levar à escolha dos convencionais (KALBUSCH; GHISI, 2016). Por

essa razão, é fundamental avaliar e quantificar o impacto da substituição, em edifícios já existentes, de equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos economizadores de água.

A busca por soluções cada vez mais eficientes e sustentáveis nos sistemas prediais de água é um desafio constante para engenheiros, arquitetos e outros profissionais da construção civil. A incorporação de tecnologias, como a medição individualizada e a automação predial, aliada à conscientização dos usuários e à gestão eficiente dos recursos hídricos, são caminhos promissores para garantir a conservação e o uso mais racional proporcionando acesso à água de qualidade.

A pressão da água na rede de distribuição é um fator importante no consumo. Pressões excessivamente altas podem levar ao desperdício de água, uma vez que aumentam a vazão nas torneiras e chuveiros, mesmo com dispositivos economizadores instalados. Por outro lado, pressões muito baixas podem comprometer o conforto dos usuários e a funcionalidade dos equipamentos, como máquinas de lavar roupa e descargas sanitárias. A temperatura da água, especialmente nos sistemas de aquecimento, também pode influenciar o consumo.

Além de tudo, pensar a manutenção preventiva dos sistemas prediais é fundamental para garantir seu bom funcionamento e evitar vazamentos e desperdícios. Inspeções periódicas, limpeza de reservatórios e substituição de componentes desgastados são medidas que contribuem para o desempenho do edifício.

1.2 Sustentabilidade nas edificações e a gestão do consumo de água

A sustentabilidade, conforme definido pelas Nações Unidas, é um conceito que envolve o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, a preservação ambiental e o bem-estar social, buscando atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem suas próprias demandas (BRUNDTLAND ET AL., 1991). Um de seus princípios é a utilização racional dos recursos naturais, promovendo práticas que minimizem impactos ambientais.

Em essência, o desenvolvimento mais sustentável é um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas. A

partir dessa perspectiva, o conceito de desenvolvimento, que antes se associava apenas aos aspectos econômicos, passou a incluir também a preocupação com o meio ambiente, sem deixar de lado a valorização do bem estar social, formando assim os três aspectos fundamentais do desenvolvimento sustentável. Com o crescimento da população mundial e da demanda por recursos naturais, além das mudanças climáticas, atingir essa meta torna-se cada vez mais um processo desafiador.

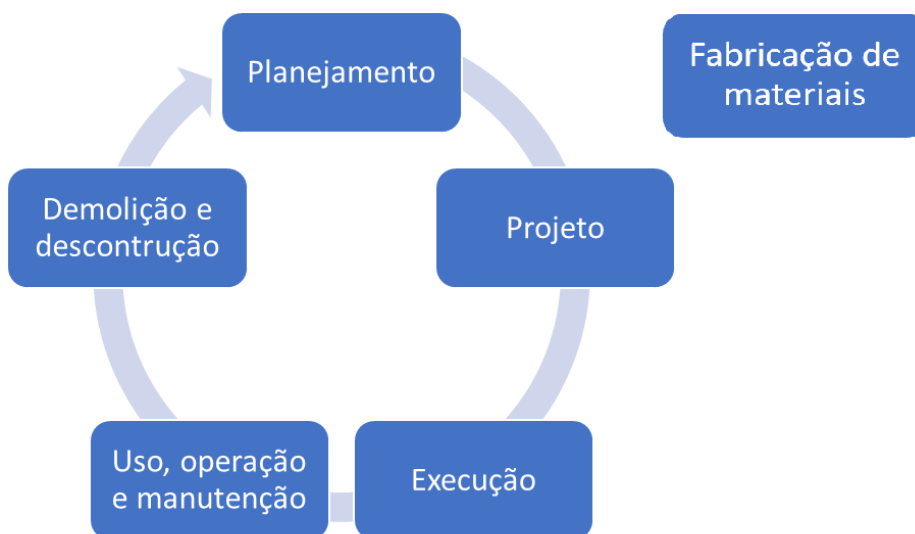
Dentre todas as atividades econômicas, a construção civil é uma das que geram impacto mais considerável ao meio ambiente. Estima-se que a indústria da construção civil utiliza entre 40% e 75% dos recursos naturais extraídos no mundo (AGOPYAN; JOHN, 2011). Os impactos gerados pela construção civil estão relacionados ao consumo desses recursos e de energia, e ainda aqueles associados à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Esses aspectos ambientais somados à qualidade de vida que o ambiente construído proporciona, sintetizam as relações entre a construção e o meio ambiente (NASCIMENTO; MORAIS; LOPES, 2022).

No último quarto do século XX, após os primeiros esforços importantes para aplicar o paradigma da sustentabilidade para o ambiente construído no início dos anos 1990, o movimento da construção sustentável ganhou importante força e ímpeto (KIBERT, 2020).

A construção é apenas uma das etapas do ciclo de vida de uma edificação. Para haver sustentabilidade na cadeia da construção civil e do mercado imobiliário de uma maneira geral, pode-se implantar medidas de redução de consumo em todas as etapas desse ciclo. Com o objetivo de se obter uma edificação que cumpra efetivamente os requisitos de sustentabilidade, devem ser consideradas medidas de racionalização do consumo de recursos e energia desde a etapa de projeto até o final da vida útil do empreendimento, o que passa necessariamente pela gestão do consumo durante o período pós-ocupação, e da correta manutenção dos sistemas prediais, o que minimiza as possibilidades de desperdício de recursos. Além disso, é importante considerar o ciclo de vida dos materiais utilizados na edificação, desde a extração dos recursos naturais utilizados na sua fabricação, até a cadeia logística de transporte até o local final de sua aplicação.

O ciclo de vida de uma edificação costuma ser dividido, segundo Oliveira, Mitidieri Filho e Melhado (2023), em cinco fases principais: Concepção e Projeto, Construção, Operação e Manutenção, Reforma/Reabilitação e Desconstrução e Descarte, conforme a Figura 1.

Figura 1– Fases do ciclo de vida do processo de produção de uma edificação.



Fonte: Adaptado de Oliveira, Mitidieri Filho e Melhado (2023).

Dentro desse ciclo, a fabricação de materiais, embora não seja uma fase direta da vida útil da edificação, representa uma etapa importante que precede e alimenta a fase de Construção. Ela envolve a extração de matérias-primas e a transformação em componentes construtivos, gerando impactos ambientais relacionados ao consumo de energia, água e à produção de resíduos. Portanto, a escolha e a procedência dos materiais são fatores determinantes para a sustentabilidade do empreendimento desde sua gênese.

Para Carvalho e Sposto (2009), a fase de projeto é o elemento indutor da racionalização da construção, da qualidade do produto final e de sua sustentabilidade. É nesse estágio que a edificação é concebida, e os materiais, as técnicas construtivas e os sistemas prediais são especificados. Para que o projeto seja ambientalmente eficiente e promova a sustentabilidade, deve-se buscar um desempenho superior ao convencional, o que requer uma abordagem de projeto integrado (KIBERT, 2020). Nesse contexto, o projeto da edificação como um todo – englobando terreno, energia, materiais, qualidade do ar interior e recursos naturais – deve considerar a inter-relação desses fatores.

A aplicação desses princípios se estende a todas as fases do ciclo de vida da edificação, com impactos diretos nas instalações prediais de água. Desde a concepção e projeto, onde há a possibilidade de seleção de dispositivos economizadores e sistemas de reuso serem definidos; passando pela construção, que exige a execução precisa para evitar falhas e desperdícios; pela operação e manutenção, onde o monitoramento do consumo e

a detecção de vazamentos são vitais para a eficiência; até a desconstrução e descarte, que deve prever o manejo adequado dos componentes hidrossanitários e peças substituídas. Assim, a gestão racional da água permeia todas as etapas, desde a escolha de materiais de baixo impacto em sua fabricação até o descarte responsável de seus componentes ao final da vida útil da edificação."

Segundo Ishida e Oliveira (2016), o comissionamento é conceituado como um processo que tem como objetivo garantir e evidenciar o atendimento aos requisitos do proprietário do edifício, documentar as fases do ciclo de vida do edifício e capacitar os profissionais de operação. O comissionamento é um processo sistemático e documentado que visa garantir que todos os sistemas e componentes de uma edificação estejam projetados, instalados, testados e operados de acordo com as necessidades e requisitos do proprietário ou cliente. Dessa forma, pode-se afirmar que o comissionamento é uma ferramenta cuja aplicação pode ser efetivada durante a fase de projeto de uma edificação, e mantido ao longo da sua operação, o que facilita a implantação de práticas de redução do consumo, porém mantendo as características exigidas pelos moradores.

Yamada e Oliveira (2020) descrevem uma série de requisitos de projeto relacionados à sustentabilidade nos sistemas prediais de água quente, que podem ser aplicáveis também nas instalações de água fria, são eles: durabilidade e vida útil de projeto; flexibilidade e adaptabilidade; manutenibilidade e acessibilidade; eficiência energética e uso eficiente da água.

O sistema deve ser projetado de modo a reduzir o desperdício de água, além de reduzir as vazões e pressões de operação, sem dificultar ou prejudicar a execução das atividades fim ou o desempenho do sistema. O consumo de água deve ser monitorado periodicamente por meio de medidores para permitir a gestão da água (YAMADA E OLIVEIRA, 2020).

A adoção de práticas sustentáveis em edificações residenciais tem sido utilizada como uma solução para minimizar o impacto ambiental e fomentar um desenvolvimento mais sustentável. A concepção e o desenvolvimento de projetos que apresentem um consumo reduzido de energia e de recursos naturais como a água requerem um bom conhecimento e experiência nas mais diversas áreas como calefação, resfriamento e iluminação naturais, dentre outros. Surge assim, a necessidade de ferramentas e sistemas que facilitem a verificação e implantação dessas características, fornecendo uma lista de verificação, que se for seguida no projeto, gere uma edificação ambientalmente

sustentável. Com este intuito, diversos sistemas de certificação para edificações sustentáveis surgiram com o passar dos anos.

Alguns Critérios comuns aos sistemas de certificação são (KIBERT, 2020):

- Eficiência energética: utilização de fontes de energia renovável, sistemas eficientes de iluminação e climatização.
- Gestão da água: redução do consumo de água, uso de fontes alternativas de suprimento, controle de escoamento superficial, tratamento de efluentes.
- Qualidade do ar interior: utilização de materiais com baixo teor de compostos orgânicos voláteis (COVs) e sistemas de ventilação eficientes.
- Materiais e recursos: utilização de materiais reciclados e de baixo impacto ambiental, gestão de resíduos e redução do consumo de materiais.
- Inovação: incentivo à adoção de soluções inovadoras e tecnologias sustentáveis.
- Valorização do imóvel, redução de custos operacionais e melhoria da imagem do empreendimento.

Incorporar o conhecimento de gerenciamento dos sistemas prediais no projeto do edifício é essencial para aumentar o desempenho geral do edifício. De acordo com Ganisen et al. (2015), as variáveis de gestão dos sistemas exercem influência na sustentabilidade das edificações, e podem ter um impacto grande na energia, nos custos, e na qualidade pós ocupação do ambiente construído. Como resultado, edificações concebidas tendo em vista estes quesitos em seus projetos terão sistemas prediais mais eficientes e sustentáveis. Estes autores identificaram diversos critérios de gestão de instalações que, aplicados desde a fase de projeto, têm relação direta com o potencial para alcançar a sustentabilidade.

A gestão do consumo de água durante a operação das edificações é de grande importância para a redução de desperdícios e gestão de operação e desempenho, além da economia financeira das instituições gestoras de edifícios, sejam públicas ou privadas. A busca por uma gestão hídrica mais eficiente e sustentável em edificações exige a implementação de um conjunto de medidas que visam reduzir a demanda por água potável. A identificação e correção de vazamentos, tanto aparentes quanto ocultos, representa um passo fundamental nesse processo, uma vez que as perdas de água por vazamentos podem ser substanciais e comprometer a eficiência do sistema. Além disso, a adoção de práticas e tecnologias que minimizem as perdas de água em todo o sistema, desde o suprimento até a distribuição, é essencial para otimizar o uso desse recurso. Isso

pode incluir a substituição de tubulações antigas e danificadas, a instalação de sistemas de controle de pressão e a implementação de dispositivos economizadores de água nos pontos de consumo (OLIVEIRA, 1999).

Outra alternativa muito utilizada para uma melhor gestão do consumo, é a instalação de equipamentos hidrossanitários economizadores, como torneiras com aeradores, chuveiros com restritores de vazão e bacias sanitárias com duplo acionamento, que contribuem para a redução do consumo de água nos pontos de uso, sem comprometer o conforto e a higiene dos usuários, desde que estas sejam fabricadas de acordo com as normas da ABNT (NBR 13713:2008). Segundo Rezende (2019), através de resultados obtidos por medições realizadas, a adoção de dispositivos redutores de vazão pode economizar até 80% da água consumida em um chuveiro e cerca de 60% no caso de uma torneira. No final, a economia total poderá chegar a 45%.

Além das medidas técnicas citadas anteriormente, a conscientização dos usuários sobre a importância do uso racional da água também contribui na redução do consumo. Programas educativos e campanhas de comunicação podem promover a mudança de hábitos e incentivar a adoção de práticas mais sustentáveis no dia a dia, como o fechamento da torneira durante a escovação dos dentes e a redução do tempo de banho (ILHA; OLIVEIRA; GONÇALVES, 2010).

1.3 Sistema predial de água quente - Sistema de aquecimento solar

Diante da crescente preocupação em mitigar os efeitos negativos das mudanças climáticas ao redor do mundo, há um aumento considerável no interesse por soluções que utilizam energias renováveis em substituição aos combustíveis fósseis. A implementação dessas tecnologias depende, em grande parte, de incentivos e diretrizes políticas. Entre as diversas fontes de energia renovável, a solar se destaca por sua ampla disponibilidade, acessível em praticamente todos os cantos do planeta (SINGH ET AL., 2021).

Entre os maiores consumidores de eletricidade nas casas brasileiras estão o chuveiro elétrico, a geladeira e o ar condicionado (ELETROBRÁS, 2019). Considerando que, no Brasil, o aquecimento de água para banho corresponde a uma parcela significativa do consumo de eletricidade das residências (SANGOI, 2015), torna-se importante avaliar cuidadosamente a fonte de energia mais adequada para esse tipo de equipamento. Existem diversas opções de sistemas de aquecimento de água, cada uma com suas particularidades,

que apresentam prós e contras. Entre as opções mais comuns estão os sistemas elétricos, a gás e os solares, cada um com características que se ajustam melhor a diferentes cenários.

O chuveiro elétrico, bastante utilizado no Brasil, possui simplicidade na instalação e não exige um espaço adicional para armazenamento de combustível. No entanto, esse sistema tem um consumo elevado de eletricidade, o que pode gerar custos operacionais consideráveis e aumentar os impactos ambientais, sobretudo em locais onde a matriz energética é dominada por fontes não renováveis. Para além da preocupação com o uso de água, é necessário considerar o alto consumo energético, especialmente em edificações públicas.

Já os sistemas de aquecimento a gás são amplamente utilizados em muitas regiões, especialmente em edifícios multifamiliares, devido à sua performance e custos mais baixos em comparação com os sistemas elétricos. Esses sistemas oferecem uma eficiência energética superior, com menor impacto ambiental, especialmente se o gás natural for a principal fonte. Contudo, apresentam maiores perdas térmicas, e demandam uma ventilação adequada para evitar riscos com gases nocivos (SANGOI, 2015). Além disso, exigem espaço para a instalação de tanques de armazenamento.

Uma outra opção é o uso de sistemas de aquecimento solar (SAS), que aproveitam a energia da radiação solar para aquecer a água, através de coletores, sendo uma solução sustentável e com custo-benefício favorável em muitos casos. Sua maior vantagem é o baixo custo de operação após a instalação, além de reduzir a emissão de carbono, contribuindo para a preservação ambiental. Esse tipo de sistema é especialmente vantajoso em países com grande incidência de sol, como no Brasil. Entretanto, apresenta custo inicial mais elevado que outras alternativas (IBRAHIM ET AL., 2013). A energia solar é uma fonte intermitente, e sua utilização depende das condições climáticas (WANG ET AL., 2015). Por isso, é necessário um sistema de apoio para garantir o fornecimento de água quente quando as condições climáticas não são favoráveis (SANGOI, 2015).

Diante desses aspectos, uma alternativa eficaz para reduzir o consumo de energia nas residências é substituir o chuveiro elétrico por sistemas de aquecimento solar de água, cuja viabilidade técnica e econômica já foi comprovada por diversos estudos. Para exemplificar, a troca de um chuveiro elétrico por um sistema solar com apoio elétrico pode reduzir em até 70% o gasto de eletricidade usado para aquecer a água, e em 36% o consumo total de energia da residência (ALTOÉ ET AL., 2012). Como fonte de energia

renovável, a solar se destaca por ser abundante, ecológica e segura. Os sistemas solares de aquecimento de água estão sendo amplamente adotados para promover economia energética em edificações. Estima-se que um sistema com área de coletores de apenas 2,00 m² poderia gerar uma economia anual de cerca de 1.500 kWh de eletricidade (ZHANG ET AL., 2017).

Mesmo tendo uma maior divulgação, o sistema de aquecimento solar ainda tem uma baixa utilização no país. No Brasil, o aquecimento utilizando chuveiro elétrico está presente em mais de 40% das residências, enquanto que o aquecimento solar está presente em somente 0,96% do total de domicílios, e o aquecimento a gás em 0,51%. É importante salientar que muitas casas não possuem sistemas de aquecimento de água, a maioria destas na região norte e nordeste, o que pode ser justificado pelo clima mais quente (ELETROBRÁS, 2019).

O Brasil possui altos níveis de irradiação solar ao longo do ano devido à maior parte de seu território estar localizado próximo à Linha do Equador. A exploração do potencial solar brasileiro pode proporcionar benefícios para diferentes setores da sociedade e menores danos ao meio ambiente, comparado às fontes energéticas convencionais (ALTOÉ ET AL., 2012). Apesar de exigir um maior investimento inicial, esse sistema gera grande economia ao longo da vida útil do imóvel.

Sangoi (2015) constatou que, para residências unifamiliares, a combinação de aquecimento solar com chuveiro elétrico é a opção mais eficiente em termos de consumo energético. Por outro lado, o sistema solar com resistência elétrica no reservatório, que mantém a água a 60°C, é o que apresenta maior demanda de energia primária. Nos edifícios multifamiliares, o aquecimento solar, sobretudo quando combinado com aquecedores a gás, se destaca como uma alternativa de baixo consumo. O mesmo estudo também observou a influência do uso de isolante térmico nas tubulações de água quente no desempenho do sistema. Embora o isolamento térmico tenha pouco impacto em tubulações curtas, em trechos mais longos, a ausência de isolamento provoca reduções na temperatura da água, especialmente em locais com clima frio.

1.4 A influência do comportamento dos usuários no consumo

Além das soluções tecnológicas, a educação e a conscientização são pilares essenciais na busca pela gestão sustentável da água. Ao compreender a importância da

água e a necessidade de sua preservação, as pessoas tendem a adotar práticas mais responsáveis no seu dia a dia, contribuindo para a construção de um futuro mais sustentável. Para Koutiva et al. (2017), a demanda de água está intrinsecamente associada ao comportamento de consumo. Assim, além dos aspectos tecnológicos dos sistemas prediais de água, deve-se levar em consideração a influência dos usuários nos níveis de consumo.

Os hábitos de consumo de água dos moradores, moldados por suas rotinas diárias, práticas de higiene e até mesmo percepções sobre o valor da água, desempenham importante papel na determinação do consumo total de um edifício. Por exemplo, banhos demorados, torneiras abertas durante a escovação dos dentes e o uso excessivo de água para lavagem de roupas ou louças podem contribuir para o aumento do consumo.

Além disso, aspectos culturais e a renda familiar são fatores que podem influenciar o uso da água. As famílias com maior poder aquisitivo podem ter acesso a eletrodomésticos e equipamentos mais eficientes em termos de consumo de água, como máquinas de lavar roupa e louças de última geração. Por outro lado, as famílias de baixa renda podem utilizar aparelhos mais antigos, os quais geralmente consomem mais água.

As variáveis climáticas, como temperatura e pluviosidade, também exercem influência sobre o consumo de água em edifícios. Em regiões com clima quente e seco, a demanda por água para irrigação de jardins, lavagem de áreas externas e até mesmo para consumo humano tende a ser maior. Já em regiões com clima mais ameno e chuvoso, o consumo de água para essas finalidades pode ser reduzido.

Diante desses fatores, fica evidente que a gestão eficiente do consumo de água em edifícios residenciais não se limita apenas a aspectos técnicos e tecnológicos. É fundamental considerar o comportamento e as necessidades dos usuários, bem como as particularidades do clima e da cultura local. A implementação de medidas para a redução do consumo de água deve levar em conta o conforto e as expectativas dos moradores, buscando um equilíbrio entre a economia de recursos e a qualidade de vida.

Nesse sentido, a Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2021), especialmente em seu capítulo 6, que trata dos sistemas hidrossanitários, estabelece requisitos mínimos de desempenho para o uso racional da água em edificações, considerando tanto os aspectos técnicos quanto o conforto e a segurança dos usuários. A

norma destaca a importância de se projetar sistemas eficientes, mas também de se educar e conscientizar os moradores sobre o uso responsável da água.

A busca pela racionalização do consumo de água em edifícios residenciais deve ser um esforço conjunto, envolvendo a adoção de tecnologias eficientes, a implementação de práticas de gestão adequadas e a promoção da conscientização dos usuários. Somente assim será possível alcançar um equilíbrio entre o desenvolvimento sustentável, a economia de recursos e o bem-estar da população.

Além dos métodos quantitativos, as pesquisas na área de consumo sustentável de água, uma área multidisciplinar, podem utilizar métodos qualitativos nas suas análises. Cominato et al. (2023) utilizaram uma abordagem mista para estudar a percepção dos usuários sobre sistemas de aquecimento solar de água (SAS) em habitações de interesse social (HIS), buscando entender como essa percepção se relaciona com o consumo de água quente. A abordagem quantitativa consistiu na análise de dados de consumo obtidos através de telemetria, enquanto a parte qualitativa consistiu na aplicação de questionários semi-estruturados aos moradores das HIS. O estudo concluiu que a percepção dos usuários sobre o SAS é um fator relevante na gestão do consumo de água quente em HIS. Também se concluiu que a falta de informações claras sobre o funcionamento do sistema, o tempo de espera para a água quente e a dificuldade em ajustar a temperatura podem levar a um uso ineficiente e ao desperdício de água.

Além dos hábitos pessoais dos usuários, cabe destacar a importância que outros fatores (também alheios aos sistemas prediais em si) exercem na quantidade de água consumida em uma determinada edificação. Fatores como, por exemplo, a renda per capita dos moradores, e o clima local estão diretamente relacionados com o consumo hídrico. Dalmônica (2014), em pesquisa na cidade de Uberlândia, obteve resultados que mostraram relação intrínseca entre o consumo per capita e a renda, onde o consumo aumenta com a renda dos habitantes, com alto grau de correlação. Já a correlação do consumo de água com as variáveis climáticas mostrou maior e mais forte relação com a umidade relativa do ar, e baixa correlação com a temperatura. verificou-se o maior consumo na estação seca do ano, e o menor consumo nos meses mais úmidos, como janeiro, março e maio.

O consumo de água em edificações residenciais é, portanto, influenciado por hábitos dos usuários, características da edificação e eficiência das instalações, além de fatores climáticos, demográficos e de infraestrutura. Estudos prévios (COSTA ET AL.,

2024; VEIGA ET AL., 2022) corroboram que o consumo de água é diretamente influenciado por fatores sociodemográficos, como idade, gênero e quantidade de moradores, além de fatores físicos como características da edificação e qualidade dos sistemas prediais.

Autores como Heller e Pádua (2006) e Tsutiya (2006) também demonstraram que os aspectos climáticos (temperatura, intensidade e frequência de precipitações, e umidade) são elementos que exercem influência direta no consumo, bem como o perfil da cidade, o nível socioeconômico da população, e o valor da tarifa cobrada pelo serviço.

A gestão hídrica eficiente é importante em todos os edifícios urbanos, especialmente em instituições como universidades, devido ao alto consumo de água e à busca por sustentabilidade nessas instituições (SILVA E PAULA, 2023). Nesse sentido, a implementação de tecnologias de monitoramento e controle é estratégica para a economia de recursos (SILVA, 2004).

Segundo Ning e Chen (2016), apesar do investimento em práticas sustentáveis nos campi universitários, a operação das residências estudantis tem recebido pouca atenção em comparação com as fases de planejamento, projeto e construção. No ensino superior, as provisões e operações de moradia estudantil têm uma influência significativa na competitividade do ambiente educacional (HOU ET AL., 2020). Por este motivo, é importante avaliar se as moradias universitárias estão atendendo as expectativas de seus usuários, sendo uma das formas a aplicação de uma Avaliação Pós-Ocupacional (APO).

A Avaliação Pós-Ocupacional (APO) é um processo sistemático que analisa o funcionamento de um edifício e sua adequação às necessidades dos usuários após a ocupação. Para isso, a APO emprega métodos como questionários, entrevistas, checklists, vistorias técnicas e medições no local. No contexto das universidades, essa é uma técnica que tem se mostrado eficaz para entender como os espaços construídos impactam a vida dos usuários, permitindo ajustes e melhorias (OLIVEIRA ET AL., 2023; ROMERO E VIANNA, 2002).

Diante disso, ao realizar uma APO em um prédio, aplicando questionário aos moradores, referente à parte dos sistemas hidrossanitários do edifício, e realizando-se vistorias e walkthrough, pode-se analisar tanto fatores físicos quanto sociodemográficos que podem estar influenciando o consumo de água nessa edificação. Assim, a APO seria uma técnica complementar de grande valia para, juntamente com as medições do

consumo de água fria (AF) e quente (AQ) utilizando sistema de telemetria, estabelecer o perfil de consumo e analisar os fatores que podem influenciar nesse consumo.

1.5 Critérios de desempenho para o consumo de água

Para avaliar os padrões de consumo de água em um edifício, é necessário reunir uma série de informações acerca das instalações e dos ocupantes do imóvel. Para Silva (2004), os indicadores de consumo são de grande importância na avaliação de uma mesma localidade, em momentos distintos (antes e depois das intervenções de um Programa de Uso Racional da Água, por exemplo). Eles podem ser utilizados também para comparar localidades com situações semelhantes, devendo-se considerar, porém, as particularidades existentes.

Neste caso, podem ser adotados os indicadores de consumo de água são ferramentas que permitem monitorar e avaliar o uso da água em diferentes setores e contextos. Um dos indicadores mais utilizados em estudos e avaliações de gestão do consumo dos recursos hídricos em imóveis é o consumo per capita. Trata-se de uma medida que expressa o volume médio de água utilizado por cada indivíduo em um determinado período, geralmente um dia. É calculado dividindo o volume total de água consumida em uma região pela população dessa região, ou edifício. Essa medida é fundamental para entender o padrão de uso da água em diferentes contextos. Para Oliveira (1999) denomina-se indicador de consumo - IC, a relação entre o volume de água consumido em um determinado período e o número de agentes consumidores desse mesmo período. Assim, o indicador de consumo é dado pela Equação 1.

$$IC = \frac{\text{consumo de água no período}}{\text{nº de agentes consumidores} \times \text{período de atividades}} \quad \text{Equação 1}$$

Alguns dos principais indicadores incluem:

- Consumo per capita: Como mencionado anteriormente, indica o volume médio de água utilizado por pessoa por dia.
- Consumo por área construída (Ca), geralmente medido em $m^3/m^2/dia$ ou $l/m^2/dia$. Dado pela seguinte equação:

$$Ca = \frac{\text{consumo de água no período}}{\text{Área do edifício X período de atividades}} \quad \text{Equação 2}$$

- Consumo setorial: mede o consumo de água em diferentes setores, como residencial, industrial, comercial e agrícola.
- Índice de perdas de água (IP): Avalia o volume de água perdido no sistema de abastecimento, seja por vazamentos, fraudes ou outros fatores. É calculado da seguinte forma:

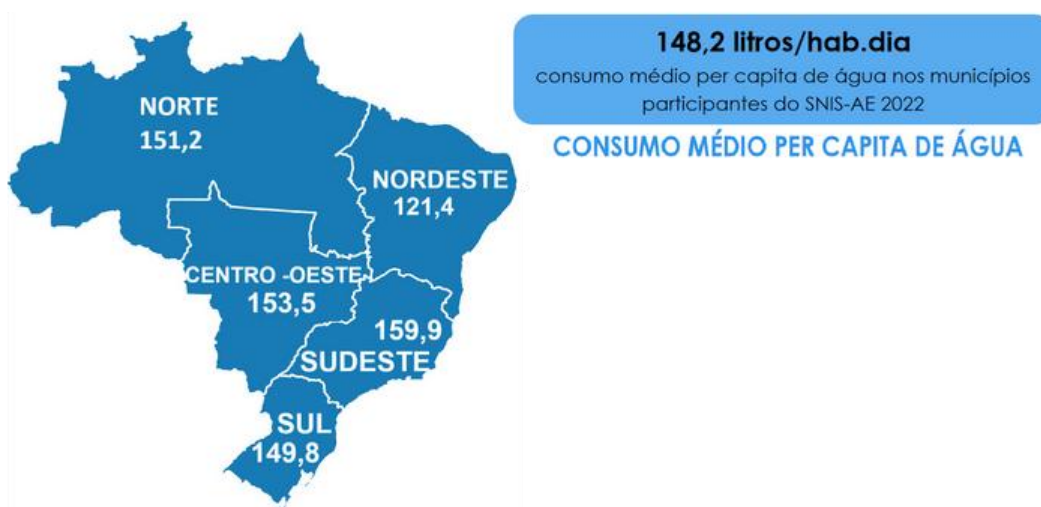
$$IP(\%) = \frac{\text{Vol.perdas}}{\text{Vol.produzido}} = \frac{\text{Vol.perdas}}{\text{Vol.perdas+Vol.medido}}$$

Equação 3

Esses indicadores são importantes para avaliar a performance dos SPHS em relação ao consumo de água, identificar áreas de desperdício, planejar o abastecimento de água e monitorar o progresso em relação às metas de sustentabilidade. Diversos estudos vêm sendo realizados ao redor do mundo com o objetivo de caracterizar o consumo de água nas edificações, obtendo dados desde consumo predial anual, mensal ou diário, passando por indicadores de consumo per capita e por área construída, até dados de usos finais, também chamados microcomponentes, em que a quantidade de água é classificada por tipos de atividades realizadas ou por equipamentos hidrossanitários presentes na edificação (BOEGER, 2022).

Os indicadores de consumo de água podem variar em função de vários fatores, inclusive a tipologia de edifício, a idade do prédio, a frequência das manutenções, dentre outros. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2023), o consumo médio per capita de água no Brasil, em 2022, foi de 148,2 l/hab.dia. O índice representa uma redução de 3,3% em relação aos 153,3 l/hab.dia de 2021 (BRASIL, 2023). Entre as macrorregiões, Sul, Norte, Centro-Oeste e Sudeste registram consumo acima da média nacional, com 149,8, 151,2, 153,5 e 159,9 l/hab.dia, respectivamente. O menor índice foi observado no Nordeste, com 121,4 l/hab.dia, o que pode estar relacionado também à histórica escassez de água em alguns estados da região. Os dados resumidos do SNIS podem ser vistos na Figura 2.

Figura 2 - Consumo médio per capita no Brasil.



Fonte: Adaptado de BRASIL (2023).

No estado de Goiás, o consumo foi de 138,3 l/hab.dia (BRASIL, 2023), bem inferior à média registrada na região centro-oeste no período, demonstrando haver uma grande variação do índice dentro das macrorregiões.

A medição contínua é um instrumento fundamental para o controle dos sistemas de abastecimento, em especial, para o gerenciamento de perdas de água. A medição de grandes volumes de água aportados é conhecida como macromedição. Essa é feita por meio de equipamentos na saída das Estações de Tratamento de Água (ETAs) e em diferentes pontos da rede de distribuição. A micromedição ocorre no ponto de atendimento ao usuário, com o uso de hidrômetros (BRASIL, 2023).

Nesse sentido, o índice de perdas é um importante indicador da eficiência no consumo de água em uma dada região. Dados do SNIS (2022), apontam índice de perdas na distribuição de água no país de 37,8%. Esse índice revela a perda que ocorre em todas as etapas de distribuição, antes de chegar às residências. Já o índice de perdas por ligação tem maior relação com a eficiência operacional, porque a maior parte das perdas reais e aparentes de longa duração ocorrem em ramais de distribuição.

1.6 Técnicas de monitoramento de perfis de consumo e diagnóstico de uso da água em edifícios

Quando se pretende aprimorar a gestão do uso da água potável em uma edificação, visando melhorar seu desempenho, é importante estabelecer e adotar uma metodologia. No Brasil, diversos estudos, como os de Gomes (2013), Mendes (2006), e Silva (2004), foram feitos sobre a implantação de programas que visam a economia e o consumo eficiente de água em diversos tipos de imóveis e instituições, com destaque para os Campi de Universidades. A implantação de tais programas necessariamente passa pela necessidade de se estabelecer metodologias que possam definir um diagnóstico do sistema, para que se possa então propor alternativas para a redução do consumo. No diagnóstico do consumo, a implementação de sistemas e tecnologias de monitoramento do consumo é de grande valia.

A identificação de padrões de consumo, detecção precoce de vazamentos e fomento do uso consciente são essenciais para reduzir o desperdício. Os vazamentos são a principal causa de perdas em edificações, exigindo detecção precoce e reparo para redução de custos. Para tanto, o monitoramento contínuo é fundamental. Oliveira (1999) destaca que "a redução de perdas físicas é um dos pilares para a implantação de um programa eficaz de uso racional da água".

A compreensão do perfil de consumo e dos usos finais da água emergiu como uma informação primordial para o controle da demanda e a racionalização do uso da água no cenário urbano. Historicamente, os primeiros esforços sistemáticos para entender o consumo doméstico de água e seus usos característicos foram realizados nas cidades inglesas de Malvern e Mansfield em 1971, conforme citado por Barreto (2008). Posteriormente, no contexto nacional, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) desenvolveu pesquisas a partir de 1981, focando no aprimoramento de metodologias e equipamentos para o levantamento do perfil de consumo, enquanto estudos mais recentes nos Estados Unidos, como os da American Water Works Association (AWWA), aprofundaram a identificação dos usos finais por meio de técnicas avançadas de monitoramento (BARRETO, 2008).

Dentro da análise dos padrões de consumo de água em edificações residenciais, a análise dos usos finais é um estudo importante para a gestão eficiente e o desenvolvimento de políticas de uso racional. O estudo de Barreto (2008), ao analisar o perfil de consumo

em residências paulistas, demonstrou a importância de desagregar o volume total de água por pontos de utilização, identificando que chuveiros, torneiras de pia e bacias sanitárias são os maiores consumidores. Essa abordagem metodológica, que envolveu a instrumentação de hidrômetros com data-loggers tanto na entrada das residências quanto em pontos de uso internos, permitiu não apenas quantificar o consumo por aparelho, mas também traçar o perfil horário de uso. Isso reforça a necessidade de se utilizar metodologias robustas para obter dados precisos sobre o comportamento do consumo, subsidiando o dimensionamento de sistemas prediais e a proposição de intervenções eficazes para a redução do desperdício.

Complementarmente à quantidade, o modelo e a eficiência dos aparelhos hidrossanitários são fatores críticos na determinação do volume de água consumido. Chuveiros com alta vazão, bacias sanitárias com sistemas de descarga antigos e ineficientes, ou torneiras sem arejadores que limitem o fluxo, contribuem para um consumo excessivo, mesmo quando os hábitos de uso dos moradores são considerados normais. Essa intrínseca relação entre a característica do aparelho e o consumo de água por uso final é um ponto vital, conforme ressaltado por Barreto (2008). O autor enfatiza que o conhecimento aprofundado do perfil de consumo e dos usos finais da água é uma informação primordial para o desenvolvimento de ações eficazes de controle de demanda e a racionalização do uso da água no cenário urbano. Portanto, a análise do modelo específico de cada aparelho é tão relevante quanto sua quantidade para compreender e gerenciar o consumo hídrico de uma edificação. Em seu estudo, o autor verificou, ao traçar o perfil de consumo e os usos finais da água em residências, que o chuveiro foi o principal responsável pelo consumo final, seguido da torneira de pia e da máquina de lavar.

Atualmente ainda existem no país edifícios onde a cobrança de água é realizada dividindo-se o total consumido pelo edifício pelo número de unidades, isso pelo fato desses prédios possuírem um único hidrômetro. Porém, essa prática não é a ideal, e vem decaindo devido a necessidade de controle eficiente dos gastos. O sistema de medição individualizada (SMI), onde cada unidade consumidora é atendida por um hidrômetro próprio, vem sendo utilizado como padrão.

Neste caso, a medição individualizada é entendida como requisito básico para a gestão da água e conseqüente controle de consumo, uma contribuição para a conservação da água nas edificações (FARINA; ZAPATA, 2019). Segundo

ANA/FIESP/SINDUSCON (2005) a medição individualizada em condomínios, possibilita redução de até 25% no consumo de água. Já Yamada (2001) verificou uma redução de 17% quando comparou edifícios residenciais com medição de água individualizada em relação àqueles que possuíam medição única coletiva. Essa redução de consumo corrobora a ideia de que, uma vez que a medição é individual há a tendência de maior consciência dos proprietários de apartamentos, e empenho para sanar problemas relacionados ao consumo elevado, como o elevado custo financeiro. A individualização da medição incentiva o consumidor a utilizar a água de maneira mais consciente, pois o pagamento é proporcional ao seu uso, gerando uma redução natural no consumo.

A partir do mês de julho de 2021, a Lei Federal nº 13.312/2016, tornou obrigatória a instalação de hidrômetros individualizados em condomínios, para todas as novas edificações. Além disso, também há essa mesma determinação na Lei que instituiu o Novo Marco Legal do Saneamento Básico, Lei Federal nº 14.026/2020, conforme os trechos reproduzidos a seguir:

- “Art. 29. Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada por meio de remuneração pela cobrança dos serviços, e, quando necessário, por outras formas adicionais, como subsídios ou subvenções, vedada a cobrança em duplicidade de custos administrativos ou gerenciais a serem pagos pelo usuário, nos seguintes serviços:
- § 3º As novas edificações condominiais adotarão padrões de sustentabilidade ambiental que incluam, entre outros procedimentos, a medição individualizada do consumo hídrico por unidade imobiliária, nos termos da Lei nº 13.312/2016.

A combinação de um Sistema de Medição Individualizada (SMI) com um sistema de telemetria oferece uma série de vantagens para a gestão do consumo de água em prédios. A telemetria permite o monitoramento do consumo em tempo real, facilitando a identificação de vazamentos ou usos excessivos e possibilitando ações corretivas rápidas. O acesso aos dados de consumo individuais permite que os moradores acompanhem seus próprios hábitos e tomem medidas para reduzir o desperdício.

A análise dos dados de consumo permite identificar anomalias e problemas nos sistemas hidráulicos, como vazamentos ocultos, possibilitando a manutenção preventiva e evitando maiores prejuízos. O histórico de consumo detalhado auxilia no planejamento de ações de melhoria da eficiência hídrica do prédio, como a instalação de equipamentos

economizadores ou a realização de campanhas de conscientização. Holanda (2007) demonstrou que a medição individualizada de água, em conjunto com a telemetria, é uma ferramenta eficaz para a redução do consumo em edifícios residenciais. Três estudos de caso analisados apresentaram reduções significativas no consumo após a implementação do sistema, com tempos de retorno do investimento variando entre 15 e 27 meses. O acompanhamento por telemetria permitiu identificar o perfil de consumo dos apartamentos e do edifício, revelando variações no consumo diário e mensal (HOLANDA, 2007).

CAPÍTULO II

METODOLOGIA E FORMA DE ANÁLISE DOS DADOS

Á apresentação detalhada da metodologia empregada no desenvolvimento desta pesquisa, delineando os caminhos e as ferramentas utilizadas para atingir os objetivos propostos – que envolvem compreender os padrões de consumo de água em moradia universitária, identificar os fatores que os influenciam e propor soluções eficazes para o uso racional dos recursos hídricos.

Primeiramente, é realizado um delineamento da pesquisa, apresentando e descrevendo, de forma sequencial e detalhada, cada uma das principais etapas que compuseram o estudo. Essa seção abrange desde a concepção inicial da abordagem até a coleta de dados, passando pelas técnicas de análise e, finalmente, pela formulação das propostas de intervenção. O objetivo é proporcionar clareza sobre o rigor metodológico adotado, garantindo a replicabilidade e a validade interna e externa dos achados. Posteriormente, uma seção dedicada oferece dados pormenorizados sobre o prédio que serve como objeto do estudo de caso: a Moradia Universitária do Cerrado (MUC). Serão detalhadas suas características físicas, arquitetônicas e os sistemas hidrossanitários existentes, contextualizando de forma aprofundada o ambiente específico de investigação e a relevância de sua escolha para o escopo da pesquisa.

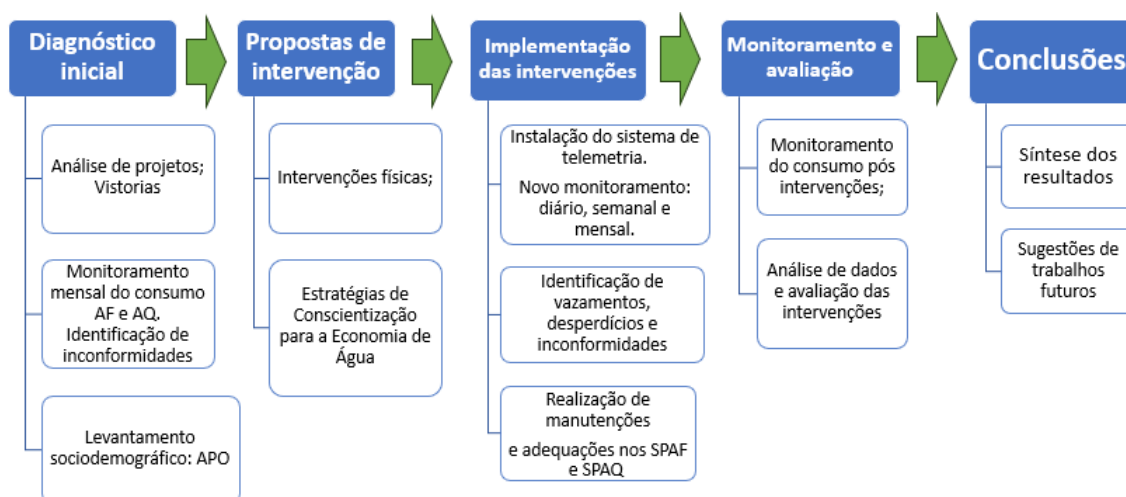
É fundamental ressaltar que as informações consolidadas na revisão bibliográfica desempenharam um papel crucial, fornecendo subsídio teórico e prático indispensável para a concepção e a execução de todas as etapas descritas neste capítulo. Essa base conceitual e empírica, extraída de estudos anteriores sobre consumo de água em edificações, sistemas prediais, avaliação pós-ocupacional e técnicas de telemetria, guiou

a escolha das ferramentas de coleta de dados, orientou as metodologias de análise dos perfis de consumo e subsidiou a formulação das propostas de intervenção e de conscientização. Dessa forma, o capítulo não apenas expõe as ferramentas, mas também estabelece a estrutura lógica e a fundamentação teórica da investigação, conectando a teoria à prática de forma coesa e transparente.

2.1 Delineamento da pesquisa

A presente pesquisa foi estruturada em cinco etapas principais, conforme ilustrado no fluxograma da Figura 3, com o objetivo de monitorar e analisar o consumo de água, diagnosticar os sistemas prediais, realizar intervenções físicas, analisar os resultados dessas intervenções e propor ações educativas junto aos moradores do edifício de moradia universitária.

Figura 3 - Delineamento geral da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2024).

Primeira etapa: Diagnóstico

- **Inspeção predial:** Realização de visitas técnicas para avaliar as características da edificação e seus sistemas de água fria (SPAF) e água quente (SPAQ).
- **Levantamento documental e vistorias:** Coleta e análise de projetos, memoriais descritivos e outros documentos relevantes sobre a construção e os sistemas prediais da MUC. Realização de visitas in loco.

- **Monitoramento do consumo:** O monitoramento inicial do consumo de água na MUC (dez/2022 a mai/2023), posteriormente expandido para 24 meses (até nov/2024), foi realizado via leituras mensais dos hidrômetros (AF e AQ) e registro do número de moradores, antes da implantação completa da telemetria, para cálculo dos índices de consumo. Foi realizada, com base nesses dados e nas vistorias, a identificação de possíveis inconformidades nos sistemas de água fria e quente (desperdícios, vazamentos, temperatura e pressão inadequadas).
- **Levantamento sociodemográfico - APO:** Para compreender a relação entre o comportamento dos moradores e o consumo de água, bem como avaliar o desempenho dos sistemas hidrossanitários sob a ótica dos usuários, foi realizada uma Avaliação Pós-Ocupacional (APO). Esta APO foi especificamente voltada para os Sistemas Prediais de Água Fria (SPAF) e de Água Quente (SPAQ). O objetivo principal é traçar o perfil de uso da água dos moradores, suas percepções sobre o conforto, a funcionalidade e a eficiência desses sistemas, e, a partir desses dados, correlacionar os aspectos comportamentais e perceptivos com os padrões de consumo de água registrados pela telemetria. A APO incluiu a aplicação de questionários estruturados aos residentes, buscando coletar informações sobre seus hábitos de banho, uso da cozinha e lavanderia, tempo de permanência na moradia, e nível de satisfação com a pressão e temperatura da água.

A Avaliação Pós-Ocupação (APO) constitui um processo sistemático para analisar o funcionamento de um edifício e sua adequação às necessidades dos usuários após a ocupação. Neste estudo, a APO foi aplicada com o objetivo primordial de levantar dados sociodemográficos dos moradores e coletar suas percepções sobre a infraestrutura e o uso da água na moradia universitária. A realização desta etapa da pesquisa, que envolveu a participação de seres humanos, foi conduzida após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), conforme Parecer nº 7.159.795. O projeto aprovado intitula-se "Projeto, uso e operação e manutenção dos sistemas prediais hidrossanitários em diferentes tipologias de construção: avaliação pós ocupacional e a integração com o BIM". Na aplicação da APO foram utilizados questionários, administrados diretamente aos residentes dos apartamentos, abordando aspectos sociodemográficos como idade, gênero e número de moradores por apartamento, além de percepções sobre a satisfação com o funcionamento dos SPAF e SPAQ como a pressão da água e o conforto geral do sistema hidráulico.

Durante todo o diagnóstico, e até a etapa de monitoramento e avaliação, foram utilizados como parâmetros indicadores de consumo, o consumo per capita, o consumo de água por área construída, e o índice de perdas por ligação, os quais serão analisados durante o monitoramento do edifício antes e após as intervenções propostas. Também foi objeto de monitoramento a temperatura da água quente nos chuveiros, e o tempo de espera entre o acionamento e a chegada da água quente. A análise do perfil de consumo será feita para o edifício como um todo, e também de forma setorizada, identificando a influência da localização do apartamento dentro do prédio no nível de consumo do mesmo.

Segunda etapa: Propostas de Intervenção

- **Proposta de intervenções físicas:** Elaboração de propostas de melhorias técnicas nos sistemas prediais de água fria e quente, com base no diagnóstico realizado na etapa anterior. As propostas visam reduzir o consumo de água, eliminar vazamentos e aprimorar a detecção precoce de anomalias. Foram avaliados elementos e materiais constituintes dos sistemas, bem como parâmetros como temperatura, pressão e vazão, que podem influenciar diretamente o consumo.
- **Estratégias de Conscientização para a Economia de Água:** Com base nos perfis e correlações identificadas, o estudo propôs algumas medidas educativas e de conscientização para fomentar o uso racional da água. Entre as propostas, destacam-se a aplicação da gamificação para engajar os estudantes na economia de água, a divulgação mensal do consumo de cada apartamento ou setor em um mural informativo na moradia, e a realização de palestras periódicas sobre a importância da conservação hídrica e dicas para um consumo mais consciente.

Terceira etapa: Implementação das intervenções

- **Implantação do sistema de telemetria:** Foi realizada a instalação do sistema de telemetria, interligando os hidrômetros de AF e AQ dos 23 apartamentos ao aparelho concentrador de dados, e a conexão deste último a um computador com o software que permite o acesso remoto com leituras de consumo em tempo real. A instalação do sistema permitiu a obtenção de dados mais detalhados do consumo, e assim realizar novo monitoramento (agora diário, semanal e mensal).
- **Identificação de vazamentos, desperdícios e inconformidades:** A fase de identificação de vazamentos, desperdícios e inconformidades constitui um pilar

fundamental para o diagnóstico do desempenho dos Sistemas Prediais de Água Fria (SPAF) e de Água Quente (SPAQ) na Moradia Universitária do Cerrado (MUC). Esta etapa foi predominantemente realizada por meio da análise detalhada e contínua dos dados de consumo em tempo real, fornecidos pelo sistema de medição remoto (telemetria), instalado individualmente em cada unidade habitacional. A detecção de vazamentos foi efetuada pela observação de padrões de fluxo contínuo ou pela constatação de consumo alto durante períodos de baixa ou nenhuma ocupação dos apartamentos (por exemplo, durante a madrugada ou em momentos de ausência prolongada dos moradores). Nessas situações, o consumo de água deveria ser nulo ou mínimo, e qualquer registro de fluxo acima de um limiar pré-estabelecido para a inatividade da unidade será considerado um forte indicador de perdas não visíveis na rede hidráulica. Os desperdícios, por sua vez, foram identificados através da análise de consumos elevados para usos específicos (como banhos prolongados, uso excessivo de torneiras ou ciclos de lavagem de roupa ineficientes) ou em determinados horários, os quais foram comparados aos padrões de referência e ao histórico de consumo consciente da própria unidade. Essa abordagem permitiu discernir hábitos de uso ineficientes por parte dos moradores. As inconformidades referem-se a divergências entre o desempenho real dos sistemas e o seu comportamento esperado, seja por falhas no projeto, problemas na execução da instalação, desgaste natural de componentes ou mau funcionamento de aparelhos hidrossanitários. A telemetria é indispensável na detecção de equipamentos que apresentem vazões fora do padrão especificado ou ciclos de uso incomuns, sinalizando possíveis disfunções (por exemplo., descarga de bacia sanitária com volume inadequado, torneiras gotejantes). Complementarmente, os dados obtidos pela Avaliação Pós-Ocupacional (APO) e a revisão detalhada dos projetos arquitetônicos e hidrossanitários da edificação foram utilizados para identificar eventuais desalinhamentos entre o concebido e o construído, ou entre a percepção dos usuários e o desempenho técnico real, contribuindo para uma compreensão abrangente das causas das perdas de água. Essa metodologia combinada de monitoramento remoto e análise aprofundada de dados não só permitiu a identificação precisa de vazamentos, desperdícios e inconformidades, mas também auxiliou no traçado de um perfil de consumo mais completo e fidedigno para a moradia. Ao isolar as perdas e ineficiências, foi possível ter uma

compreensão mais clara do consumo efetivo dos moradores e dos fatores que o influenciam. Uma vez que as anomalias foram sinalizadas pelo sistema de telemetria, foi realizada uma verificação *in loco* nos apartamentos e nos pontos de utilização suspeitos.

- **Execução de manutenções e adequações:** Após identificação de oportunidades de economia, foram realizadas as implementações de melhorias físicas nos sistemas prediais de AF e AQ, seguindo as especificações técnicas e normas pertinentes. As alterações envolveram a manutenção em peças e elementos do sistema e/ou sua troca, e mesmo a mudança em características dos sistemas existentes.

Quarta etapa: Monitoramento e avaliação

- **Acompanhamento do consumo:** Continuação do monitoramento do consumo de AF e AQ, através do sistema de telemetria, após a implementação das intervenções técnicas.
- **Análise de dados e avaliação das intervenções:** Avaliar os dados após intervenções físicas e seus impactos, verificando a efetividade das medidas adotadas.

Quinta etapa: Conclusões

Síntese dos resultados obtidos pelo estudo e sugestões para trabalhos futuros.

2.2 Moradia universitária do cerrado

A Moradia Universitária do Cerrado (MUC), parte da Universidade Federal de Catalão (UFCAT), foi selecionada como estudo de caso para uma análise dos seus sistemas prediais de água fria e quente, visando a implantação de medidas que promovam a eficiência na gestão dos recursos hídricos consumidos, a diminuição de desperdícios, e o incentivo ao consumo racional.

Com o propósito de oferecer moradia acessível a estudantes universitários advindos de outras cidades, principalmente aqueles em situação de vulnerabilidade socioeconômica, a MUC desempenha um papel relevante na promoção da permanência desses universitários no ensino superior. A Figura 4 mostra uma visão geral do edifício e

seu entorno. Vê-se na cobertura o boiler e placas do sistema de aquecimento solar de água. No artigo apresentado no Apêndice A são apresentadas com mais detalhes às instalações hidráulicas da MUC.

Figura 4 - Moradia Universitária do Cerrado, vista geral.



Fonte: UFCAT (2024).

A edificação possui área total de 2.492,26 m², contando com 23 apartamentos distribuídos em quatro pavimentos, com capacidade total para 128 moradores. O térreo é composto pela recepção, uma sala administrativa, sala técnica, e por cinco apartamentos adaptados para pessoas com deficiência (PcD), cada um com capacidade para quatro moradores. Os apartamentos do térreo possuem dois dormitórios e dois banheiros cada. Os demais pavimentos abrigam seis apartamentos tipo cada, com capacidade para seis pessoas por apartamento. Os apartamentos tipo possuem três dormitórios e um banheiro, existindo nesse banheiro duas pias, dois vasos e um chuveiro. Tanto os apartamentos tipo quanto os apartamentos adaptados possuem uma varanda com área de serviço.

Apesar de concluída no final de 2020, a pandemia da COVID-19 adiou a ocupação da MUC para julho de 2022, destacando a importância de avaliar a eficiência dos sistemas prediais em um contexto de uso real, após um período de inatividade inicial.

Cada apartamento conta com 2 ou 3 dormitórios, dois banheiros, cozinha, área de serviço com varanda, e sala de estar. Entre os eletrodomésticos, ofertados pela UFCAT em cada unidade, estão chuveiros com sistema de aquecimento solar, televisores, ventiladores de teto, dentre outros.

Um fator de grande relevância para a análise do consumo de água na Moradia Universitária do Cerrado (MUC) reside no fato de que todos os apartamentos são equipados com máquinas de lavar fornecidas pela própria Universidade Federal de Catalão (UFCAT). Essa padronização dos equipamentos de lavanderia exerce uma influência sobremaneira no perfil de consumo de água do edifício como um todo. A presença universal de tais máquinas, que são grandes consumidoras de água, pode levar a um grande aumento da demanda hídrica, especialmente durante períodos de uso concentrado. Além disso, a eficiência ou ineficiência desses modelos específicos de máquinas, assim como a frequência e os hábitos de uso dos moradores, tornam-se elementos a serem considerados na quantificação e na gestão do consumo total de água na moradia.

CAPÍTULO III

RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Inspeção predial e levantamento documental

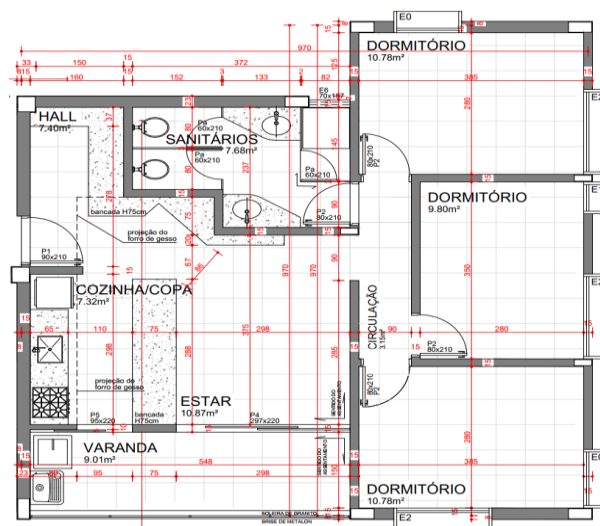
Com o intuito de levantar informações essenciais sobre as instalações prediais de água fria e quente na moradia universitária, foi realizada uma pesquisa aprofundada junto ao setor de infraestrutura da Universidade Federal de Catalão (UFCAT). Essa investigação se deu nos arquivos técnicos da instituição, buscando não apenas a documentação original, mas também quaisquer atualizações ou adendos posteriores ao projeto. O objetivo primordial era obter um panorama detalhado das características dos materiais e equipamentos constituintes do sistema hidrossanitário, bem como compreender as considerações de projeto e as normas técnicas que guiaram sua concepção e construção. Conhecer a fundo esses aspectos é fundamental para identificar o desempenho esperado do sistema e, subsequentemente, analisar possíveis desvios ou ineficiências em seu funcionamento real.

Através dos dados obtidos nesse levantamento documental, constatou-se que a versão mais recente dos projetos arquitetônicos e hidrossanitários data de 2019, coincidindo com o ano de início da construção do edifício. Embora o projeto tenha sido elaborado em 2019, sua execução não incorporou a Norma mais recente de sistemas prediais de água fria e quente (NBR 5626, ABNT 2020), norma esta que, dentre outras novidades, passou a

recomendar ou possibilitar o dimensionamento baseado em dados reais de consumo e com o foco no desempenho do sistema e na satisfação dos usuários.

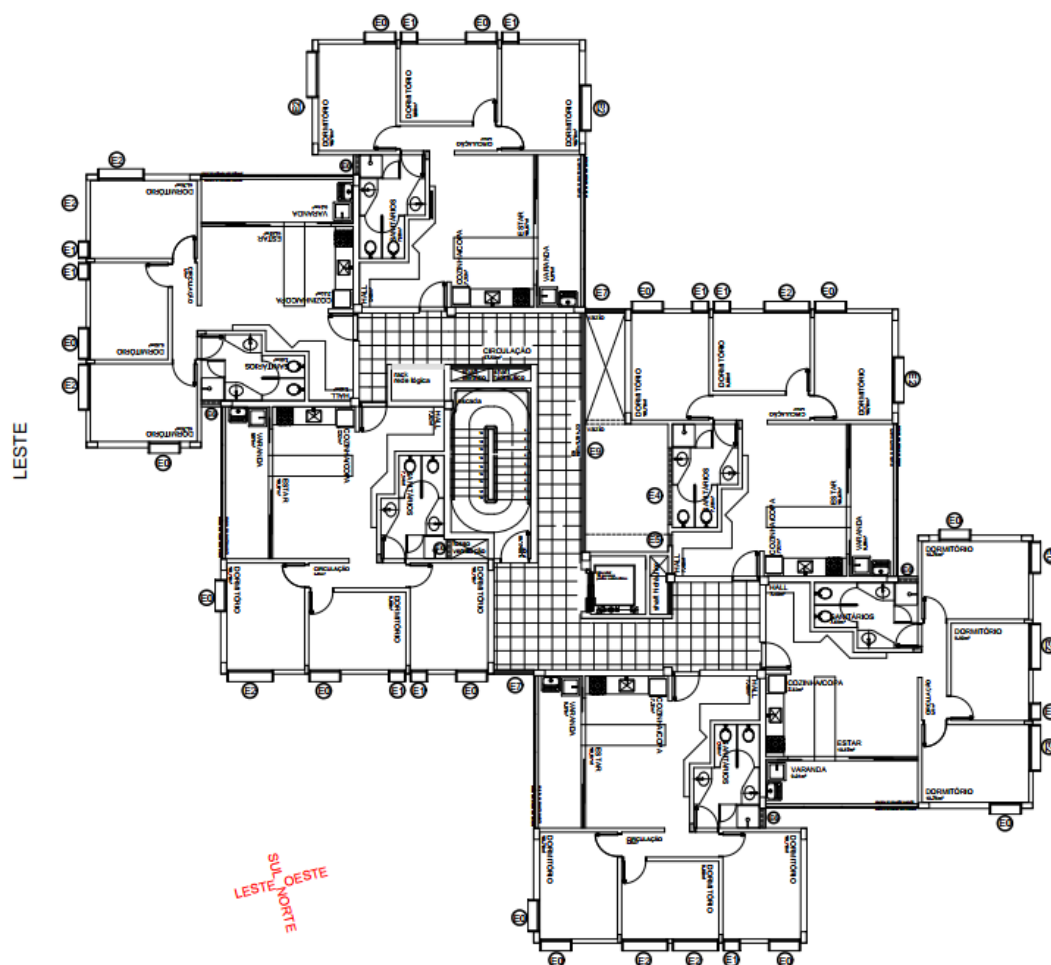
O prédio em questão apresenta uma configuração mista de apartamentos, diferenciados principalmente pelo seu layout e número de banheiros. No pavimento térreo, encontram-se apartamentos adaptados para Pessoas com Deficiência (PcD), que, apesar de possuírem dois quartos, contam com dois banheiros, totalizando 72,71 m² de área. Essa disposição é relevante para a análise do consumo, pois um banheiro adicional, mesmo em apartamentos com menos quartos, pode impactar a demanda de água. Nos demais pavimentos, distribuem-se os apartamentos tipo, que mantêm a mesma área de 76,71 m², mas apresentam uma configuração interna distinta: são compostos por três quartos e um único banheiro, porém esse banheiro possui duas bacias sanitárias e um chuveiro. Essa diferença é importante para a compreensão do consumo per capita e dos picos de demanda, dado o maior número de moradores potenciais por banheiro. Adicionalmente, os apartamentos tipo incluem sala, cozinha/copa e varanda/área de serviço, como ilustrado na Figura 5. Todos os apartamentos possuem máquinas de lavar roupas. A planta baixa na Figura 6 ilustra a disposição dos apartamentos no pavimento tipo.

Figura 5 - Planta baixa do apartamento tipo.



Fonte: Arquivo UFCAT (2020).

Figura 6 - Planta baixa do pavimento tipo.



Fonte: Arquivo UFCAT (2020).

A configuração interna dos apartamentos e a quantidade de aparelhos hidrossanitários instalados em cada unidade exercem uma influência direta e substancial sobre os padrões de consumo de água. Em ambientes como a Moradia Universitária do Cerrado (MUC), a simples distinção no número de banheiros entre as unidades (como observado nos apartamentos PcD e nos apartamentos tipo, apesar de áreas similares) implica em uma maior disponibilidade de pontos de utilização – chuveiros, torneiras e bacias sanitárias.

A consulta aos arquivos da UFCAT revelou que, embora haja um sistema de aquecimento solar, não há um memorial descritivo de projeto, nem detalhamentos específicos desse sistema, apenas do SPAF. O projeto de SPAQ possui apenas as plantas baixas e cortes, indicação das peças (boiler, placas, tubulações e conexões dentre outros). Por terem sido projetados antes de 2020, os sistemas prediais do edifício foram

dimensionados levando-se em conta a versão anterior da Norma NBR 5626, sem considerar as inovações trazidas pela versão de 2020. A Norma Brasileira NBR 5626, que trata de Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente, é um documento importante para garantir a qualidade, segurança e eficiência das instalações hidráulicas em edificações. Como já citado, a versão de 2020 trouxe importantes mudanças em relação à edição anterior, refletindo avanços tecnológicos, aprimoramento de práticas e a busca por maior sustentabilidade.

Como uma primeira etapa de trabalho, foram realizadas inspeções no local priorizando a avaliação do SPAQ, no início do trabalho. Foram identificados e registrados os elementos componentes do sistema, bem como sua situação. Na segunda etapa do trabalho foram feitas vistorias com enfoque nos SPAF.

A MUC possui um sistema de água quente do tipo SAS (sistema de aquecimento solar), o qual é utilizado para abastecimento exclusivamente dos chuveiros dos apartamentos. Todos os outros aparelhos do prédio estão conectados apenas ao SPAF, uma característica comum nas regiões brasileiras onde não há invernos mais frios.

O projeto hidráulico do edifício contempla um reservatório inferior de 36.000 litros, e um reservatório superior de água fria potável, com capacidade total de 20.720 litros. O edifício foi concebido com algumas medidas para eficiência energética e para o consumo racionalizado de recursos desde a sua fase de projeto, sendo que algumas dessas medidas referem-se aos sistemas prediais de água fria e quente. Conforme o projeto hidráulico, e as vistorias realizadas, as instalações de água quente contam com um boiler com capacidade para 5.000 litros, associado a um sistema de aquecimento solar (SAS) de água, com 100 placas solares. A Figura 7 mostra uma foto do Boiler e das placas do sistema solar de aquecimento de água da MUC.

Figura 7 - Boiler e placas do SAS.

Fonte: Autoria própria (2024).

Na época da vistoria o SAS funcionava pelo princípio de termo-sifonagem (a água circula pela própria ação da gravidade combinada com as variações de temperatura no líquido, não utilizando bomba para essa circulação). É importante salientar que, no sistema em estudo, a recirculação ocorre apenas no trecho entre o boiler e os coletores, e não nas colunas de distribuição como em alguns edifícios. O sistema possui um termostato acoplado ao boiler para que, nos momentos em que não há irradiação solar suficiente, seja ativado o sistema complementar de aquecimento, composto por uma resistência alimentada por energia da rede elétrica convencional. Na Figura 8, há uma foto de um dos banheiros do pavimento térreo, salienta-se que apenas os chuveiros recebem AQ.

Figura 8 - Banheiro no pavimento térreo.

Fonte: Autoria própria (2024).

O edifício, durante sua etapa de construção, implementou um sistema de medição individualizada (SMI) que abrange não apenas a água fria e quente (Figura 5), mas também o sistema de gás e a energia elétrica de cada apartamento. Esse sistema, equipado com medidores de consumo com saída pulsada, oferece à administração do prédio uma visão do consumo de cada unidade. Os hidrômetros utilizados possuem uma vazão nominal (Q_n) de 2,5 m³/h, vazão mínima (Q_{min}) de 50 l/h, e pressão nominal (P_n) de 1 MPa. A Figura 9 exibe um hidrômetro de água fria de um dos apartamentos.

Figura 9 - Hidrômetro de água fria de um dos apartamentos.



Fonte: Autoria própria (2024).

Na etapa de diagnóstico inicial deste estudo, entre o ano 2023 e o final de 2024, a leitura dos hidrômetros era realizada de forma visual e os registros anotados manualmente, uma vez por mês, o que permitia avaliar apenas o consumo mensal de AF e AQ de cada unidade. Com a instalação do sistema de medição remoto (telemetria), executada entre fevereiro e março de 2025 como parte dos objetivos da terceira etapa deste trabalho, foi possível acompanhar a evolução do consumo em cada apartamento e no prédio como um todo detalhadamente, permitindo a identificação de padrões de uso, consumos horários, diários, semanais e mensais, e a detecção de eventuais vazamentos. No momento os dados do SMI não são divulgados para os usuários, porém acredita-se que posteriormente, a transparência proporcionada pela divulgação incentivará o uso racional dos recursos, uma vez que os moradores se tornarão mais conscientes do seu consumo individual e dos seus impactos.

Embora a MUC não tivesse a obrigatoriedade de adotar a medição individualizada, por ser custeada pela Universidade, e seus moradores não pagarem pelo consumo, a decisão de implementá-la demonstra uma preocupação com a gestão eficiente dos recursos e com a promoção de práticas sustentáveis entre os seus moradores. A instalação do SMI reforça o compromisso da universidade com a responsabilidade ambiental e a formação de cidadãos conscientes, além da busca pela economia de recursos. O sistema de monitoramento por telemetria implantado para o consumo de água pretende servir de base para a futura elaboração de um plano permanente de conservação e uso racional da água na universidade o qual poderá, conforme Silva (2004), ter como impactos a redução do consumo, mudanças na rotina de manutenção predial e de projetos, e ainda provocar mudanças comportamentais nos usuários.

Segundo Carretero-Ayuso et al. (2020) a detecção precoce e o diagnóstico de falhas são importantes para garantir que as instalações funcionem eficientemente, alcançando um desempenho ótimo. A rápida detecção de variações anormais no consumo é importante na identificação precoce de vazamentos, e na detecção do uso inadequado das instalações, portanto, a telemetria se trata de uma valiosa ferramenta. A Figura 10 exibe um corte do edifício, com a disposição dos elementos do SMI e do sistema de telemetria para os sistemas de água fria (AF) e água quente (AQ) do edifício.

Figura 10 - Corte ilustrativo - Disposição dos hidrômetros, SMI e sistema de telemetria.



Fonte: Autoria própria (2024).

A Moradia Universitária do Cerrado (MUC), com seu conjunto de características e soluções implementadas, demonstra potencial para a obtenção de certificações de sustentabilidade. De acordo com estudo realizado por Bento et al. (2021), a edificação já se encontra em conformidade com a maioria dos critérios mínimos exigidos pelo programa de certificação Selo Casa Azul + CAIXA, na categoria Bronze. Este resultado, por si só, demonstra o compromisso da MUC com a busca em atingir a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental. O estudo de Bento et al. (2021) também aponta que, com a implementação de algumas intervenções de baixa complexidade, a edificação poderia vir a se enquadrar na categoria Prata do Selo Casa Azul +. Estas intervenções, em sua maioria, estariam direcionadas para a otimização da eficiência energética do edifício, um aspecto importante para a redução do consumo de recursos e a minimização do impacto ambiental. A busca pela certificação Prata demonstra a intenção da gestão em tornar o edifício um exemplo de sustentabilidade no contexto das moradias universitárias. A obtenção de certificações poderia impulsionar a busca contínua por soluções inovadoras e eficientes.

3.2 Monitoramento do consumo

O monitoramento inicial teve como objetivo investigar o padrão de consumo de água e averiguar as oportunidades para a melhoria na gestão do consumo de água do edifício. O consumo mensal total por apartamento, obtido a partir da leitura dos hidrômetros, para os seis primeiros meses está na Tabela 1.

Tabela 1 - Consumo de água por unidade residencial (m³).

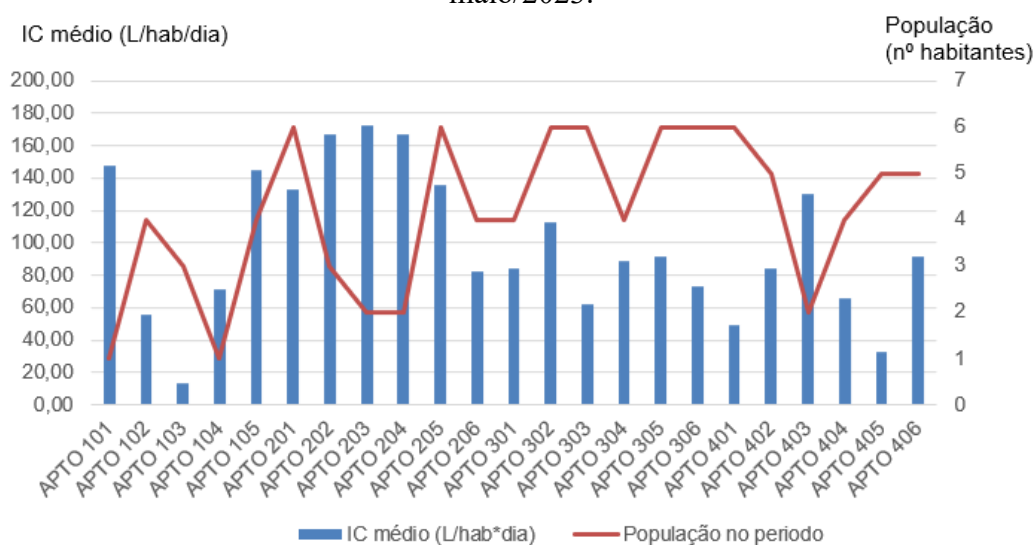
Coluna 1	Dezembro 2022	Janeiro 2023	Fevereiro 2023	Março 2023	Abril 2023	Maió 2023	Média
APTO 101	2,17	4,12	8,1	2,4	2,96	2,2	3,66
APTO 102	14,22	3,89	32,56	11,18	1,25	21,74	14,14
APTO 103	1,97	0	0,01	0,57	241,56	6,22	41,72
APTO 104	15,9	0,07	0,05	0,82	0,72	7,46	4,17
APTO 105	25,25	21,15	40,29	34,5	12,43	35,27	28,15
APTO 201	35,44	20,41	42,53	39,39	24,44	60,99	37,2
APTO 202	24,04	15,13	36,09	23,43	20,53	39,09	26,39
APTO 203	24,11	15,19	23,44	12,87	13,68	24,88	19,03
APTO 204	39,43	16,27	9,37	9,7	3,87	17,4	16,01
APTO 205	27,54	19,64	56,22	53,23	24,93	41,06	37,1
APTO 206	24,95	13,88	17,83	20,25	9,55	16,26	17,12
APTO 301	20,12	10,59	15,25	16,35	10,41	12,91	14,27

APTO 302	41,74	23,33	48,73	33,61	18,3	54,04	36,63
APTO 303	23,09	9,11	31,79	12,19	9,39	24,95	18,42
APTO 304	25,29	13,07	27,26	6,17	0,01	25,23	16,17
APTO 305	34,64	17,81	39,79	24,28	11,22	36,41	27,36
APTO 306	0,29	4,29	38,72	28,81	18,69	37,54	21,39
APTO 401	10,23	5,69	12,13	14,04	10,09	17,07	11,54
APTO 402	23,7	13,01	25,56	18,34	15,15	21,04	19,47
APTO 403	14,42	8,51	15,13	10,3	4,99	14,06	11,24
APTO 404	12,59	6,37	14,16	16,39	6,53	11,98	11,34
APTO 405	0,38	0,94	12,01	13,81	1,93	12,57	6,94
APTO 406	29,17	15,07	35,91	19,23	13,48	34,57	24,57

Fonte: Autoria própria (2023).

A partir do consumo mensal, e tendo disponíveis os dados do número médio de moradores de cada apartamento no período, calculou-se pela Equação 1, o Índice de Consumo (IC) médio do período para cada unidade, conforme ilustrado na Figura 11. Observou-se uma considerável variação no consumo mensal, tanto entre os apartamentos quanto para uma mesma unidade ao longo dos meses. Os apartamentos 201, 205 e 302, todos ocupados por seis moradores, registraram os maiores consumos mensais totais (entre 40 e 60 m³/mês). Contudo, seus Índices de Consumo (IC) per capita (112 a 133 L/hab.dia) não se classificaram entre os mais elevados. Os maiores IC per capita, por sua vez, foram observados nos apartamentos 202, 203 e 204, todos superando 160 L/hab/dia.

Figura 11 - IC por apartamento (L/hab/dia) e população, entre dezembro/2022 e maio/2023.

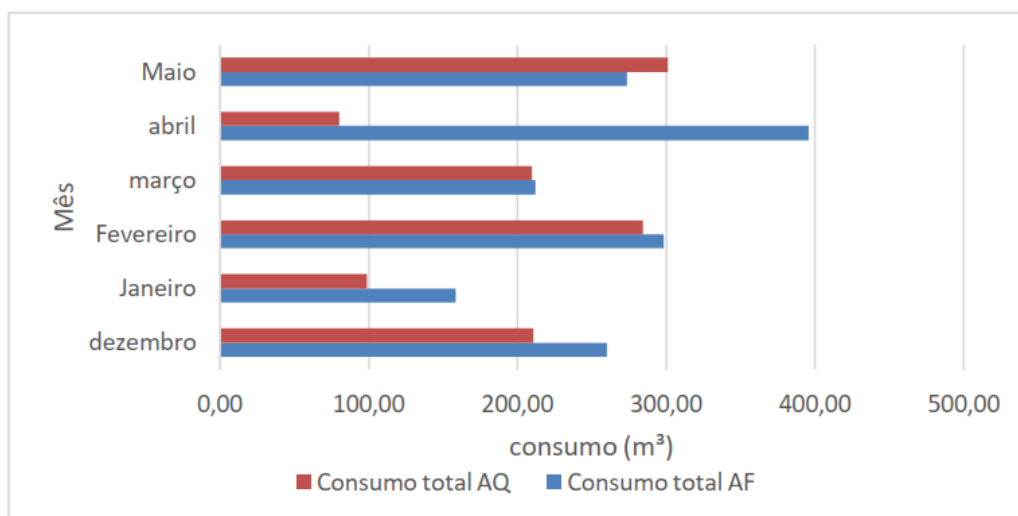


Fonte: Autoria própria (2023).

Merece destaque o apartamento 103, cujo consumo total foi consistentemente baixo na maioria dos meses, exceto em abril de 2023, quando um pico de 241,56 m³ foi registrado. Este valor, que superou o consumo combinado de todos os outros apartamentos naquele mês, resultou de um vazamento e foi assinalado de forma específica na Figura 11 devido à sua magnitude atípica. Apesar deste evento, o IC médio desse apartamento ao longo do período permaneceu baixo, justificado pela ocupação intermitente de seus moradores (alunos de pós-graduação que frequentemente viajam). É importante notar que o IC do apartamento 103 somente no mês de abril atingiu 5359 L/hab.dia, um valor extremamente elevado e fora do padrão, diretamente atribuível ao vazamento. Por este motivo, o IC do mês de abril deste apartamento não foi considerado para cálculo do IC médio do apartamento no período. A identificação e contenção tardia deste vazamento foram agravadas por ter ocorrido durante um período de recesso acadêmico. No cálculo de IC foram descontados os dias de recesso escolar, para diminuir as distorções de consumo, considerando apenas os dias em que efetivamente havia moradores no prédio.

Os dados de consumo mensal total do edifício, coletados durante os 6 primeiros meses (dezembro/2022 a maio/2023), estão na figura 12, nela pode-se perceber as variações no consumo de AF e AQ no período. Os meses de menor consumo coincidiram com recessos no calendário acadêmico (dez dias em janeiro e quinze dias em abril), período em que a maioria dos moradores viaja, reduzindo o consumo. Em abril, embora o consumo de água quente tenha diminuído, a água fria registrou o maior valor do período (395 m³). Este pico foi majoritariamente influenciado por um vazamento no apartamento 103, responsável por aproximadamente 241 m³ desse volume. A ocupação dos apartamentos durante o estudo foi variável, com muitas unidades abaixo da capacidade máxima durante o primeiro semestre de 2023. A análise do número de moradores revelou que os apartamentos com maiores consumos mensais (201, 205 e 302) eram ocupados por seis residentes, justificando seus volumes de consumo mais elevados em comparação às demais unidades.

Figura 12 - Consumo mensal total de água do edifício entre dezembro/2022 e maio/2023.



Fonte: Autoria própria (2023).

A ocupação total do prédio também variou durante o período estudado, ficando sempre abaixo da capacidade máxima de 128 pessoas. A Tabela 2 mostra essa variação nos primeiros meses do estudo.

Tabela 2 - Variação na população do edifício durante os meses iniciais.

Mês	Nº de moradores
Dezembro/2022	102
Janeiro/2023	101
Fevereiro/2023	100
Março/2023	98
Abril/2023	96
Maio/2023	94
Junho/2023	112

Fonte: Autoria própria (2023).

A dinâmica populacional da Moradia Universitária do Cerrado (MUC) demonstrou uma clara influência sobre os padrões de ocupação e, conseqüentemente, sobre a demanda por água. Observou-se uma diminuição progressiva no número de moradores ao longo dos meses, culminando em maio, período que tradicionalmente coincide com o recesso escolar e o retorno dos estudantes às suas cidades de origem. Em contrapartida, o mês de junho testemunhou um aumento na ocupação, impulsionado pela publicação de um novo edital para a seleção de residentes, refletindo o ciclo acadêmico da instituição. Essa variação na densidade populacional não se configurou como um

evento isolado, mas sim como uma dinâmica recorrente, sistematicamente observada ao longo dos diferentes semestres letivos, com a população residente invariavelmente diminuindo à medida que o final de cada semestre se aproxima, impactando diretamente o perfil de consumo hídrico do edifício.

Em relação à coleta de dados, o monitoramento contínuo do consumo de água, realizado a partir das leituras automatizadas dos hidrômetros individualizados, constituiu um pilar fundamental deste estudo. Inicialmente concebido para um período exploratório de 6 meses, a relevância e a riqueza dos dados preliminares justificaram sua expansão para um extenso período de 24 meses, com conclusão em novembro de 2024. Essa ampliação temporal permitiu uma análise mais aprofundada e consolidada dos padrões de consumo hídrico na edificação, possibilitando a identificação de variações sazonais, comportamentais de longo prazo e a robustez das inferências. Todos os dados de consumo mensal de cada apartamento foram coletados e armazenados em uma base de dados, preparada para análises subsequentes.

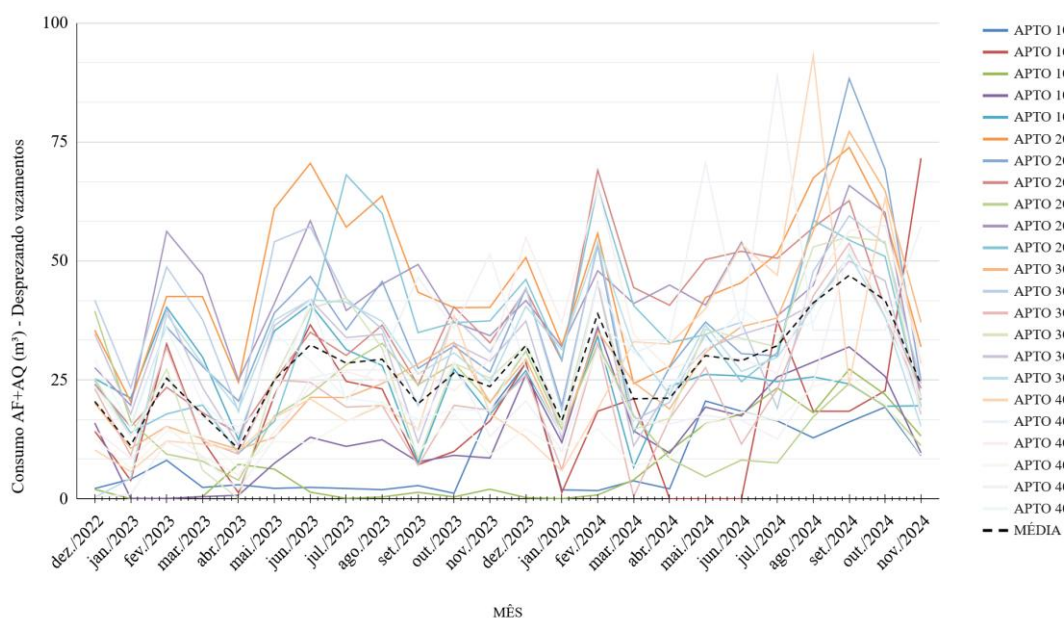
Durante o período de monitoramento, a identificação proativa de anomalias revelou a ocorrência de grandes vazamentos em alguns apartamentos específicos. Tais eventos, que causaram aumentos extraordinariamente expressivos no volume de água registrado, foram detectados, posteriormente, sanados pela equipe de manutenção do prédio, minimizando as perdas e os impactos. Enquanto os valores de consumo mensais usualmente se mantinham abaixo de 50 m³ para a maioria das unidades e períodos, os meses em que esses vazamentos de grande porte foram registrados exibiram consumos exponencialmente superiores, destoando drasticamente do padrão. Por exemplo, o apartamento 102 apresentou vazamentos substanciais em fevereiro, agosto e setembro de 2024, com registros de consumo de 139 m³, 188 m³ e 139 m³, respectivamente. De forma similar, o apartamento 402 também registrou consumos elevados, integralmente atribuíveis a vazamentos não intencionais, nos meses de agosto, setembro e outubro de 2024.

Para assegurar a integridade e a validade da análise dos padrões de consumo 'normais' da moradia, foi adotada uma metodologia criteriosa para lidar com esses valores atípicos. Para apartamentos com consumos mensais excessivamente elevados (definidos como acima de 100 m³) devido aos vazamentos confirmados e sanados, já citados, os valores brutos do mês anômalo foram substituídos pela média do consumo mensal do respectivo apartamento nos meses em que não houve registro de vazamentos. Essa

abordagem visou evitar a distorção da média agregada do prédio, que seria severamente inflacionada por esses eventos anômalos e não representativos do uso habitual. Além disso, ela permitiu preservar a integridade dos dados para uma análise padrão mais fidedigna do uso efetivo da água pelos moradores, isolando as perdas do sistema. Os dados obtidos, após essa depuração, estão detalhados na Figura 13.

Através da Equação 3, chega-se ao índice de perdas para estes vazamentos observados. A maior perda foi de 97% para o apartamento 103 em abril de 2023, seguido de 90,2% para 102 em agosto de 2024. Já o apartamento 406 teve um IP de 78,5% em setembro de 2024.

Figura 13 - Consumo mensal (AF+AQ) dos apartamentos (m³)

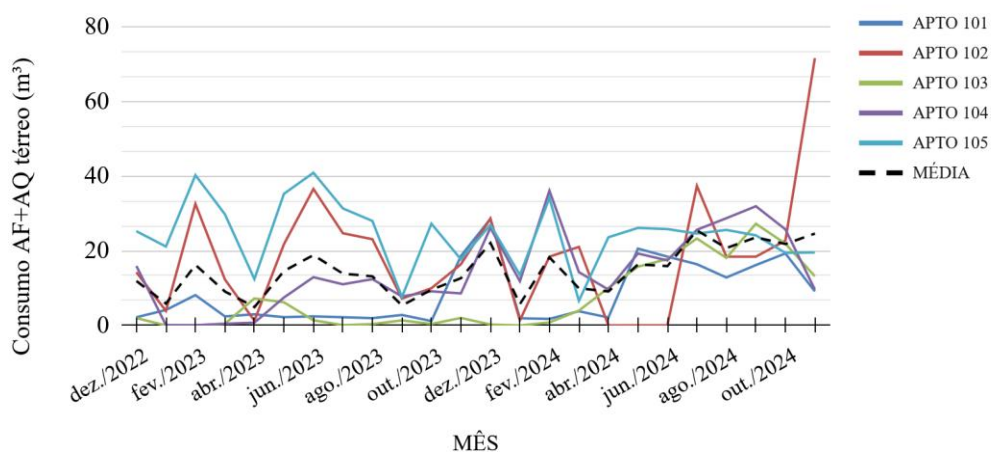


Fonte: Autoria própria (2024).

Da Figura 13, observa-se em destaque a média de consumo dos apartamentos (linha tracejada) no período e monitoramento. Esse consumo médio permaneceu a maior parte do tempo dentro da faixa entre 20 e 35 m³ por mês, sendo que nos meses de dezembro e janeiro apresentaram valores mais baixos devido à recessos e feriados, mesmo fato acontecendo nos meses de abril de 2023 e 2024, quando houveram também recessos acadêmicos. Observa-se também picos de consumo nos meses de fevereiro de 2023 e 2024, e setembro de 2024. Estes costumam ser meses mais quentes e sem recessos na instituição. Com os dados registrados, procedeu-se a uma análise do consumo mensal por

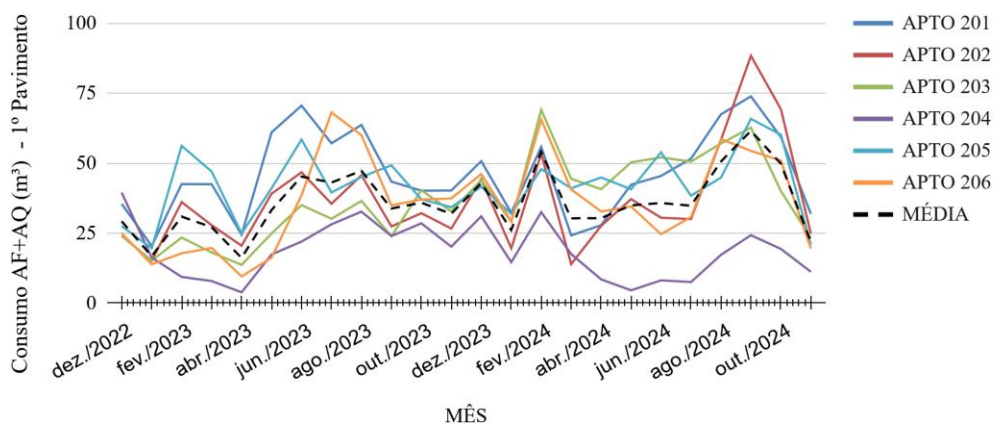
pavimento. Os quatro gráficos a seguir (Figuras 14, 15, 16 e 17) contêm os dados de consumo mensal dos apartamentos separados por pavimento (térreo, primeiro, segundo e terceiro, respectivamente), e a média do consumo de cada pavimento, retratada pela linha tracejada em destaque. É importante salientar novamente que os dados referentes aos meses com consumo anômalo citados anteriormente foram substituídos pela média do apartamento. Cabe reforçar que, os apartamentos do pavimento térreo são para PCDs e com menor número de usuários.

Figura 14 - Consumo mensal (AF+AQ) dos apartamentos do térreo (m³).

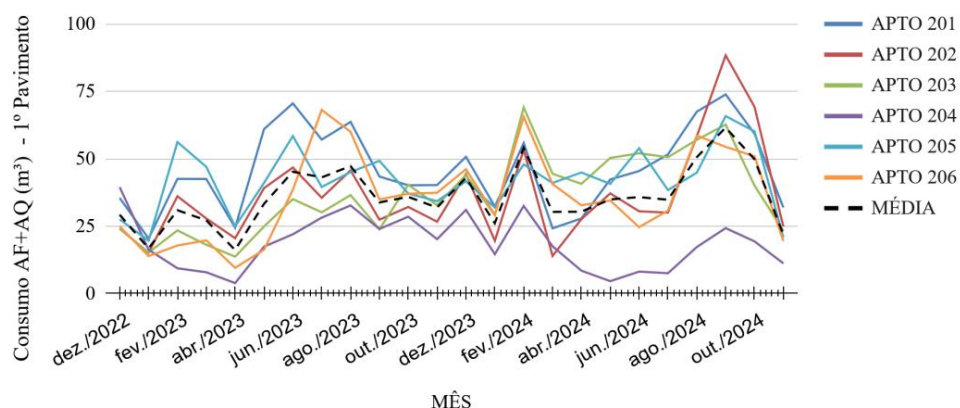


Fonte: Autoria própria (2025).

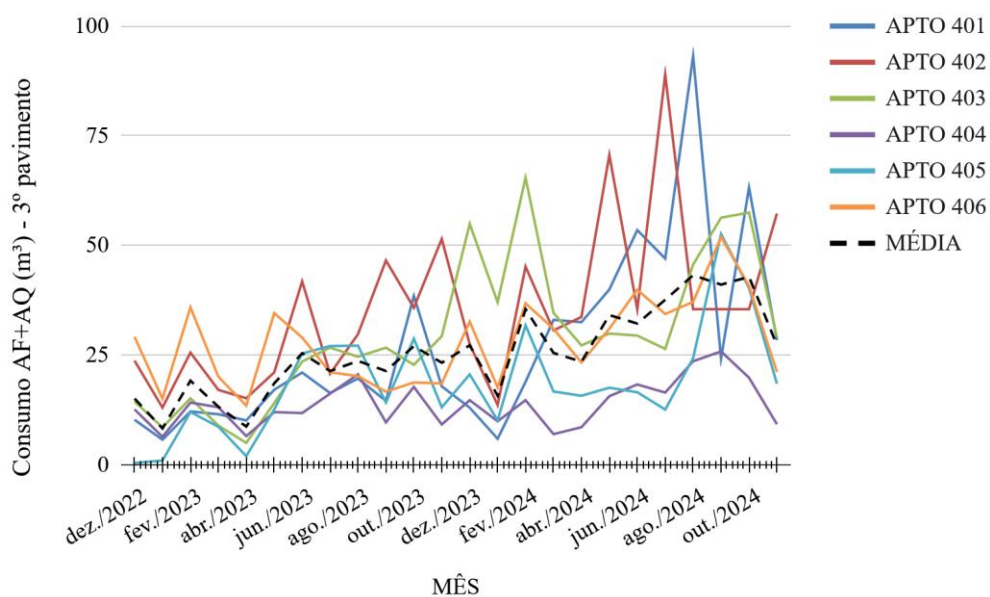
Figura 15 - Consumo mensal (AF+AQ) dos apartamentos do 1º pavimento (m³).



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 16 - Consumo mensal (AF+AQ) dos apartamentos do 2º pavimento (m³).

Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 17 - Consumo mensal (AF+AQ) dos apartamentos do 3º pavimento (m³).

Fonte: Autoria própria (2025).

A análise do consumo por pavimento é importante para uma gestão hídrica localizada. Essa segregação dos dados facilita a visualização de padrões específicos, e a identificação de anomalias pontuais em apartamentos ou andares, e permite a compreensão de como diferentes fatores – sejam eles relacionados à ocupação, ao comportamento dos moradores, ou a características intrínsecas da infraestrutura hidráulica de cada nível – influenciam o consumo total. Além disso, uma visualização por pavimento pode auxiliar na detecção e priorização de problemas como vazamentos que

afetam múltiplos apartamentos em um mesmo andar ou variações de pressão que impactam o consumo em diferentes alturas do edifício, otimizando as estratégias de manutenção e conservação.

A partir da análise dos gráficos das Figuras 14, 15, 16 e 17, pode-se constatar que os padrões de consumo mensal variam consideravelmente não apenas entre os apartamentos individualmente, mas também entre os diferentes pavimentos da MUC, revelando perfis distintos de demanda hídrica em cada andar.

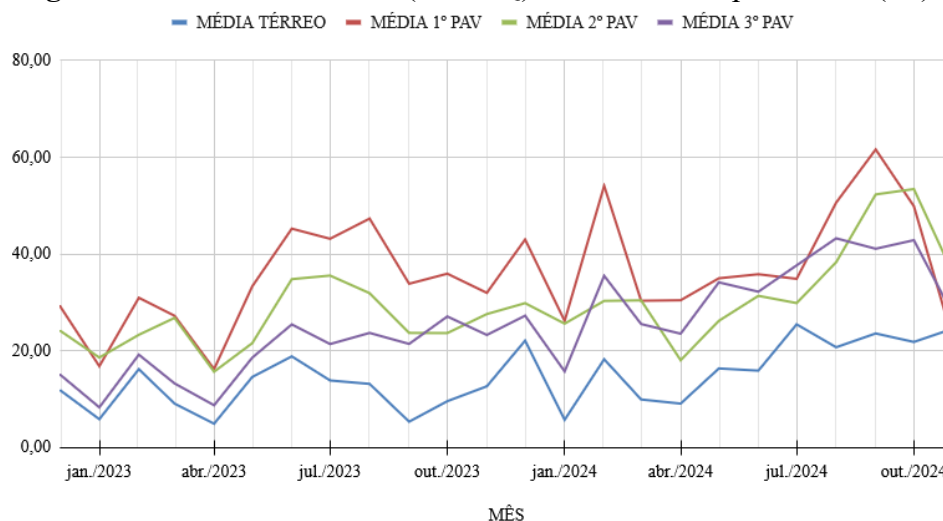
No pavimento Térreo (Figura 14), o apartamento 103 se destaca de forma anômala com um pico de consumo de 241 m³ em abril de 2023, um evento notável já identificado como resultado de um vazamento de grande porte, o qual foi desconsiderado e adotada a média do apartamento nos meses em que não houve vazamentos (7,25 m³), conforme já mencionado. O mesmo procedimento foi realizado para os vazamentos do apartamento 102. Desconsiderando esses eventos atípicos, os apartamentos do térreo exibem um consumo mensal abaixo de 30 m³, na maioria dos meses, indicando um uso mais regularizado. O apartamento 105 registrou os maiores valores durante boa parte do período, porém nada que destoasse expressivamente dos outros. Porém, o 102 apresentou um consumo muito elevado no final desse período (70 m³ em novembro de 2024), o que já é um indicativo de consumo acima do padrão observado, sendo reflexo de vazamentos que apenas seriam identificados mais tarde (em março/2025) quando o sistema de telemetria já havia sido instalado. A média mensal de consumo dos apartamentos do térreo ficou praticamente sempre abaixo de 20 m³, sendo inferior que as médias dos demais pavimentos. Isso se justifica pelo fato de possuírem vagas para apenas quatro moradores, enquanto que os apartamentos dos demais pavimentos possuem seis vagas cada.

No Primeiro Pavimento (Figura 15), os apartamentos 201 e 205 consistentemente registram volumes de consumo um pouco mais elevados em comparação com as demais unidades do mesmo andar (202, 203 e 204), porém essa diferença de consumo é pequena. Isso pode ser justificado pelo fato destes sempre estarem totalmente ocupados (6 moradores), enquanto que nos outros houveram períodos com menor número de ocupantes, especialmente o 204 que tinha dois ou três ocupantes durante alguns meses, e teve o menor consumo de todos. Embora este pavimento não apresentou picos de consumo causados por vazamentos, como os do térreo, facilitando desta forma a identificação e análise dos padrões de consumo.

De modo geral, os apartamentos apresentaram picos de consumo em fevereiro de 2023, fevereiro de 2024, e setembro de 2024, refletindo variações no uso. A média de consumo desse pavimento ficou entre 30 e 50 m³ na maioria dos meses, consideravelmente maior que a média do térreo. Observou-se ainda que os maiores picos de consumo foram registrados pelo apartamento 201 (~75 m³) e o 202 (88 m³), valores bem acima da média do pavimento.

Já no Segundo Pavimento (Figura 16), os apartamentos 303 e 304 e 305 exibiram um consumo mais moderado e uniforme, por outro lado, o apartamento 302 se destaca com um consumo mensal consistentemente superior nos primeiros meses, depois o 301 passou a ser o responsável pelo maior consumo a partir de julho de 2024. Assim como o apartamento 201, essa maior demanda no 301 e 302 é justificável pela sua alta ocupação (seis moradores durante a maior parte do período), que naturalmente eleva o consumo total do apartamento, mesmo que o consumo per capita seja mantido em níveis médios. A média de consumo do pavimento ficou sempre entre 20 e 40 m³, exceto entre agosto e outubro de 2024. Por fim, o Terceiro Pavimento (Figura 17) revela um média de consumo do pavimento menor que 25 m³ durante a maior parte do período, aumentando para valores entre 30 a 40 m³ a partir de junho de 2024.

O Gráfico da Figura 18 resume esses resultados, contendo a comparação das médias de consumo de cada pavimento. De forma geral, observa-se que o pavimento térreo registra os menores valores de consumo médio de água no período de monitoramento. Em seguida, o terceiro pavimento apresenta um consumo ligeiramente superior ao térreo, mas ainda inferior aos demais. Em contraste, o primeiro e o segundo pavimentos são os que exibem os maiores volumes de consumo médio de água no edifício.

Figura 18 - Consumo mensal (AF+AQ) médio de cada pavimento (m³).

Fonte: Aatoria própria (2025).

Essa clara diferenciação no consumo entre os pavimentos pode ser explicada por uma combinação de fatores, notadamente a capacidade de ocupação dos apartamentos em cada andar e as condições hidráulicas intrínsecas ao sistema de distribuição vertical. Nos apartamentos do pavimento térreo, a capacidade de vagas para moradores é limitada a quatro por unidade, conforme o projeto arquitetônico da moradia. Essa menor capacidade de ocupação por si já estabelece um teto inferior para o consumo agregado por apartamento nesse andar, uma vez que o número total de usuários é menor em comparação com os apartamentos dos demais pavimentos. Independentemente dos hábitos individuais, um menor número de ocupantes naturalmente resulta em um consumo total de água reduzido para o pavimento. Além disso, hábitos de consumo individuais e variações na frequência de uso de aparelhos hidrossanitários (como chuveiros e máquinas de lavar), embora mais difíceis de quantificar diretamente, podem contribuir para as oscilações diárias e mensais.

Por outro lado, os apartamentos localizados no primeiro e no segundo pavimentos são projetados para acomodar até 6 moradores por unidade. A maior quantidade de ocupantes por apartamento, contribui para o maior consumo médio observado nesses andares. Mesmo que o consumo per capita individual se mantenha eficiente, a soma do consumo de seis indivíduos tende a ser substancialmente maior que a de quatro, elevando a média do pavimento.

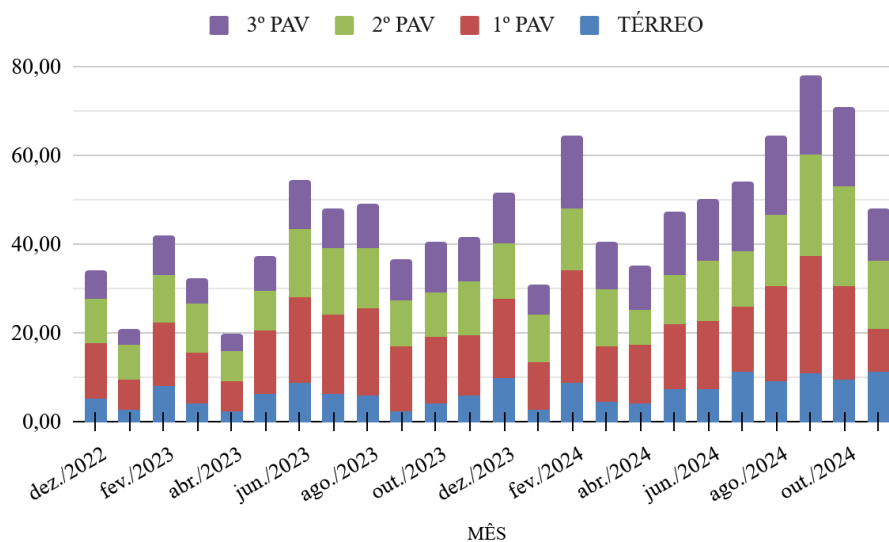
Quanto ao terceiro pavimento, embora seus apartamentos também possuam capacidade para 6 moradores, seu consumo médio tende a ser ligeiramente inferior ao do primeiro e segundo andares, e superior apenas ao do térreo. Uma das prováveis causas para essa diferença, além da variabilidade natural no comportamento dos moradores, pode estar relacionada às condições de pressão hidráulica. Em edifícios de múltiplos andares como a MUC, onde a água é distribuída verticalmente a partir de um ponto comum, os pavimentos superiores tendem a experimentar uma pressão de água ligeiramente menor em comparação com os andares mais baixos (térreo, primeiro e segundo pavimentos), a menos que haja sistemas de pressurização específicos para compensar essa perda de carga. Uma pressão menor pode resultar em vazões ligeiramente reduzidas em chuveiros e torneiras, impactando sutilmente o volume total de água consumido ao longo do tempo. Embora essa diferença seja muitas vezes imperceptível pelos usuários, ela pode se acumular e influenciar as médias de consumo ao longo do período analisado, contribuindo para o menor consumo relativo no último pavimento. Outro fator que deve ser mencionado é que no pavimento superior a água quente percorre uma menor distância para chegar aos chuveiros, o que também contribui para diminuir o seu consumo, uma vez que a água dos chuveiros atinge é aquecida em menor tempo.

Assim, as diferenças observadas no consumo médio entre os pavimentos são multifatoriais, sendo primariamente influenciadas pela capacidade de ocupação de cada unidade e pela dinâmica de uso dos moradores, mas também moduladas por fatores infra estruturais como a pressão de água disponível em cada nível. Essas nuances ressaltam a complexidade na gestão hídrica de grandes edificações e a importância da análise detalhada por segmentos para a identificação de pontos críticos e a implementação de ações de gestão hídrica mais direcionadas e eficazes.

Com os dados de consumo médio por pavimento registrados, foi possível obter também o índice de consumo por área construída (C_a) para cada pavimento, através da equação 2 apresentada anteriormente, utilizando-se as áreas de cada apartamento (76,71 m² nos apartamentos tipo e 72,71 m² nos apartamentos do térreo). Este parâmetro é interessante pois leva também em consideração a área construída. No gráfico de barras empilhadas da Figura 19 esses valores de C_a são observados ao longo do período. Percebe-se que na metade do tempo de monitoramento o valor de C_a para o prédio ficou abaixo de 40 L/m²/dia, e que os meses que tiveram consumo acima desse valor foram quase sempre no segundo semestre de cada ano, chegando a um pico de 78 L/m²/dia. Os

menores consumos por área foram registrados no pavimento térreo, assim como nas análises anteriores.

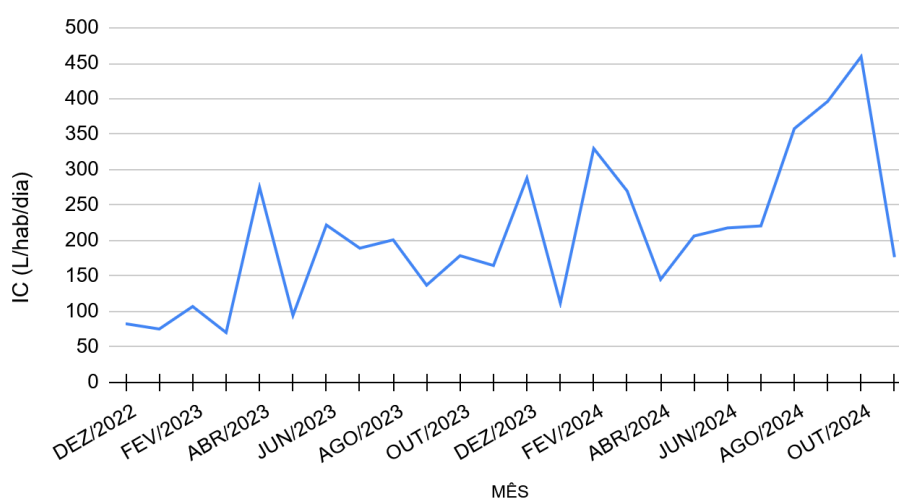
Figura 19 - Consumo por área construída (Ca) por pavimento - L/m²/dia.



Fonte: Autoria própria (2025).

Utilizando os dados de medições desse período, e excluindo no cálculo os dias de recesso (ocorridos em abril, maio e dezembro de 2023, e março e outubro de 2024), obteve-se o índice de consumo para a população da edificação no período estudado, representado no gráfico da Figura 20.

Figura 20 - IC (L/hab/dia) para o edifício (dezembro/2022 a novembro/2024).



Fonte: Autoria própria (2025).

Nota-se que o consumo ficou abaixo de 100 litros por dia por habitante em dezembro de 2022, e janeiro de 2023, ficando abaixo da média nacional de 148,2 L/hab./dia (SNIS, 2023) e da média do estado de Goiás (138,4 L/hab./dia). Porém na maioria dos meses seguintes o IC ficou bem acima dessa média nacional e estadual, exibindo os maiores valores nos meses de fevereiro de 2024 (300 L/hab./dia) e outubro de 2024 (450 L/hab./dia), valores muito acima da média nacional. Outro mês com alto IC foi o de abril de 2023 (cerca de 275 L/hab./dia). Alguns destes picos de valores de IC coincidiram com os meses em que foram detectados vazamentos de grandes proporções já mencionados, sendo eles abril/2023 e outubro/2024.

Os usuários da Moradia Universitária do Cerrado (MUC) são, em sua maioria, alunos de graduação que realizam boa parte de suas atividades diárias e rotinas, como as refeições, nas próprias dependências da universidade. Este padrão de uso externo contribui para uma redução no consumo geral de água e energia dentro do edifício durante os dias úteis. Contudo, apesar dessa dinâmica de permanência parcial, o consumo total da moradia ainda é considerado elevado para o perfil de ocupação e tipo de edificação. Em contrapartida, os finais de semana frequentemente registram um aumento no consumo, período em que os moradores tendem a passar mais tempo na residência. Além disso, a forte influência do calendário acadêmico é notória: feriados prolongados e recessos exercem um impacto na demanda por água e energia, resultando em quedas acentuadas no consumo geral deste tipo de edificação, um reflexo direto da diminuição da ocupação.

3.3 Monitoramento e intervenções no sistema predial de água quente

Na Moradia Universitária do Cerrado (MUC), o abastecimento de água quente é provido integralmente por um Sistema de Aquecimento Solar (SAS). Neste edifício, os únicos pontos de consumo de água aquecida são os chuveiros, estrategicamente projetados para otimizar o uso da energia solar. Adicionalmente, o sistema conta com um componente auxiliar, uma resistência elétrica conectada à rede convencional, que atua como backup para garantir o fornecimento de água quente em dias de baixa insolação ou durante períodos de elevada demanda.

No início desta pesquisa foi realizada uma vistoria com o intuito de diagnosticar a situação do SAS do edifício, e identificar quais fatores poderiam estar causando alguns problemas relatados pelos moradores, dentre os quais: temperatura da água abaixo da esperada (menor que 37°) e o longo tempo para que a água começasse a esquentar após o

acionamento dos chuveiros. Na vistoria foram registradas fotos dos sistemas, precedida por uma revisão do projeto hidrossanitário, e dos memoriais disponíveis nos arquivos da UFCAT. O sistema de aquecimento foi colocado em funcionamento e verificou-se uma média de 2 minutos para que a água esquentasse no pavimento térreo, o mais distante do boiler. Além disso, a água estava saindo do boiler em temperatura inferior aos 60°, chegando aos pontos de consumo mais fria do que o necessário.

Foram identificados, junto com a equipe de manutenção do prédio, alguns problemas que poderiam estar contribuindo para o não atendimento dos padrões esperados. Procedeu-se então com as correções necessárias no sistema, e um monitoramento do consumo antes e após as intervenções, para verificação dos resultados alcançados. Verificou-se tanto uma diminuição no índice de consumo (IC) para AQ e AF, após realizar as adequações no SAS, e também uma diminuição no tempo de espera para o aquecimento da água quando acionados os chuveiros, que caiu de mais de 2 minutos para cerca de 20 segundos. As intervenções implementadas contribuíram para que se atingisse uma redução de 23,47% no consumo médio de água quente por morador entre dezembro de 2022 e janeiro de 2024, período em que ocorreu o estudo voltado ao consumo de AQ pelo SAS. Além disso, o consumo de energia, que apresentava uma tendência de aumento, estabilizou-se após as modificações, indicando um aprimoramento da eficiência energética do edifício. Tais resultados demonstram um impacto efetivo das ações para a otimização das instalações. Tendo em vista a redução de consumo de AQ proporcionada pelas intervenções, verifica-se que estas contribuíram para aumentar a eficiência do prédio, não só no consumo de água, mas também de energia, uma vez que o fornecimento de água quente gera consumo de energia elétrica vinda da concessionária, principalmente à noite e em dias nublados.

Foram ainda verificadas, brevemente, as possíveis influências de fatores climáticos (temperatura e umidade) em relação ao consumo de água quente.

A descrição completa dos resultados encontrados, bem como as intervenções realizadas nos sistemas de AQ, estão apresentados no artigo “Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: um exemplo de intervenção” publicado na Revista Paranoá, v. 17, no ano de 2024, disponível na íntegra no Apêndice A.

3.4 Implantação do sistema de telemetria para monitoramento de consumo AQ e AF

O sistema de telemetria da Moradia Universitária do Cerrado (MUC), embora já estivesse fisicamente instalado durante o período de construção do edifício (entre 2021 e 2022), permanecia inativo, com o monitoramento do consumo hídrico limitado a leituras manuais e pontuais, realizadas em base mensal. Essa abordagem tradicional impedia a obtenção de dados em tempo real e nível de detalhamento suficiente para um diagnóstico preciso e uma gestão eficiente da água. Como etapa primordial deste trabalho, procedeu-se à ativação e plena operacionalização desse sistema de monitoramento, abrangendo o período de janeiro a fevereiro de 2025. Para tal, o software de monitoramento remoto, Smart32 foi instalado e configurado em um computador dedicado, estabelecendo conexão direta com os dois concentradores de dados principais, denominados "Smartgate X". Cada um desses concentradores foi responsável por coletar e armazenar as informações de consumo de aproximadamente metade dos 23 apartamentos que compõem a moradia, garantindo uma cobertura completa e redundante.

A etapa subsequente envolveu a configuração e calibração de cada hidrômetro de água fria (AF) e de água quente (AQ) individualmente. Para assegurar a acurácia dos dados, verificou-se o consumo diretamente nos apartamentos, ativando pontos de uso como chuveiros para confirmar que o software estava registrando os volumes de forma correta e instantânea. Além disso, a integridade da transmissão dos pulsos elétricos dos hidrômetros foi verificada utilizando um multímetro, permitindo a identificação e correção de qualquer anomalia de funcionamento que pudesse comprometer a confiabilidade dos dados. A Figura 21 ilustra o processo de verificação e conexão dos hidrômetros de água fria (AF) e água quente (AQ) aos concentradores "Smartgate X" nos apartamentos, com os concentradores posicionados na parte superior esquerda do painel exibido na Figura 21(C).

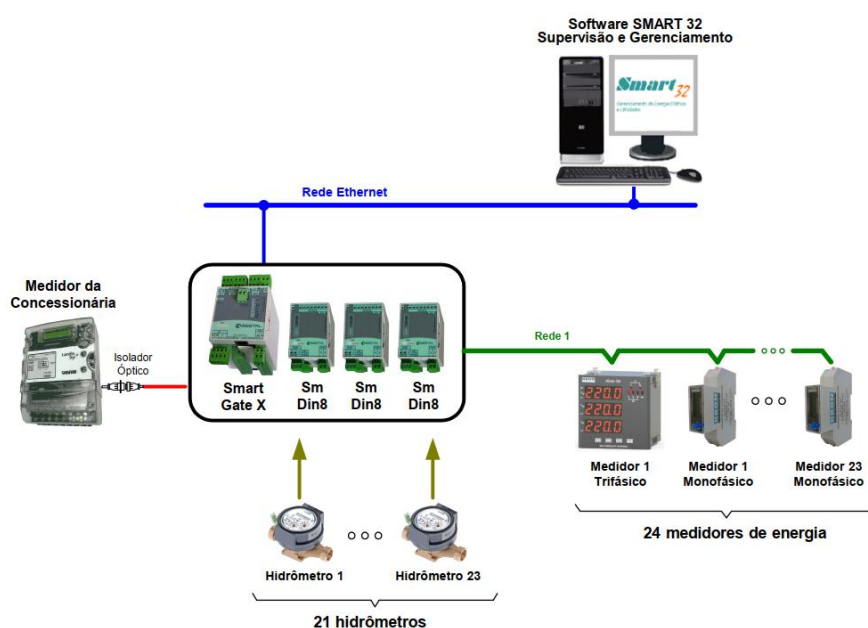
Figura 21 - Hidrômetros de água fria (A) e quente (B), e painel de concentração e registro dos consumos (C).



Fonte: Autoria própria (2025).

O software de monitoramento e coleta de dados “Smart32” foi instalado em um computador alocado na sala técnica, permitindo acesso remoto e gerenciamento centralizado do sistema. A arquitetura completa do sistema de telemetria na MUC é apresentada esquematicamente na Figura 22, que detalha a interconexão entre os hidrômetros digitais, os módulos de transmissão de dados e a plataforma de monitoramento baseada em nuvem, garantindo um fluxo contínuo de informações.

Figura 22 - Esquema Simplificado do Sistema de Telemetria na MUC.



Fonte: Manual do fabricante do sistema Smart32 (2019).

Após sua implantação e calibração, o sistema de telemetria iniciou a coleta sistemática de dados de consumo de AF e AQ, com um período inicial de monitoramento na semana compreendida entre 23 de março de 2025 e 29 de março de 2025. A análise desses dados teve como objetivo principal identificar padrões de consumo horários, diários e semanais para cada apartamento, permitindo uma compreensão minuciosa do uso da água. O foco principal dessa análise foi a detecção de picos de consumo inesperados e a ocorrência de consumo contínuo em períodos de ausência de moradores, que são indicadores robustos de vazamentos e desperdícios, conforme preconizado por Oliveira (1999). Além disso, foram observados os consumos horários, para detecção dos horários de consumo de ponta. Essa fase inicial foi importante para validar a funcionalidade do sistema e obter as primeiras percepções sobre o comportamento hídrico da edificação. Como já mencionado na metodologia, paralelamente ao uso da telemetria, foram coletados, junto à gestão do prédio, dados relativos à quantidade de moradores em cada apartamento no período estudado, que serviram para embasar as análises de consumo.

É fundamental salientar que a coleta remota de dados de consumo para o monitoramento apresentou variações temporais em seu início, impactando a uniformidade do período de registro entre os diferentes pavimentos do edifício. Para os hidrômetros instalados nos apartamentos localizados no térreo e no primeiro pavimento, o sistema de monitoramento e armazenamento de dados foi plenamente configurado no final do mês de janeiro, garantindo, assim, a disponibilidade de um conjunto completo de informações a partir do mês de fevereiro.

Contudo, para os apartamentos situados a partir do segundo pavimento e nos andares superiores, a configuração e ativação do sistema de armazenamento ocorreu apenas em 19 de março. Essa disparidade temporal exige uma abordagem específica para o cálculo do Índice de Consumo (IC) referente ao mês de março. Para o primeiro grupo de apartamentos (térreo e primeiro pavimento), o valor de consumo para março deve ser dividido pelos 31 dias completos do mês. Já para os apartamentos do segundo pavimento e superiores, o cálculo do IC para o mês de março deve ser ajustado, dividindo-se o consumo total registrado por apenas 13 dias, que correspondem aos dias efetivamente monitorados a partir da data de início da coleta de dados.

3.5 Monitoramento, identificação de vazamentos, e intervenções

A etapa de execução de manutenções e adequações constitui uma fase prática e essencial do estudo, na qual as oportunidades de economia de água e as inconformidades previamente identificadas foram sistematicamente endereçadas. Após a conclusão do diagnóstico detalhado e da análise aprofundada dos dados de telemetria — que apontaram a existência de vazamentos, padrões de desperdício e falhas nos Sistemas Prediais de Água Fria (SPAF) e de Água Quente (SPAQ) — procedeu-se à implementação de melhorias físicas nesses sistemas. As intervenções foram realizadas seguindo as especificações técnicas e as normas brasileiras pertinentes, como a NBR 5626/2020. As alterações abrangeram a manutenção corretiva em peças e elementos específicos do sistema (como o reparo de válvulas de descarga com vazamento, a substituição de anéis de vedação em torneiras e registros), e mesmo a troca completa desses componentes que se mostraram ineficientes, desgastados ou inadequados.

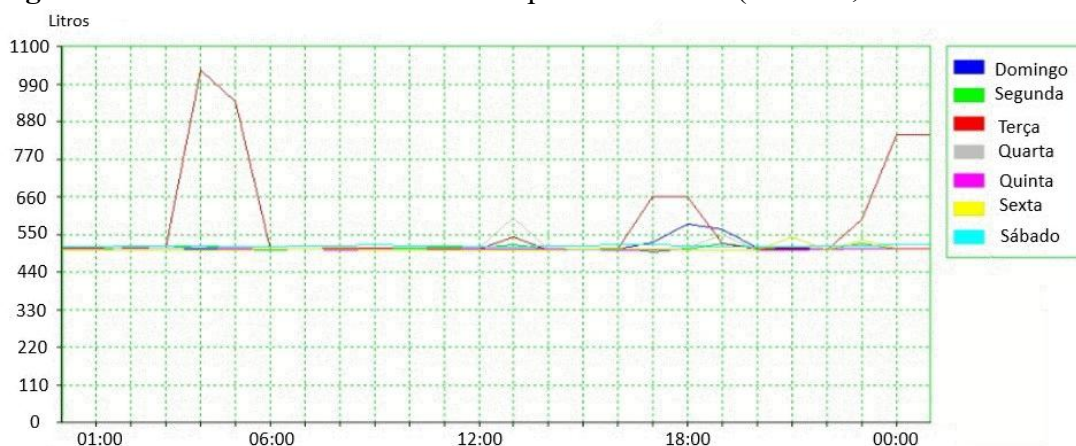
A fase de análise contínua do consumo de água na Moradia Universitária do Cerrado (MUC), que abrangeu os meses de março e abril de 2025 com um enfoque particular na semana de 23 a 29 de março de 2025, revelou padrões de uso hídrico notavelmente variados e, em alguns casos, anômalos entre as 23 unidades habitacionais. Esses apartamentos estão distribuídos metodicamente nos pavimentos, com as unidades 101 a 105 localizadas no térreo, 201 a 206 no primeiro, 301 a 306 no segundo e 401 a 406 no terceiro pavimento. O detalhamento e a capacidade de monitoramento em tempo real, proporcionadas pelo recém-ativado sistema de telemetria, foram fundamentais para identificar essas variações e diagnosticar potenciais problemas que seriam inviáveis de detectar por meio de leituras manuais periódicas.

Nesse período de monitoramento preliminar (início da utilização do sistema de telemetria), observou-se que alguns apartamentos apresentavam um consumo de água muito acima da média esperada para residências com o perfil de ocupação da MUC, conforme as médias divulgadas pelo SNIS. Outro fato agravante é que esse consumo se dava de forma contínua, mesmo em horários de baixa ou nenhuma ocupação. Tal comportamento hídrico anômalo é um forte indicador da presença de vazamentos ocultos nas instalações prediais ou de desperdícios persistentes que demandam intervenção imediata.

De modo particular, no apartamento 102 foi identificado um vazamento de grande proporção, cujo fluxo foi estimado em 510 litros por hora (L/h), conforme visualizado no gráfico da Figura 23, gerado pelo sistema de telemetria, onde se visualiza que o consumo horário nunca ficou abaixo do valor supracitado. Este consumo elevado e constante é um forte indicativo de perdas físicas.

A capacidade do sistema de telemetria em identificar e quantificar um vazamento dessa magnitude em tempo real foi crucial. Neste caso, o vazamento representava uma perda diária de aproximadamente 12.240 litros de água para uma única unidade, evidenciando não apenas um desperdício substancial de recurso natural, mas também um impacto financeiro considerável para a Universidade. Essa detecção precisa e rápida de anomalias no perfil de consumo, com o registro de alto volume de desperdício, evidencia a eficácia da tecnologia na gestão proativa dos recursos hídricos e na priorização das ações de manutenção, minimizando perdas antes que se tornem ainda mais graves.

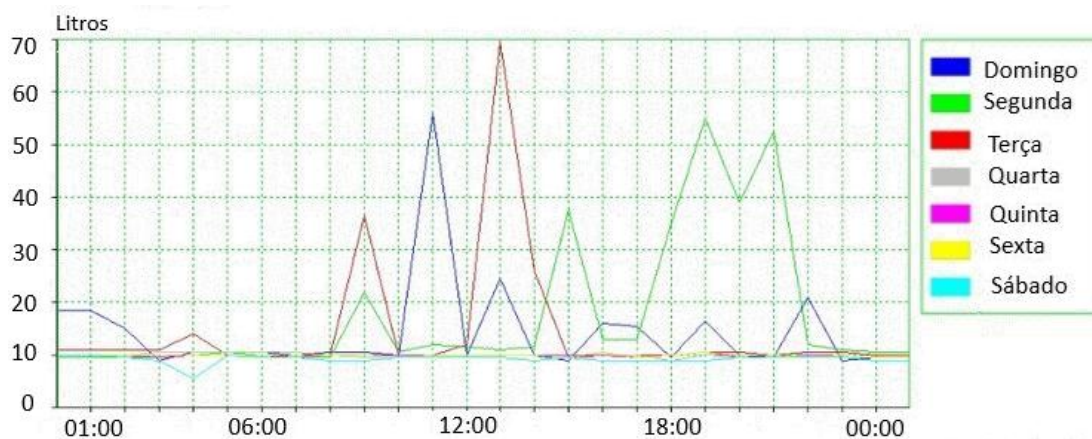
Figura 23 - Consumo horário de AF do apartamento 102 (semanal, de 23 a 29/03/25).



Fonte: Sistema de Telemetria da MUC (2025).

A Figura 24 apresenta a mesma análise para o apartamento 101. No apartamento 101, o consumo de água fria apresentou picos de consumo bem definidos por volta das 8:00, 13:00 e 18:00 (horários de pico comuns), com valores máximos pouco acima de 100 L/h, mas geralmente abaixo de 50 L/h.

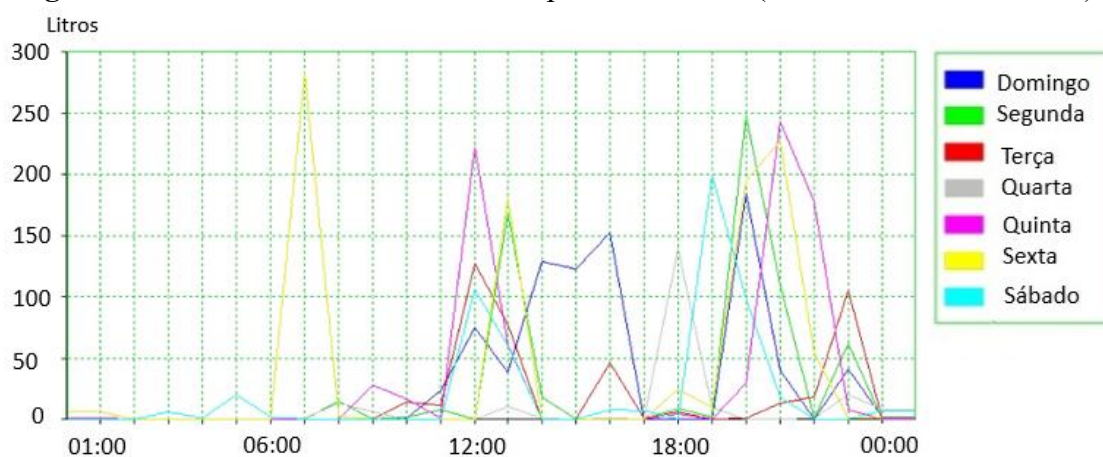
Figura 24 - Consumo horário de AF do apartamento 101 (semana de 23 a 29/03/25).



Fonte: Sistema de Telemetria da MUC (2025).

Foi detectado, no 101, um vazamento contínuo de baixo volume, estimado em aproximadamente 10 L/h, cuja presença era indicada pela ausência de zeramento do consumo mesmo em períodos de inatividade da unidade. Entretanto, o volume de perda de água decorrente desse evento foi substancialmente inferior em comparação com os grandes vazamentos registrados no apartamento 102. Vários outros apartamentos apresentaram gráficos de consumo semanal com presença de picos em horários específicos como próximo ao meio-dia, e após as 18 horas, e ainda pela manhã cedo. A maioria deles não apresentava vazamentos, tendo como indício o fato de haver horas em que o consumo registrado era zero, em vários períodos do dia. A Figura 25 mostra o gráfico de consumo semanal do apartamento 206, em que não houve vazamentos registrados.

Figura 25 - Consumo horário de AF do apartamento 206 (semana de 23 a 29/03/25).



Nesse contexto, torna-se particularmente notável que o apartamento 102, onde foi registrado o maior vazamento, contava com apenas um morador durante o período em questão (conforme detalhado na Tabela 3). Tal discrepância é ainda mais evidenciada pela comparação com outras unidades do edifício que, mesmo abrigando até seis moradores, apresentaram volumes de consumo muito menores. Este fato reforça de maneira contundente a indicação de uma substancial perda de água atribuível ao vazamento, e não ao consumo efetivo dos usuários.

Tabela 3 - Número de moradores por apartamento em abril/2025.

Nº do apartamento	Total de moradores em abril/2025	Nº do apartamento	Total de moradores em abril/2025
101	4	302	6
102	1	303	6
103	4	304	5
104	4	305	6
105	4	306	5
201	6	401	5
202	6	402	5
203	5	403	5
204	4	404	6
205	6	405	5
206	2	406	6
301	4	TOTAL	110

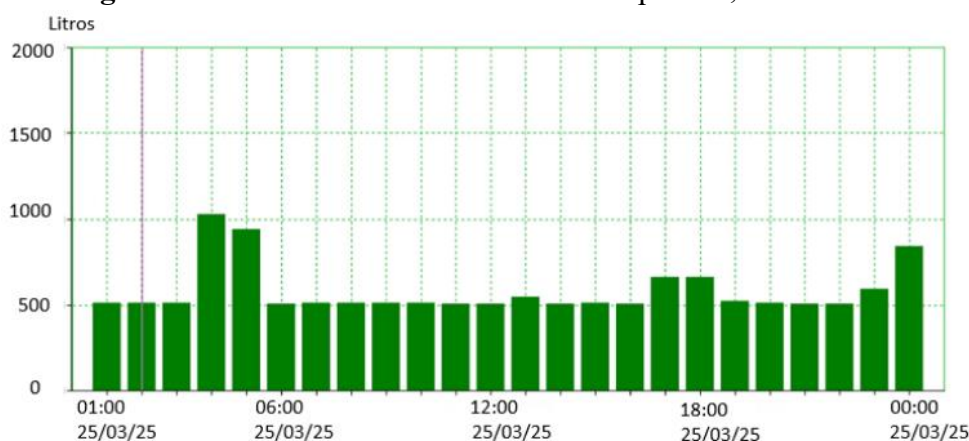
Fonte: A autoria própria (2025).

A análise do consumo de água em um nível preciso, como o horário, é importante para a detecção precisa de anomalias e para a compreensão aprofundada do perfil de uso em edificações. Os gráficos das Figuras 26 e 27 ilustram essa capacidade de forma contundente, apresentando o Consumo Horário Total de Água Fria (AF) nos apartamentos 102 e 206, respectivamente, em um dia específico (25/03/25). No gráfico referente ao apartamento 102, observa-se um padrão de consumo alto e contínuo: os registros horários nunca se aproximam de zero e consistentemente superam 510 L/h. Tal comportamento é um forte indicativo de um vazamento persistente e de grande proporção, que resulta em perda contínua de água, independentemente da presença ou atividade dos moradores na unidade.

Em contrapartida, o gráfico do apartamento 206 demonstra um perfil de consumo típico. A água é consumida apenas em horários específicos do dia, correspondendo a momentos de uso efetivo pelos moradores, e retorna a zero na maior parte do tempo, indicando a ausência de vazamentos. A capacidade de visualizar o consumo em tempo real e em uma escala tão detalhada, é fundamental para a tomada de decisões. Ela permite

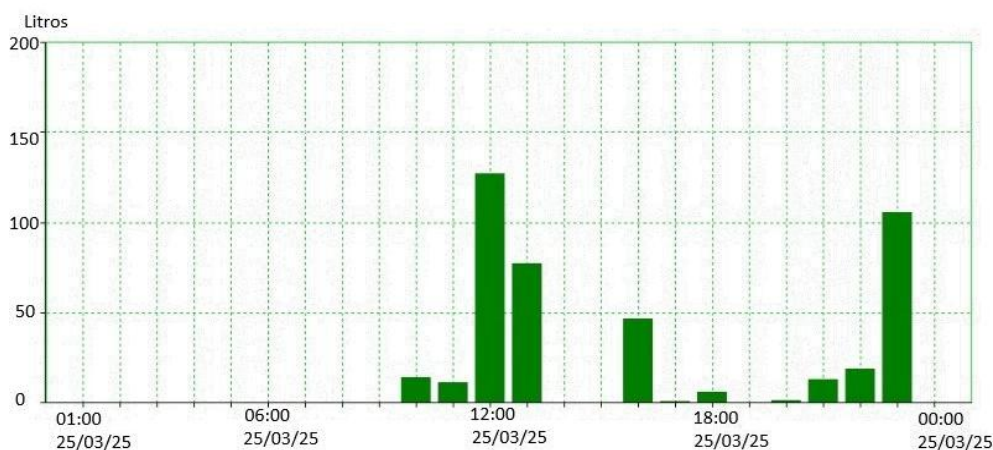
identificar não apenas vazamentos ocultos e de difícil percepção visual, mas também padrões de mau uso do sistema, como torneiras mal fechadas ou descargas com problemas. Essa agilidade na identificação possibilita que as correções e intervenções necessárias sejam realizadas de forma muito mais rápida e eficaz, mitigando desperdícios e otimizando a gestão hídrica do edifício.

Figura 26 - Consumo horário total AF no Aptº 102, dia 25/03/25.



Fonte: Sistema de Telemetria da MUC (2025).

Figura 27 - Consumo horário total AF no Aptº 206, no dia 25/03/25.



Fonte: Sistema de Telemetria da MUC (2025).

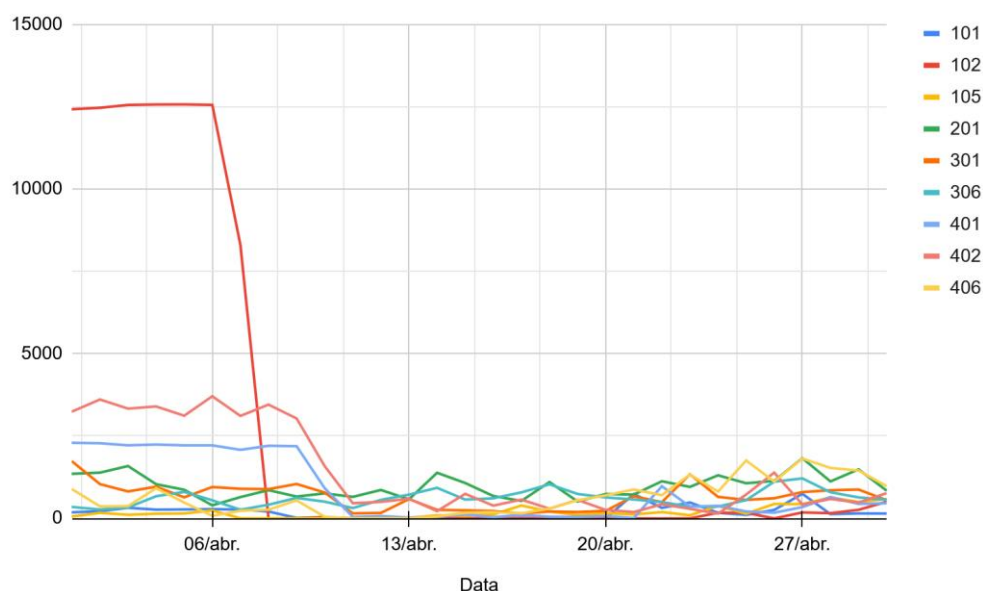
Além do apartamento 102, os apartamentos 401 e 402 também apresentavam um consumo excessivo e contínuo, com consumos horários nunca abaixo de 100 L/h e 140 L/h, respectivamente, sugerindo vazamentos de grandes proporções nos mesmos. Após a análise dos dados colhidos nessa primeira semana de monitoramento remoto, e a verificação da ocorrência desses consumos anormais, a equipe de manutenção da UFCAT

intervenção no dia 10/04/25, incluindo a troca de obturadores de válvulas de descarga em vários apartamentos (101, 102, 206, 301, 302, 401 e 402) e troca de algumas torneiras e anéis de vedação. Anteriormente, em 07/04, o registro do apartamento 102, que tinha o maior vazamento, já havia sido fechado devido à saída do morador de férias, e evitando-se assim desperdícios até que se fizesse a manutenção três dias depois. Como foi comprovado depois, essas manutenções resolveram os desperdícios.

3.6 Monitoramento do consumo e análise dos dados pós-intervenções

O monitoramento após intervenções, em abril e maio, conforme Figura 28, mostra uma expressiva diminuição no consumo dos apartamentos 401 e 402 a partir de 10 de abril, data da manutenção, e no apartamento 102 a partir do dia 07 de abril. Desse gráfico, percebe-se que o apartamento 102 tinha um consumo alto praticamente constante de 12.500 litros diários, e caiu, ficando no patamar dos demais apartamentos. O mesmo ocorreu para o 401 e 402 que apresentavam um consumo contínuo de 2.500 L/dia e 3.500 L/dia, respectivamente, e caíram para cerca de 500 L/dia.

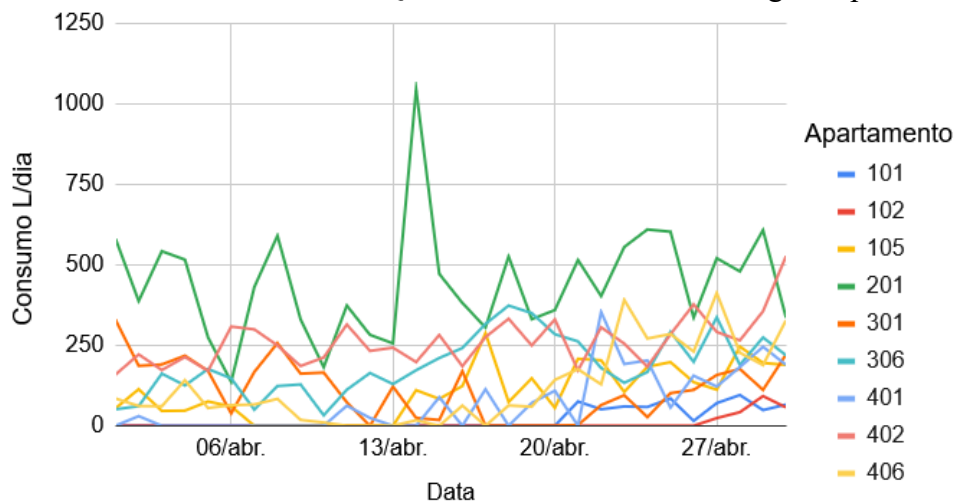
Figura 28 - Consumo diário de AF (L/dia) no mês de abril/2025 em alguns apartamentos.



Fonte: Autoria própria (2025).

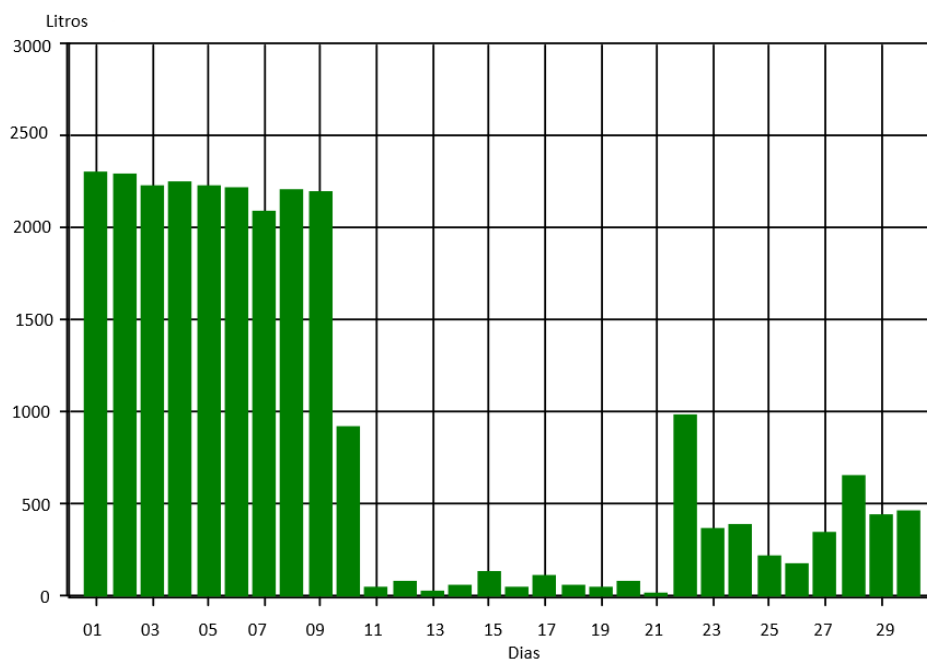
Por meio do monitoramento remoto contínuo, foi possível constatar a ausência de vazamentos expressivos de água quente (AQ) em qualquer uma das unidades habitacionais, um indicativo da integridade do sistema interno de distribuição de AQ dos apartamentos. Conforme ilustrado na Figura 29, o consumo diário de AQ na maioria dos apartamentos manteve-se predominantemente abaixo de 200 L/dia, embora algumas unidades tenham registrado picos ocasionais de até 400 L/dia, o que pode ser associado a hábitos de banho mais prolongados ou à presença de mais usuários. Uma exceção notável a esse padrão foi o apartamento 201, que consistentemente apresentou valores de consumo de AQ superiores, provavelmente devido à sua maior taxa de ocupação, um fator já identificado como impactante no consumo geral de água. Vale destacar que os gráficos da Figura 28 e Figura 29 exibem os dados de apenas alguns apartamentos selecionados dentre os 23 existentes, para facilitar a visualização dos principais resultados.

Adicionalmente, é relevante destacar que as intervenções de manutenção realizadas em 10 de abril, que visavam principalmente sanar vazamentos de água fria em torneiras e válvulas de descarga, não resultaram em alterações perceptíveis no padrão de consumo de água quente, corroborando a ausência de vazamentos expressivos nesse sistema. É fundamental ressaltar que o chuveiro constitui o único ponto de consumo de água quente disponível nos apartamentos. Na distribuição do sistema de água, os pontos de chuveiros eram dotados de dois registros de pressão para controle da mistura de água quente e fria, permitindo o controle conforme preferência de temperatura de banho do usuário, consequentemente influenciando o volume de AQ utilizado a cada banho. Essa característica do sistema pode explicar parte da variabilidade observada no consumo de AQ entre os apartamentos, refletindo as preferências individuais de temperatura e duração do banho.

Figura 29 - Consumo diário de AQ no mês de abril/2025, em alguns apartamentos.

Fonte: Autoria própria (2025).

O recesso acadêmico ocorrido entre 10 a 21 de abril de 2025 e as manutenções realizadas nos SPHS neste período, contribuíram para a diminuição do consumo de água, como visto na Figura 30 para o apartamento 401 em abril. O consumo voltou a aumentar após a data de 22 de abril de 2025, com o início das atividades do calendário escolar e o retorno dos moradores, mas manteve-se notavelmente abaixo dos níveis pré-manutenção, quase sempre abaixo de 500 L/dia.

Figura 30 - Consumo diário de AF do apartamento 401, no mês de abril/2025.

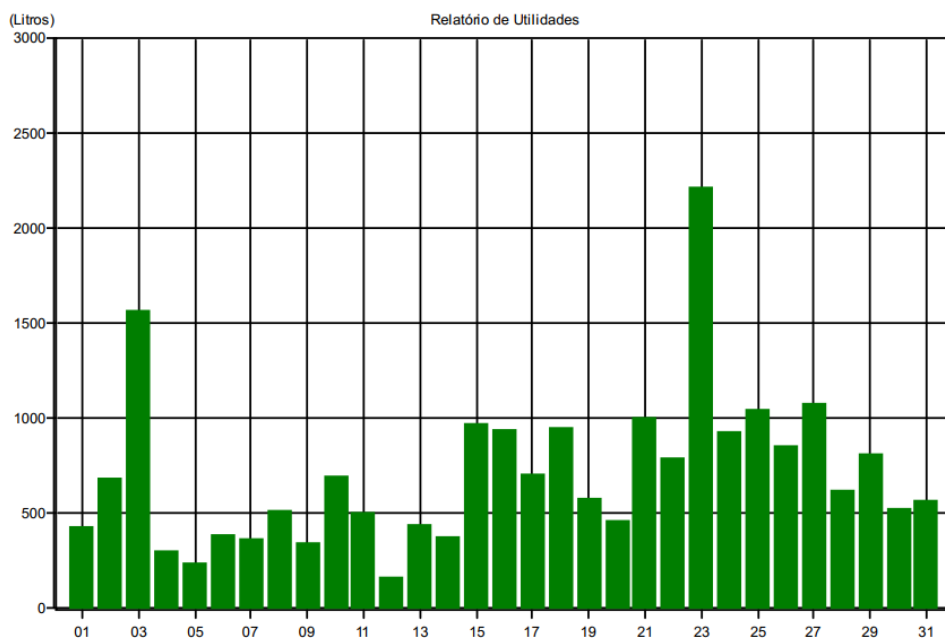
Fonte: Sistema de Telemetria da MUC (2025).

Para confirmar a redução do consumo além do efeito dos recessos, o monitoramento continuou em maio de 2025. O apartamento 102, com o vazamento mais severo, observado e reparado em março de 2025, apresentou uma redução no consumo diário, registrando consumos abaixo de 500L/dia, e em outros abaixo de 1000 L/dia (exceto 03 e 23/05), o que é condizente com o esperado para a edificação, conforme o gráfico da Figura 31.

Os Apartamentos do térreo e 1º pavimento, cujo sistema foi configurado em 22/01/25, possuem dados a partir deste período. Porém, os Aptos do 2º e 3º pavimentos, cujo armazenador “Smart Gate X” só foi configurado em 19/03, só possuem dados a partir desta data. Pode-se perceber no gráfico de consumo mensal (Figura 32) que o vazamento observado no perfil de consumo de água fria do apartamento 102, começou no mês de março, e foi resolvido em abril, quando voltou ao normal.

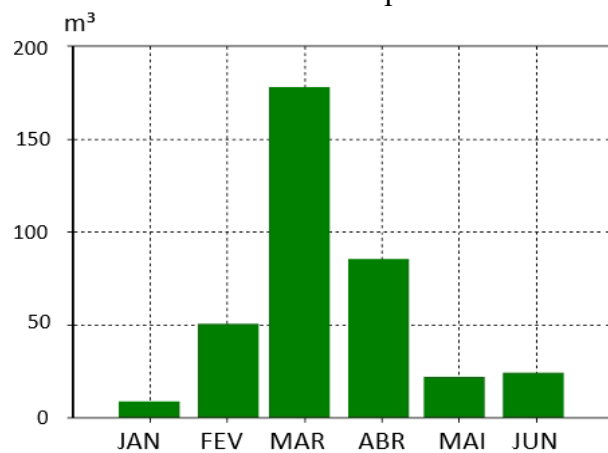
Ao observar no Software de monitoramento os consumos diários do 102 em março, constatou-se que o vazamento começou precisamente no dia 15 de março, com cerca de 100 L/h, e evoluiu até atingir mais de 500L/h no dia 22/03, permanecendo nesse patamar. Como consequência, o mês de março apresentou um altíssimo consumo de 175 m³ nesse único apartamento. Após intervenção, em 10/04/25, com correção de vazamentos observados na válvula de descarga e torneiras do banheiro, o consumo mensal do apartamento voltou ao normal (menos de 20 m³), inclusive em nível menor que antes dos vazamentos, como pode ser observado no mês de maio.

Figura 31 - Consumo diário de AF do apartamento 102, no mês de maio/2025.



Fonte: Sistema de Telemetria da MUC (2025).

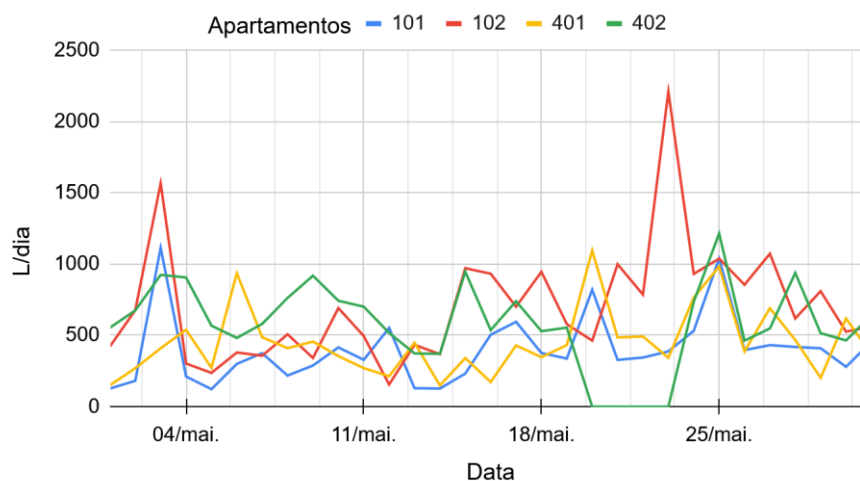
Figura 32 - Consumo mensal de AF do apartamento 102 em 2025 (m³).



Fonte: Sistema de Telemetria da MUC (2025).

Além do apartamento 102, os apartamentos 401 e 402, que anteriormente registravam alto consumo, apresentaram na maioria dos dias de maio consumos entre 500 L/dia e 1.000 L/dia, como visto na Figura 33. Considerando que os apartamentos 401 e 402 têm cinco moradores, o consumo per capita dessas unidades ficou entre 100 e 200 L/hab.dia em maio.

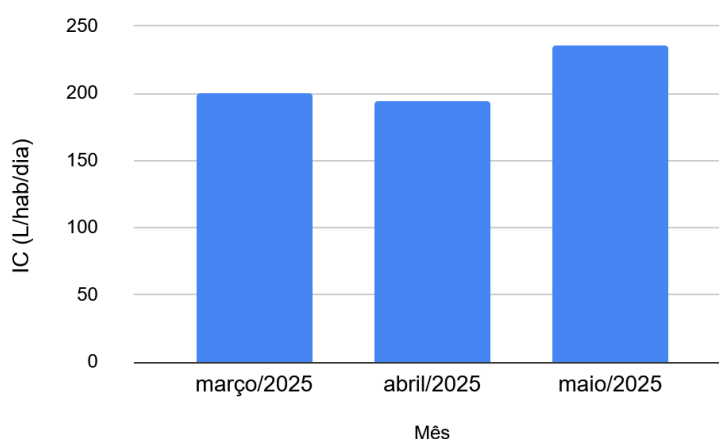
Figura 33 - Consumo diário de AF (L/dia), apartamentos críticos - maio/2025.



Fonte: Autoria própria (2025).

Os resultados de consumo de água da MUC superaram o consumo médio de Goiás em 2023 (138,3 L/hab.dia, SNIS, 2023); por exemplo, o vazamento de 140 L/h no apartamento 402 desperdiçava 3360 L/dia, mais de 24 vezes a média estadual. Após reparos, o consumo desses apartamentos se alinhou aos padrões esperados. Com os dados de consumo e a população de cada apartamento no período, foram calculados os índices de consumo (IC) para cada apartamento no período monitorado, conforme a Tabela 4. O IC também foi calculado para o prédio em geral, vide o gráfico da Figura 34.

Figura 34 - IC do prédio no período monitorado por telemetria (L/hab/dia).



Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 4 - Índice de consumo dos apartamentos no período monitorado por telemetria.

Nº do apartamento	IC (março/2025) (L/hab/dia)	IC (abril/2025) (L/hab/dia)	IC (maio/2025) (L/hab/dia)
101	132,00	49,50	120,28
102	5948,77	2837,30	249,76
103	154,30	84,31	228,68
104	188,92	41,47	164,05
105	204,32	71,30	397,76
201	180,08	235,98	245,85
202	110,90	268,29	337,97
203	228,11	120,82	174,14
204	133,82	120,72	248,29
205	178,67	65,98	143,96
206	430,13	289,94	709,81
301	250,95	191,38	241,60
302	218,69	167,98	256,95
303	183,53	60,42	218,18
304	246,79	451,66	246,05
305	318,56	307,75	338,67
306	220,25	159,92	250,17
401	510,12	184,76	126,33
402	732,31	329,31	189,96
403	194,08	162,24	278,73
404	201,13	199,71	254,88
405	21,48	16,80	28,84
406	187,78	123,83	223,07

Fonte: Autoria própria (2025).

A análise detalhada dos padrões de consumo de água e energia na Moradia Universitária do Cerrado, aliada às intervenções realizadas e ao monitoramento contínuo, pode fornecer *insights* valiosos para a gestão hídrica e energética em ambientes coletivos, principalmente para esta tipologia construtiva. Os resultados obtidos demonstram que, embora melhorias tenham sido alcançadas na eficiência das instalações e na detecção de perdas, a sustentabilidade do consumo de recursos em edificações como a MUC transcende as questões puramente técnicas.

O engajamento dos moradores e a conscientização sobre o uso racional da água e da energia emergem, portanto, como componentes críticos para a manutenção e o aprimoramento contínuo dos benefícios alcançados. Desafios incluem manutenção de equipamentos e educação dos moradores, já que a cultura de consumo é um fator

significativo (COSTA ET AL., 2024). Programas como o PURA da USP (SILVA, 2004) destacam a importância de envolver a comunidade universitária na gestão hídrica. O Quadro 1 apresenta um resumo consolidado dos principais resultados obtidos nesta etapa, oferecendo uma visão organizada dos dados que foram discutidos ao longo desta seção.

Quadro 1 - Resumo dos principais vazamentos e consumos analisados.

Apartamento	Vazamento Detectado (L/h)	Consumo Diário (L/d) - Pré-intervenção	Consumo Diário (L/d) - Pós-intervenção	Notas Adicionais
101	10	Geralmente < 500 L/d	Geralmente < 500 L/d	Pequeno vazamento detectado e sanado com as intervenções. Não alterou sensivelmente o consumo mensal
102	510	Estimado em 12.240 L/dia (510 L/h x 24h)	500 a 1.000	Maior vazamento. Consumo normalizado após intervenção
206	Não observável (0)	Entre 600 e 1.000L/d	Na maioria dos dias < 500 L. Porém, alguns dias > 1.000 L	Consumos tinham horários bem definidos durante os dias. Sem vazamentos observáveis.
401	100	Estimado em > 2.400 L/dia (100 L/h x 24h)	500 a 1.000	Consumo horário nunca abaixo de 100 L/h antes da intervenção
402	140	3.360	500 a 1.000	Vazamento de 140 L/h antes da intervenção.

Fonte: Autoria própria (2025).

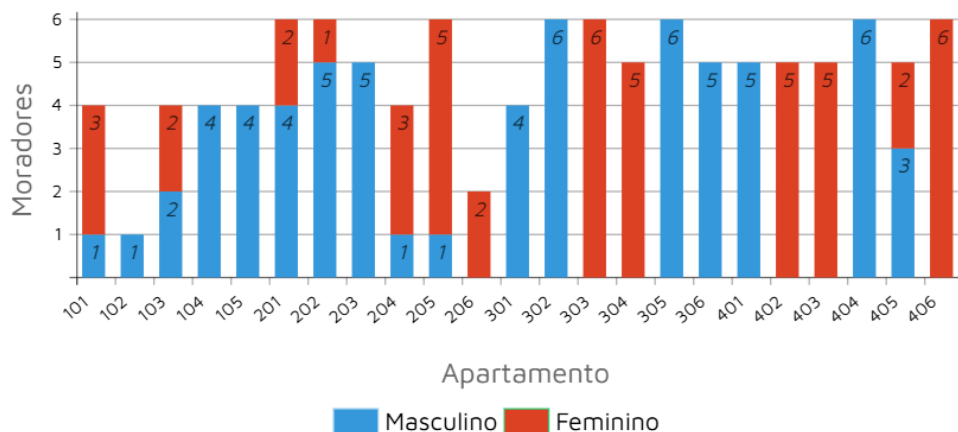
3.7 Aplicação de APO e análise de fatores sociodemográficos

Quanto à participação, foram entrevistados 21 moradores, distribuídos em diferentes apartamentos, sendo que alguns apartamentos tiveram dois entrevistados (203,204,303,404), outros apartamentos tiveram um entrevistado cada (102,103,105,201,205,301,304,401,402,405), e o apartamento 406 teve três entrevistados na pesquisa. Os oito demais apartamentos não tiveram participantes. É importante ressaltar que, devido à natureza voluntária da participação na pesquisa, o número de respondentes representou uma fração reduzida do total de aproximadamente 110 pessoas que residiam no prédio no período do estudo.

A pesquisa revelou que o perfil sociodemográfico predominante na MUC é de jovens adultos, com 66,7% dos entrevistados situando-se na faixa etária entre 21 e 30 anos. Quanto ao gênero, verificou-se uma leve predominância masculina (52,4%) entre os participantes. A Figura 35 detalha o quantitativo geral de moradores por apartamento

e por gênero, mostrando uma diversidade na ocupação que inclui apartamentos mistos, e apartamentos com ocupação exclusivamente feminina ou masculina.

Figura 35 - Moradores por apartamento, divididos por gênero - abril/2025.

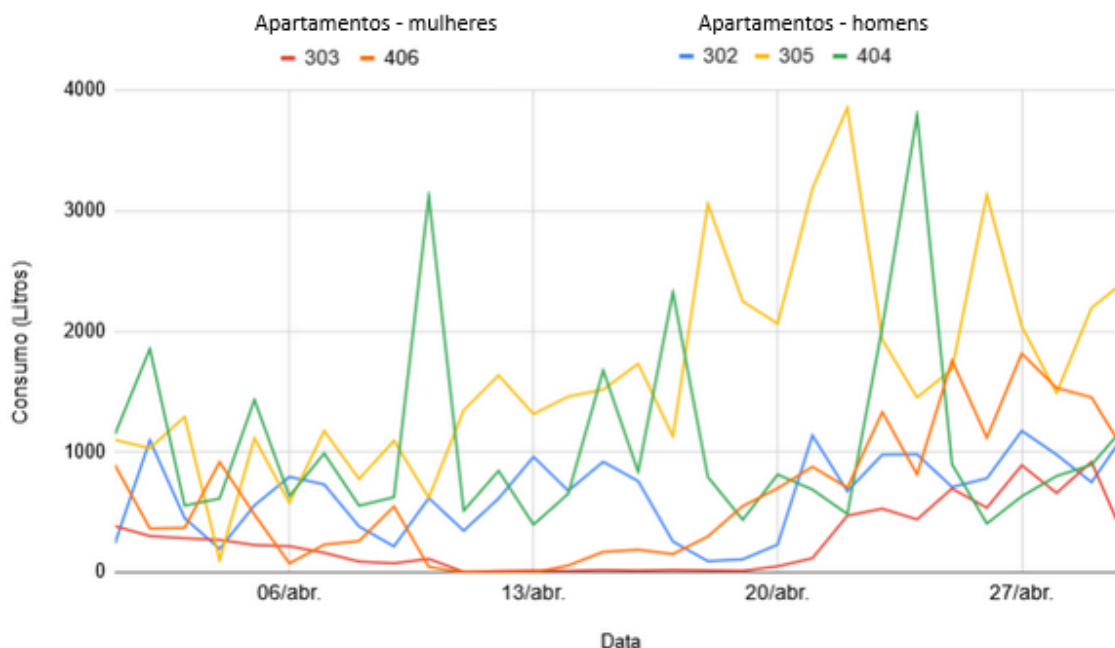


Fonte: Autoria própria (2025).

O estudo observou que havia apartamentos com ocupação exclusivamente por indivíduos do gênero masculino ou feminino, e apartamentos mistos. Adicionalmente, a capacidade dos apartamentos da MUC varia, sendo que as unidades do pavimento térreo são projetadas para 4 pessoas, enquanto as dos demais andares comportam 6 moradores.

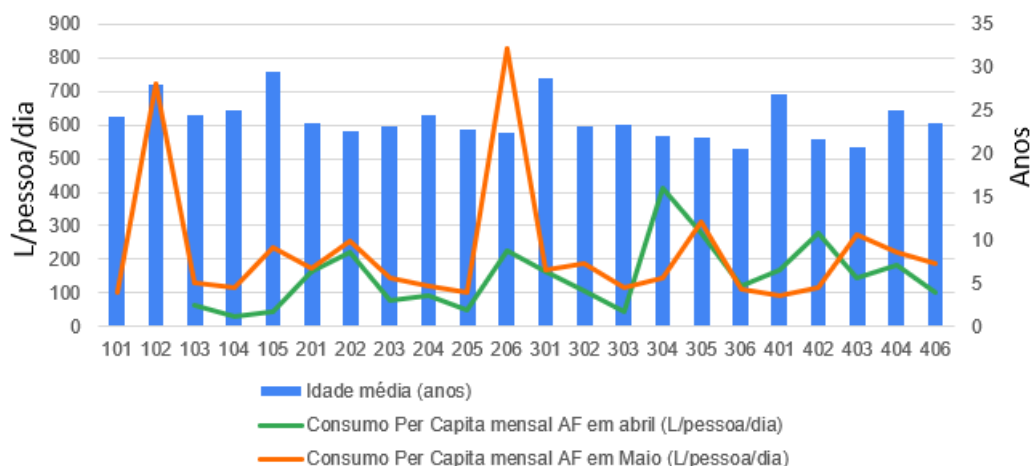
Uma análise comparativa do consumo em abril identificou que apartamentos ocupados exclusivamente por mulheres (303 e 406, em vermelho e laranja no gráfico, respectivamente) apresentaram consumo de água substancialmente menor do que aqueles ocupados exclusivamente por homens (302, 305 e 404) na maioria dos dias de abril, conforme detalhado na Figura 36. Não foram investigadas as possíveis causas desses resultados, mas os mesmos podem ser fruto de comportamentos pessoais dos moradores ou de hábitos como o de viajar com mais frequência para as casas de familiares nos finais de semana, por exemplo (as mulheres viajavam mais para passar feriados na casa dos familiares). Em relação à escolaridade, este não é um fator determinante para o consumo hídrico, uma vez que a maioria dos moradores possui grau de instrução similar, com 85,7% cursando ensino superior e 14,3% cursando pós-graduação na MUC (dado este obtido através de consulta à administração do edifício).

Figura 36 - Consumo total em abril (2025), entre apartamentos ocupados exclusivamente por homens e exclusivamente por mulheres.



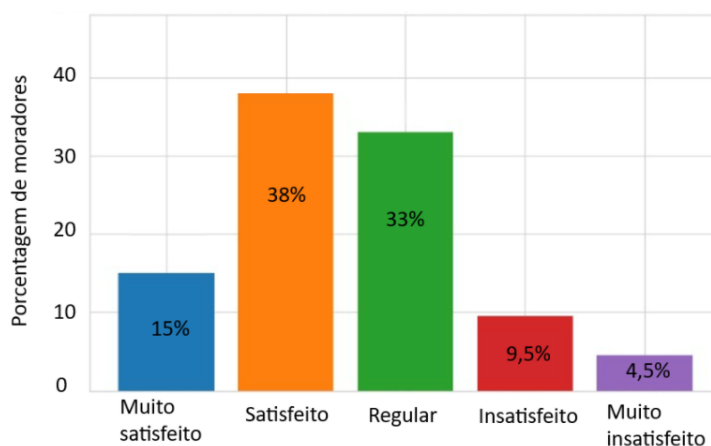
Fonte: Autoria própria (2025).

No que concerne à relação entre a idade média dos moradores e o consumo per capita, a Figura 37 apresenta a idade média dos moradores de cada apartamento e o consumo per capita mensal de água fria (AF) para abril e maio. As idades médias dos moradores variaram de 20 a mais de 29 anos entre as unidades. Nele não se percebe uma relação aparente entre o nível de consumo e a idade dos ocupantes. Salienta-se que o apartamento 102 apresentou um consumo de 2.830,17 L/pessoa/dia em abril, o qual foi omitido no gráfico para facilitar a visualização dos outros dados, devido à diferença de escala e proporção, por ser muito superior aos demais. Cabe ressaltar que as observações feitas em relação à influência de fatores como o gênero e a idade no consumo de água tem apenas caráter de análise inicial, sendo necessário mais dados, por um maior período, para se obter conclusões mais robustas através de análises estatísticas. Além disso, ressaltamos que um fato que adiciona uma complexidade extra para se realizar uma análise estatística mais aprofundada é a frequente mudança de apartamento entre os moradores, e a entrada e saída de ocupantes ao longo do período de análise.

Figura 37 - Consumo per capita diário em abril e maio (2025), e idade dos moradores.

Fonte: Autoria própria (2025).

A satisfação dos moradores com os elementos do sistema hidrossanitário também foi avaliada. A satisfação com a pressão da água, apresentada na Figura 38, revelou que 38% dos moradores estão satisfeitos, enquanto 33% a consideram regular. Contudo, uma pequena parcela de 9,5% se declarou insatisfeita e 4,5% muito insatisfeita, o que pode estar associado à distribuição desigual de pressão entre os apartamentos, especialmente nos andares superiores. Este fator físico pode impactar diretamente o comportamento de consumo, induzindo a banhos mais longos ou tentativas de reuso da água.

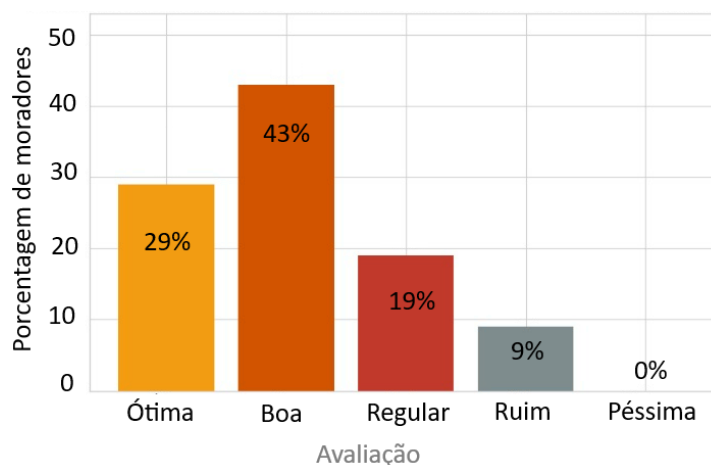
Figura 38 - Satisfação dos moradores em relação à pressão da água no apartamento.

Fonte: Autoria própria (2025).

Em contraste, a pesquisa de satisfação com o sistema de aquecimento de água demonstrou uma aprovação expressiva, com 76% dos residentes satisfeitos (combinando

"Muito Satisfeito" e "Satisfeito"), e apenas 5% insatisfeitos. A qualidade geral das instalações hidráulicas de banheiros e cozinhas foi avaliada como boa ou ótima pela maioria dos entrevistados (29% ótima, 43% boa), com apenas 19% considerando-a regular e 9% ruim, conforme ilustrado na Figura 39.

Figura 39 - Satisfação em relação à qualidade das instalações hidráulicas de banheiros e cozinhas.



Fonte: Autoria própria (2025).

A situação anterior de moradia dos residentes também pode influenciar o volume de água utilizado. Os dados do questionário indicaram que a maioria dos moradores provinha de moradias alugadas (71,4%), seguidos por moradias rurais (19,0%) e imóveis próprios (9,5%). Moradores de aluguéis com medição coletiva ou tarifa fixa tendem a ter menor consciência do custo e do volume de água consumido individualmente, um hábito que pode persistir na MUC, onde a água é subsidiada. Já moradores de origem rural podem apresentar hábitos de consumo tanto mais elevados (se acostumados com abundância) quanto mais econômicos (se acostumados com escassez). Por outro lado, aqueles de imóveis próprios geralmente pagam diretamente suas contas, incentivando hábitos de economia.

Por fim, este estudo, embora forneça *insights* sobre a gestão hídrica na MUC por meio da telemetria e da APO, possui limitações importantes. A heterogeneidade e a rotatividade dos moradores dificultam a padronização do consumo. Além disso, eventos como recessos acadêmicos alteram drasticamente o consumo, podendo mascarar o real impacto de intervenções. Além disso, o período de realização das medições por telemetria foi curto para que se pudesse obter correlações entre o consumo de água e fatores como

idade e gênero dos moradores. Tais aspectos evidenciam a complexidade da gestão hídrica em moradias universitárias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa propôs uma análise multifacetada do consumo de água na Moradia Universitária do Cerrado (MUC), integrando dados de Avaliação Pós-Ocupação (APO) com dados detalhados de telemetria, assim como implementou intervenções físicas nos sistemas prediais de AQ e AF e analisou suas consequências para a economia de água no prédio. A sinergia entre as metodologias permitiu não apenas a quantificação precisa do consumo, mas também a identificação de padrões de uso e a detecção de anomalias.

Um dos resultados mais impactantes foi a capacidade do sistema de telemetria em identificar e possibilitar a correção de vazamentos relevantes. Vazamentos expressivos foram detectados em unidades como o apartamento 102 (com consumo contínuo acima de 510 L/h), 401 (acima de 100 L/h) e 402 (acima de 140 L/h), além de um pequeno vazamento no apartamento 101 (aproximadamente 10 L/h). As intervenções de manutenção realizadas pela equipe da UFCAT, incluindo a substituição de obturadores de válvulas de descarga e torneiras em várias unidades, resultaram em uma drástica redução do consumo. O monitoramento pós-intervenções, demonstrou uma expressiva diminuição no consumo dos apartamentos 102 (78% de redução de abril para maio), 401 e 402 (65% de redução no 402), comprovando a eficácia direta das ações corretivas na mitigação de perdas hídricas.

Em relação aos sistemas prediais de água quente, foram realizadas adequações no sistema de aquecimento solar de água, como a introdução de uma bomba para recirculação da água entre os coletores solares e o boiler, mudança do tipo de tubulações para a água quente, instalação de válvulas ventosas e troca da resistência do sistema de aquecimento complementar. Essas adequações contribuíram com a diminuição do tempo para aquecimento da água nos chuveiros e, conseqüentemente, com a diminuição do consumo de água quente e aumento da eficiência do sistema, como visto no artigo presente no Apêndice A.

Quanto aos fatores sociodemográficos influenciadores do consumo, confirmou-se que o número de moradores por apartamento tem uma influência direta no consumo total de água da unidade. Apartamentos com maior capacidade de ocupação (6 pessoas nos andares superiores, comparado a 4 no térreo) tendem a apresentar volumes totais maiores.

Adicionalmente, a análise comparativa de consumo entre apartamentos exclusivamente masculinos e exclusivamente femininos, sugeriu que o gênero dos moradores pode influenciar o uso da água, com unidades ocupadas apenas por mulheres apresentando, em geral, um consumo substancialmente menor em comparação com aquelas ocupadas apenas por homens. Por outro lado, a idade média dos moradores não demonstrou ser um fator determinante no consumo de água per capita.

A pesquisa de satisfação, parte integrante da APO, indicou que a satisfação com o sistema de aquecimento de água se mostrou alta (76% de satisfeitos), a pressão da água ainda gera insatisfação em uma parcela considerável dos moradores (14% de insatisfeitos). A desigualdade na pressão, especialmente em andares superiores, pode influenciar o comportamento de consumo, induzindo a banhos mais longos ou tentativas de reuso da água para compensar limitações. A qualidade geral das instalações hidráulicas foi avaliada majoritariamente como boa ou ótima (29% ótima, 43% boa), com apenas 9% classificando-a como ruim.

Para uma gestão hídrica ainda mais eficiente e sustentável, recomenda-se a continuidade do monitoramento remoto, a implementação de rotinas de manutenção preventiva e o desenvolvimento de campanhas direcionadas aos moradores. A economia pode ser alcançada principalmente em duas frentes: redução das perdas físicas e conscientização dos moradores e usuários. Para a redução de perdas, podem ser adotados o controle da pressão e vazão no sistema (prevenindo vazamentos) e a adequação dos componentes hidráulicos. Outras medidas possíveis são a instalação de equipamentos economizadores, como torneiras com temporizador ou arejador e chuveiros com restritores de vazão. Além disso, é importante que haja campanhas de conscientização entre os moradores. Outra proposta seria a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, que pode ser utilizado na limpeza das áreas comuns e outras atividades que não exijam água potável. O monitoramento diário continuará ajudando na identificação de possíveis vazamentos e desperdícios, permitindo uma manutenção eficiente.

É importante reconhecer que esta pesquisa possui algumas limitações importantes, que podem influenciar a interpretação dos resultados e a generalização das conclusões. Primeiramente, a heterogeneidade dos moradores da MUC, com diferentes idades, sexos e hábitos de consumo, dificulta a identificação de padrões claros de consumo de água e a avaliação precisa do impacto das intervenções. A ausência de separação por perfil de morador nos apartamentos e a rotatividade dos moradores entre unidades ao longo do

período de estudo podem introduzir variáveis adicionais que afetam a análise dos dados. Todos esses fatores dificultam uma análise mais específica, como a análise da influência das faixas etárias e do sexo dos moradores no perfil de consumo. Ainda, os recessos acadêmicos alteram drasticamente o consumo, podendo mascarar o real impacto das intervenções. Além disso, o período de coleta de dados, embora abrangente, pode não ser suficiente para capturar todas as nuances do consumo de água ao longo do período estudado, especialmente considerando eventos específicos que podem influenciar o uso da água.

Por fim, a pesquisa se concentrou em uma única moradia universitária, o que limita a generalização dos resultados para outros contextos. Cada edificação possui características específicas, como o número de moradores, o tipo de sistemas prediais e os hábitos de consumo da população, que podem influenciar o desempenho das intervenções propostas. Apesar dessas limitações, a presente pesquisa visou oferecer contribuições para a compreensão do consumo de água em moradias universitárias e para o desenvolvimento de estratégias eficazes de gestão hídrica nesse contexto, uma vez que é escassa a bibliografia referente a gestão hídrica no contexto dessa tipologia de edifício. Os resultados obtidos podem servir como base para futuras pesquisas aprofundadas, e para a implementação de ações que promovam o uso racional da água em outras edificações similares.

Propostas de trabalhos futuros

Os resultados desta pesquisa, que evidenciam a eficácia do sistema de telemetria e das intervenções físicas na gestão e redução do consumo de água na Moradia Universitária do Cerrado (MUC), pavimentam o caminho para diversas frentes de trabalho futuro. Essas propostas visam não apenas consolidar os ganhos obtidos, mas também expandir o impacto das ações de gestão hídrica para uma sustentabilidade ainda maior, tanto no âmbito acadêmico quanto prático.

Uma das propostas mais diretas para o futuro é a implantação de planos de manutenção e monitoramento contínuos. Baseado na capacidade da telemetria de identificar anomalias em tempo real (vazamentos, desperdícios e inconformidades), um plano de manutenção preditiva e preventiva deve ser sistematicamente implementado. Isso implica na criação de rotinas de inspeções periódicas, com foco nos pontos críticos e nos equipamentos que apresentaram maior consumo ou falhas durante o estudo. O

monitoramento constante permitirá disparar alertas para intervenções rápidas e eficazes, assegurando que os benefícios da economia de água sejam mantidos e a vida útil dos sistemas SPAF e SPAQ seja prolongada.

Adicionalmente, considerando a influência do comportamento dos moradores no consumo de água, a criação e implementação de programas de conscientização e educação ambiental se mostra fundamental. Embora esta pesquisa tenha proposto estratégias nesse sentido, a execução e avaliação de sua eficácia em um contexto de longo prazo é um campo promissor. Entre as ações a serem desenvolvidas, destacam-se:

- **Divulgação Transparente dos Resultados de Consumo:** A implementação de um sistema de informação acessível aos moradores, como a divulgação mensal do consumo de cada apartamento ou setor em murais físicos estrategicamente localizados no prédio e em plataformas digitais (como um site ou aplicativo da moradia), pode estimular a competitividade saudável e a responsabilidade individual. Essa transparência, acompanhada de comparativos de desempenho e metas de economia, fomenta a conscientização e o engajamento.
- **Realização de Gamificação para o Uso Racional da Água:** a gamificação, em particular, oferece um vasto potencial para transformar a economia de água em uma atividade lúdica e motivadora. Um trabalho futuro poderia desenvolver e implementar um aplicativo ou plataforma online dedicada, onde os estudantes acumulassem pontos por atingir metas de redução de consumo, completassem desafios semanais (Por exemplo, "Banho Ecológico", "Detetive de Vazamentos"), e participassem de "ligas" entre apartamentos ou pavimentos. O sistema poderia incluir elementos de reconhecimento (badges, troféus virtuais), classificações (leaderboards) e recompensas tangíveis atreladas aos pontos e conquistas, como vouchers para alimentação no campus, ingressos para eventos universitários, ou até melhorias no ambiente da própria moradia. A gestão da água por gamificação refere-se à aplicação de elementos de jogos, como pontuação, recompensas e desafios, para incentivar os moradores a reduzirem o consumo de água. A gamificação na gestão da água consiste em aplicar elementos e dinâmicas de jogos — como pontuação, recompensas e desafios — a contextos não-lúdicos, com o objetivo de motivar os moradores a reduzir o consumo. Essa metodologia busca transformar a economia de água em uma atividade mais interativa e engajadora, promovendo mudanças comportamentais conscientes (Farina e Zapata, 2019). Suas ferramentas incluem recompensas, competição ou colaboração, feedback em tempo real, objetivos claros e progressão. Em

moradias estudantis, pode ser implementada através de medidores individuais, aplicativos ou painéis digitais para visualização do consumo, estabelecimento de metas semanais ou mensais, atribuição de pontos e oferta de prêmios por desempenho, visando um ambiente interativo e competitivo para o uso racional da água.

- Palestras e Oficinas Interativas: Complementarmente às iniciativas digitais, a realização de palestras periódicas e oficinas interativas sobre a importância da conservação hídrica, técnicas de uso racional da água, e o impacto do consumo excessivo no meio ambiente e nas finanças da universidade, pode reforçar a conscientização e capacitar os moradores com conhecimentos práticos.

Outros trabalhos futuros poderiam incluir a expansão do estudo para outras moradias universitárias ou edificações de uso coletivo, permitindo uma análise comparativa em diferentes contextos e a validação das metodologias propostas. O aprofundamento da pesquisa na correlação entre os fatores sociodemográficos obtidos pela APO e os perfis de consumo, com o uso de análises estatísticas mais avançadas, também seria de grande valor. Adicionalmente, a investigação do custo-benefício de longo prazo das intervenções e programas propostos, bem como a avaliação da viabilidade da implementação de tecnologias complementares, como sistemas de reuso de água cinza para fins não potáveis, representam áreas promissoras para futuras pesquisas e projetos de sustentabilidade hídrica.

REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. 1. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2011.
- ALTOÉ, L.; OLIVEIRA FILHO, D.; CARLO, J. C. Análise energética de sistemas solares térmicos para diferentes demandas de água em uma residência unifamiliar. **Ambiente Construído**, [S. l.], vol. 12, n. 3, p. 75–87, 2012.
- ANA; FIESP; SINDUSCON-SP. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br>. Acesso em: 15 mai. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES. **Panorama da Água no Brasil**. [S. l.]: ABES, 2018. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2018/04/Panorama-da-Agua-noBrasil-ABES.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13713: Instalações hidráulicas prediais - Aparelhos automáticos acionados mecanicamente e com ciclo de fechamento automático - Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-6: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 6: Sistemas hidrossanitários**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- AZEVEDO NETTO, J. M. de et al. **Manual de Hidráulica**. 8ª ed. Atualizada. São Paulo: Editora Edgard Blücher. 1998.
- BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 23-40, abr./jun. 2008.
- BENTO, L. A.; GONÇALVES, R. C. M.; MORAIS, L. S. R.; PAULA, H. M. Moradia estudantil do cerrado (MUC) e os critérios de sustentabilidade conforme certificação Selo Azul. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS**, 2., 2021. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. DOI: 10.46421/sispred.v2i.1224. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sispred/article/view/1224>. Acesso em: 30 jul. 2024.
- BRASIL**. Lei n.º 10.257, de 10 de julho de 2001. Regula o desenvolvimento urbano no Brasil e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 11 jul. 2001.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 03 ago. 2010.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgotos 2022.** Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel/ab>. Acesso em: 01 set. 2024.

BOEGER, L. **Consumo de água em quitinetes e salas comerciais: uma análise da ocupação e dos usos finais de água em edifícios do Comércio Local Norte, Brasília-DF.** 2022. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Brasília, 2022.

BRUNDTLAND, G.H. **Nosso futuro comum: Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento.** 2a. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.

CARRETERO-AYUSO, M. J.; MORENO-CANSADO, A.; GARCÍA-SANZ-CALCEDO, J. Occurrence of faults in water installations of residential buildings: an analysis based on user complaints. **Journal of Building Engineering**, v. 27, 2020. Disponível em: . Acesso em: 08 abr. 2024.

CARVALHO, M. T. M.; SPOSTO, R. M. **Metodologia para a avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto.** 2009. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

COMINATO, C.; SBORZ, J.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Percepção dos usuários de sistema de aquecimento solar de água em habitações de interesse social. **Paranoá**, [S. l.], v. 16, n. 34, p. 1–20, 2023. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.24. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/47779>. Acesso em: 1 ago. 2024.

COSTA, S.; MEIRELES, I.; SOUSA, V. Understanding residential water demand: insights from a survey in a Mediterranean city. **Urban Water Journal**, v. 21, n. 4, p. 521-537, 2024.

DALMÔNICA, A.H. **Análise de fatores influenciadores do consumo de água em Uberlândia: o caso do setor sul.** 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14201/1/AnaliseFatoresInfluenciadores.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2023.

ELETROBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso: ano-base 2019, classe residencial. **Relatório Brasil.** Rio de Janeiro, 2019.

ESTENDER, A. PITTA, T. T. M. O Conceito do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Terceiro Setor**, v.2, n. 1, 2008. Disponível em: <http://revistas.ung.br/index.php/3setor/article/viewFile/399/484>>. Acesso em: 17 de julho de 2024.

FARINA, H.; ZAPATA, F. Gestão da água por gamificação para condomínios residenciais. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS**, 1., 2019. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. DOI: 10.46421/sispred.v1i.1604. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sispred/article/view/1604>. Acesso em: 21 ago. 2024.

GANISEN, S.; NESAN, L. J.; MOHAMMAD, I. S.; MOHAMMED, A. H.; KANNIYAPAN, G. Facility management variables that influence sustainability of building facilities. *Jurnal Teknologi*, [S. l.], v. 75, n. 10, 2015. DOI: 10.11113/jt.v75.5270. Disponível em: <https://journals.utm.my/jurnalteknologi/article/view/5270>. Acesso em: 24 aug. 2024.

GOMES, V. L. **Uso eficiente de água em campus universitário: o caso da Universidade Federal de Campina Grande**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. 1 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

HOLANDA, M.A.A.G. **Medição individualizada em edifícios residenciais: controle e redução do consumo de água potável**. 2007. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco. Recife, 2007.

HOU, H.; LAI, J. H. K.; EDWARDS, D. Gap theory based post-occupancy evaluation (GTbPOE) of dormitory building performance: A case study and a comparative analysis. *Building and Environment*, v. 185, 2020.

IBRAHIM, O.; FARDOUN, F.; YOUNES, R.; LOUAHLIAGUALOUS, H. *Review of water heating systems: general selection approach based on energy and environmental aspects*. *Building and Environment*, [S.I.], 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.09.006>. Acesso em: 10 set. 2024.

ILHA, M.; OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. Sistemas de medição individualizada de água: como determinar as vazões de projeto para a especificação dos hidrômetros? *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 15, n. 2, p. 177-186, abr./jun. 2010. São Paulo, 2010.

ISHIDA, C. S. F.; OLIVEIRA, L. H.. Escopo para comissionamento de sistemas prediais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais**. Porto Alegre: ANTAC, 2016. p. 4524-4534.

KALBUSCH, A.; GHISI, E. Comparative life-cycle assessment of ordinary and water-saving taps. *Journal of Cleaner Production*, v. 112, p. 4585-4593, 2016.

KIBERT, C.J. **Edificações sustentáveis: projeto, construção e operação**. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2020.

KOUTIVA, I.; GERAKOPOULOU, P.; MAKROPOULOS, C.; VERNARDAKIS, C.. Exploration of domestic water demand attitudes using qualitative and quantitative social

research methods. **Urban Water Journal**. Elsevier, 14(3), 307-314, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/1573062X.2015.1135968>>. Acesso em: 20 jul. 2024.

MENDES, C.F. **Estudo exploratório de programas de uso racional de água em instituições de ensino superior e a pré-implantação no anel viário do Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

NASCIMENTO, E. R.; MORAIS, D. P. F.; LOPES, S. C.. Sustentabilidade na construção civil no Brasil: uma revisão da literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e524111436611-e524111436611, 2022.

NING, Y.; CHEN, J. Improving Residential Satisfaction of University Dormitories through Post-Occupancy Evaluation in China: A Socio-Technical System Approach. **Sustainability**, v. 8, n. 10, p. 1050, 2016.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

OLIVEIRA, L. H. de; GONÇALVES, O. M. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. São Paulo: EPUSP, 1999. 14 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil).

OLIVEIRA, L.A.; MITIDIÉRI FILHO, Cláudio Vicente; MELHADO, Silvio. **Desempenho das edificações: projeto, construção e manutenção**. Rio de Janeiro: LTC, 2023. 144 p.

PEREIRA, B. J. Sustentabilidade: um desafio para a engenharia. **Revista Instituto de Educação Tecnológica**, Brasília, 2016. Disponível em: http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1693. Data de acesso: 19 de fev.2024

REZENDE, O. M. Redutores de vazão proporcionam economia de água. **AECweb**, [S. l.], mar. 2019. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/redutores-de-vazao-proporcionam-economia-de-agua_14778_10_0. Acesso em: 18 abr. 2025.

ROMERO, M. A.; VIANNA, M. S. Procedimentos metodológicos para aplicação de avaliação pós-ocupação em conjuntos habitacionais para a população de baixa renda: do desenho urbano à unidade habitacional. In: **Inserção urbana e avaliação pós-ocupação (APO) da habitação de interesse social**. Tradução. São Paulo: FAU/USP, 2002.

SANGOI, J. M. **Análise comparativa do desempenho de sistemas de aquecimento de água em edificações residenciais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SILVA, G.S. **Programas permanentes de uso racional da água em campi universitários: o Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SILVA, G. S. da; TAMAKI, H. O.; GONÇALVES, O. M. Implementação de programas de uso racional da água em campi universitários. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 49–61, 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3679>. Acesso em: 18 ago. 2024.

SILVA, R. E. R.; PAULA, H. M. Monitoramento do consumo de água em moradia universitária: estudo de caso na UFCAT em Catalão-GO. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS**, Joinville, SC. Anais... Joinville, SC: SISPREDE, 2023.

SINGH, S.A; SHUKLA, A; SHARMA, A. K. Environmental, technical and financial feasibility study of domestic solarwater heating system in India. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, 43, 2021.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 3 Ed. São Paulo, 2006.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). **Redução da demanda de água**, 2013. Disponível em: <http://www.pura.usp.br/resultados/reducao-da-demanda-de-agua/>. Acesso em: 7 nov. 2024.

VEIGA, F.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Drivers of urban water consumption in Brazil: a countrywide, cross-sectional study. **Urban Water Journal**, 2022.

WANG, Z.; YANG, W.; QIU, F.; ZHANG, X.; ZHAO, X. *Solar water heating: From theory, application, marketing and research*. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.I.], v. 41, p. 68–84, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.026>>. Acesso em: 08 set. 2024.

YAMADA, E. S. **Os impactos da medição individualizada do consumo de água em edifícios residenciais multifamiliares**. 2001. 125 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

YAMADA, M. A. F.; OLIVEIRA, L. H.. Comissionamento de sistemas prediais de água quente – requisitos de projeto do proprietário. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 18., 2020. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. DOI: 10.46421/entac.v18i.1260. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1260>. Acesso em: 10 dez. 2024.


ZHANG, T.; ZHU, Q. Z.; HE, W.; PEI, G.; JI, J. Annual performance comparison between solar water heating system and solar photovoltaic/thermal system—a case study in Shanghai city. **International Journal of Low-Carbon Technologies**, v. 12, n. 4, 2017.

APÊNDICE A - ARTIGO


Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: um exemplo de intervenção

Evaluation and enhancement of the hot water system in university housing: an intervention example


Evaluación y mejora del sistema de agua caliente en residencia universitaria: un ejemplo de intervención

Rodrigo Emanuel R. da Silva 

Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Catalão, (GO), Brasil

***Heber Martins de Paula** 

Dados da instituição em três níveis; Dados da instituição em três níveis; Dados da instituição em três níveis. Cidade (SIGLA ESTADO), País.

Yan de Pádua C. Metsavaht 

Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Catalão, (GO), Brasil

* Autor correspondente.

CRedit

Contribuição de autoria: Concepção; Coleta de dados; Desenvolvimento ou desenho de metodologia; Análise; Redação - rascunho original; Redação - revisão e edição: SILVA, Rodrigo; Concepção; Desenvolvimento ou desenho de metodologia; Análise; Supervisão; Visualização; Validação; Redação - revisão e edição: PAULA, Heber; Concepção; Curadoria de Dados; Análise; Visualização; Validação; Redação - revisão e edição: METSAVAHT, Yan.

Conflitos de interesse: Os autores certificam que não há conflito de interesse.

Financiamento: Não possui.

Aprovação de ética: Não se aplica.

Uso de I.A.: Os autores certificam que não houve uso de inteligência artificial na elaboração do trabalho

Editores responsáveis: Daniel Sant'Ana (Editor-Chefe); Ricardo Prado Abreu Reis (Editor Convitado); Andreza Kalbusch (Editor Convitado); Eduarda Santana (Assistente editorial).

SILVA, Rodrigo; PAULA, Heber; METSAVAHT, Yan

Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: Um exemplo de intervenção

Resumo

Sistemas de aquecimento solar de água podem trazer economia, diminuindo impactos ambientais em comparação com fontes convencionais de energia. O objetivo principal do trabalho foi identificar patologias no sistema predial de água quente em uma moradia universitária em Catalão, Goiás, e corrigi-las, avaliando a eficiência antes e após. Durante dezessete meses, foram coletados dados do consumo de água fria, quente, e energia dos apartamentos. Foram identificadas patologias como a falta de recirculação da água, interligação e inclinação inadequadas dos coletores solares, tubulações com grandes deformações, ausência de válvulas de alívio de pressão, e resistência elétrica insuficiente. Na intervenção houve substituição a tubulação de CPVC por tubos de PEX, mudança nas interligações das placas, introdução de bomba hidráulica e válvulas ventosas, e a troca da resistência elétrica. Após as modificações, houve tendência de redução no consumo total de água quente e no índice de consumo (IC). O tempo médio de aquecimento dos chuveiros foi reduzido de 2 minutos para 20 segundos. Além disso, o consumo médio de água quente por morador diminuiu em 23,47%, e o consumo de energia estabilizou-se.

Palavras-chave: Consumo de água, Aquecimento solar, Moradia estudantil, Monitoramento, Uso racional.

Abstract

Solar water heating systems can bring cost savings and reduce environmental impacts compared to conventional energy sources. The main objective of this study was to identify and correct pathologies in the hot water system of a university dormitory in Catalão, Goiás, evaluating its efficiency before and after the interventions. Over seventeen months, data were collected on the consumption of cold water, hot water, and energy from the apartments. Pathologies identified included the lack of water recirculation, inadequate interconnection and inclination of the solar collectors, pipes with significant deformations, absence of pressure relief valves, and insufficient electric resistance. During the intervention, CPVC pipes were replaced with PEX pipes, changes were made to the interconnections of the panels, a hydraulic pump and air release valves were introduced, and the electric resistance was replaced. After the modifications, there was a tendency to reduce total hot water consumption and the consumption index (CI). The average heating time of the showers was reduced from 2 minutes to 20 seconds. Additionally, the average hot water consumption per resident decreased by 23.47%, and energy consumption stabilized.

Key-words: Water Consumption, Solar water heating, Student Housing, Monitoring, Rational Use.

Resumen

Los sistemas de calefacción solar de agua pueden traer ahorros, disminuyendo los impactos ambientales en comparación con las fuentes de energía convencionales. El objetivo principal del trabajo fue identificar patologías en el sistema de agua caliente de un edificio universitario en Catalão, Goiás, y corregirlas, evaluando la eficiencia antes y después. Durante diecisiete meses, se recopiló datos sobre el consumo de agua fría, caliente y energía de los apartamentos. Se identificaron patologías como la falta de recirculación de agua, interconexión e inclinación inadecuadas de los colectores solares, tuberías con grandes deformaciones, ausencia de válvulas de alivio de presión y resistencia eléctrica insuficiente. En la intervención, se sustituyeron las tuberías de CPVC por tubos de PEX, se modificaron las interconexiones de los paneles, se introdujo una bomba hidráulica y válvulas de aire, y se cambió la resistencia eléctrica. Después de las modificaciones, hubo una tendencia a la reducción del consumo total de agua caliente y en el índice de consumo (IC). El tiempo promedio de calentamiento de las duchas se redujo de 2 minutos a 20 segundos. Además, el consumo promedio de agua caliente por residente disminuyó en un 23,47%, y el consumo de energía se estabilizó.

Palabras-clave: Consumo de agua, Calentamiento solar, Vivienda estudiantil, Monitoreo, Uso racional.

1 Introdução

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Saneamento (ABES, 2018), o Brasil é um dos países que mais consomem água no mundo, e cerca de 40% da água tratada é desperdiçada, em grande parte devido a hábitos de consumo inadequados e a perdas no sistema de abastecimento. As instituições de ensino superior possuem uma alta demanda de água nos seus Campi, e dentre suas edificações, as residências estudantis são responsáveis por uma parcela desse volume.

Visando um uso eficiente dos recursos, são necessárias medidas mitigadoras de impactos ambientais gerados durante o ciclo de vida das edificações, trazendo desde a concepção, soluções que minimizem os desperdícios. Além disso, com a crescente preocupação com a administração do orçamento público, é cada vez mais comum a implementação de programas que estimulem práticas de sustentabilidade nas instituições públicas. A Universidade de São Paulo (USP), juntamente com a SABESP, criou o programa de uso racional de água (PURA/USP), que obteve entre 1998 e 2003 uma redução de 36% no consumo de água no Campus da Cidade de São Paulo. Uma das ferramentas adotadas para alcançar essa redução foi o monitoramento dos consumos das edificações, identificando padrões e oportunidades de economia de água (Silva, 2004).

Outro estudo voltado ao planejamento e uso racional de água em instituições públicas fez uma avaliação do consumo de água de um edifício de um campus universitário, identificando potenciais de redução de consumo através de manutenções e adequações, onde para este caso foram substituídos os acabamentos das válvulas de descarga por modelos de duplo acionamento e instalados medidores de consumo com registro de dados, resultando em uma redução de quase 23% da utilização de água neste edifício (Gnoatto et al. 2023).

A crescente preocupação com o impacto das mudanças climáticas em todo o planeta, voltou a sociedade cada vez mais para tecnologias baseadas em energias renováveis. Entre todas as fontes de energia renovável, a energia solar está amplamente disponível em abundância e em quase todas as partes do mundo (Singh et al., 2021).

Tendo em vista que o chuveiro é um equipamento de alto consumo de energia, é importante que se analise bem o tipo de fonte energética que se irá adotar para este equipamento. Entre os tipos mais comuns estão os sistemas elétricos, a gás e os solares, cada um com características específicas que os tornam mais adequados para determinadas situações (Altoé et al., 2012).

Os chuveiros elétricos são constituídos por resistências elétricas que aquecem diretamente a água, sem haver a necessidade de um combustível intermediário. Entre suas vantagens, estão a fácil instalação e manutenção, não necessitando de espaço para armazenamento de combustível. Por outro lado, há um consumo elevado de energia elétrica, sendo este um dos aparelhos que mais consomem energia em uma residência (Eletrobrás, 2019).

Os sistemas de aquecimento de água a gás podem contribuir para amenizar a pressão sobre as fontes primárias, e para reduzir a demanda de energia elétrica particularmente nos horários de pico. Possui maior eficiência energética em comparação com sistemas elétricos, e menor impacto ambiental se o gás utilizado vier de fontes mais limpas, como

SILVA, Rodrigo; PALLA, Heber; METSAVAHT, Yan
Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: Um exemplo de intervenção

o gás natural (Comgas, 2011). Suas desvantagens incluem a necessidade de espaço para armazenamento de gás, a necessidade de ventilação adequada e a dependência da disponibilidade e preço do gás, sujeito a flutuações no mercado.

Uma terceira alternativa são os sistemas de aquecimento solar, cujo principal apelo é o baixo custo operacional após a instalação inicial, além da redução significativa na pegada de carbono, contribuindo para a sustentabilidade ambiental (Singh et al., 2021). Entre as desvantagens, estão o investimento inicial relativamente alto, e a influência das condições climáticas para sua eficiência. Os coletores solares podem ocupar áreas significativas na cobertura das edificações. Isso pode ser um problema para prédios que possuem grande área construída em relação à sua área de cobertura.

Levando em conta os fatores mencionados, uma das alternativas para reduzir o consumo energético nas residências é a substituição do chuveiro elétrico por sistemas com aquecedores solares de água, com backup de resistência elétrica. Para se ter uma ideia, a economia gerada por essa substituição pode gerar uma redução média de 70% no consumo de energia destinado ao aquecimento de água e 36% no consumo total da residência (Altoé et al., 2012). Estima-se que um sistema de aquecimento solar de água com área de coletores de apenas 2,00 m² poderia gerar uma economia de cerca de 1500 kWh de eletricidade por ano (Zhang et al., 2017).

Mesmo tendo uma maior divulgação nos últimos anos, o sistema de aquecimento solar ainda tem uma baixa utilização no país. No Brasil, o aquecimento utilizando chuveiro elétrico está presente em mais de 40% das residências, enquanto que o aquecimento solar está presente em somente 0,96% do total de domicílios, e o aquecimento a gás em 0,51% (Eletrobrás, 2019). É importante salientar que muitas casas não possuem sistemas de aquecimento de água, a maioria destas na região norte e nordeste, o que pode ser justificado pelo clima mais quente.

O Brasil possui altos níveis de irradiação solar ao longo do ano devido à maior parte de seu território estar localizado próximo à Linha do Equador. A exploração do potencial solar brasileiro pode proporcionar benefícios para diferentes setores da sociedade e menores danos ao meio ambiente, comparado às fontes energéticas convencionais (Altoé et al., 2012). Apesar de exigir um maior investimento inicial, esse sistema gera grande economia ao longo da vida útil do imóvel.

Nesse contexto, a Moradia Universitária do Cerrado (MUC) pertencente à Universidade Federal de Catalão (UFCAT) foi objeto de estudo, com foco no sistema predial de água quente. O edifício foi concebido com medidas visando eficiência energética e de consumo de recursos desde a fase de projeto. Uma dessas medidas refere-se aos sistemas prediais de água fria e quente, que contam com sistema de medição individualizado (SMI) para cada apartamento, além de um sistema de aquecimento de água através de placas solares interligadas ao boiler, visando reduzir o consumo de energia. Segundo Gonçalves (2005) a medição individualizada em condomínios, possibilita redução de até 25% no consumo de água. Também está em implantação um sistema de monitoramento remoto, que permitirá acompanhar em tempo real a variação do consumo de água na edificação. A rápida detecção de variações anormais no consumo é importante na identificação precoce de vazamentos, assim como na detecção do uso inadequado das instalações, servindo, portanto, como uma valiosa ferramenta para a gestão.

O sistema de monitoramento implantado para o consumo de água pretende, também, servir de base para a futura elaboração de um plano permanente de uso racional da água

SILVA, Rodrigo; PALLA, Heber; METSAVAHT, Yan
Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: Um exemplo de intervenção

na universidade o qual poderá, conforme Silva (2004), ter como impactos a redução do consumo, mudanças na rotina de manutenção predial e de projetos, e ainda provocar mudanças comportamentais nos usuários.

Vale salientar que, a execução teve início em 2018 antes de entrar em vigor a NBR 5626/2020 (Sistemas prediais de água fria e quente – Projeto, execução, operação e manutenção), porém, os conceitos aplicados determinaram que o projeto das instalações permitisse o monitoramento e controle do consumo, conforme a norma exige. Nesse sentido, o comissionamento dos sistemas prediais foi uma importante ferramenta utilizada pelos gestores durante a fase de planejamento do prédio, visando a melhoria do seu desempenho. De acordo com Yamada e Oliveira (2020), o comissionamento é conceituado como um processo que tem como objetivo garantir e evidenciar o atendimento aos requisitos estabelecidos pelo proprietário do edifício, melhorando o desempenho da edificação, o atendimento às necessidades dos moradores, além de reduzir as possíveis falhas do processo construtivo.

O dimensionamento do sistema de água quente também não levou em conta a última versão da Norma NBR 15569 (Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto — Requisitos de projeto e instalação) de 2020. Esta norma se aplica a sistemas de aquecimento solar (SAS) compostos por coletor(es) solar(es), reservatório(s) termossolar(es) com ou sem sistema de aquecimento auxiliar de água e com circulação de água nos coletores solares, por termossifão ou por circulação forçada (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020). Além de um projeto adequado, respeitando-se os parâmetros normativos e as necessidades do usuário final, a avaliação do correto funcionamento dos sistemas prediais e a manutenção periódica dos mesmos é importante para que se atinja a performance planejada. Segundo Carretero-Ayuso et al. (2020) a detecção precoce e o diagnóstico de falhas são meios importantes para garantir que as instalações de água funcionem de maneira eficiente e para que os edifícios alcancem um desempenho ótimo.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi identificar as patologias no sistema predial de água quente da moradia estudantil e realizar uma intervenção visando sua correção, avaliando a eficiência antes e após as intervenções. Foi realizado ainda um monitoramento do consumo de água quente e água fria dos apartamentos durante dezessete meses, com o intuito de investigar os padrões de consumo antes e após as intervenções realizadas.

2 Metodologia

A pesquisa apresentada neste artigo foi realizada na moradia universitária do Cerrado (MUC) da Universidade Federal de Catalão (UFCAT), localizada na cidade de Catalão, estado de Goiás. O prédio foi escolhido em razão de ser a única moradia do tipo na cidade de Catalão e um dos poucos no interior do estado, por ser um edifício moderno, e pela disponibilidade dos documentos e projetos, assim como a permissão do acesso para realizar o monitoramento do consumo e a participação na intervenção para adequação do sistema de aquecimento. O estudo de campo foi feito durante um período de catorze meses, iniciando em dezembro de 2022 e finalizando em abril de 2024, nas dependências da MUC, onde foram coletados dados do consumo mensal (m^3 /mês) de água fria e água quente e o consumo de energia dos apartamentos, assim como o número de moradores do edifício.

SILVA, Rodrigo; PALLA, Heber; METSAVAHT, Yan
Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: Um exemplo de intervenção

Durante o mês de junho de 2023, houve a necessidade de realizar intervenções no sistema de aquecimento solar, que fornecia uma água com temperatura inferior à esperada, e também um longo tempo para aquecimento da água, após o acionamento dos chuveiros. Após a avaliação in loco da equipe técnica da UFCAT, foram constatados problemas no sistema de aquecimento solar, e providenciada a sua adequação. A partir dos dados obtidos no monitoramento dos hidrômetros, foi possível observar a variação do consumo, antes e após as modificações no sistema, o que serviu como indicador da eficiência do mesmo, e da própria intervenção realizada.

2.1 Características do edifício em estudo

Segundo a gestão da Universidade, o objetivo da MUC (Figura 1) é atender a demanda por moradia de universitários provenientes de outras cidades, facilitando o acesso e a permanência no ensino superior. A obra possui área total de 2.492,26 m², com 23 apartamentos distribuídos em quatro pavimentos. O térreo possui cinco apartamentos, com capacidade para quatro pessoas com deficiência (PcD) em cada. Os outros três pavimentos contam com seis apartamentos cada um, com capacidade para seis pessoas, resultando em uma capacidade total de 128 moradores no edifício. O prédio foi concluído em 2020, mas devido à pandemia da COVID-19, sua ocupação ocorreu apenas em julho de 2022.

O projeto hidráulico contempla um reservatório inferior e reservatório superior de água fria potável, com capacidade total de 20.720 litros. A instalação de água quente conta com um boiler com capacidade para 5.000 litros, associado a um sistema solar de aquecimento com 100 placas solares, que trabalha pelo princípio de recirculação de água (a água circula pela própria ação da gravidade combinada com as variações de temperatura no líquido, não utilizando bomba para essa circulação). O sistema possui um termostato que, nos momentos em que não há energia solar suficiente, ativa o sistema complementar, composto por uma resistência alimentada por energia da rede elétrica convencional.

Figura 1: Fachada da Moradia Universitária do Cerrado (UFCAT).



O edifício conta com sistemas de medição individualizada – SMI do consumo de água fria (AF) e quente (AQ), gás e de energia elétrica para cada apartamento. Esta medida, além de possibilitar o acompanhamento da evolução do consumo predial, incentiva o uso racional e facilita a identificação e localização de possíveis vazamentos. Os hidrômetros possuem

SILVA, Rodrigo; PALLA, Heber; METSAVAHT, Yan
 Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: Um exemplo de intervenção

uma vazão nominal (Q_n) de $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$, vazão mínima ($Q_{\text{mín}}$) de 50 l/h , e pressão nominal (P_n) de 1 MPa .

Durante o período de estudo, o sistema de monitoramento remoto ainda não estava em funcionamento. A partir dos dados da população fixa do edifício e das leituras dos hidrômetros, é possível calcular o indicador de consumo de água. Segundo Oliveira (1999), o período de atividades utilizado no cálculo depende da tipologia do edifício. Para edifícios residenciais, o período considerado deve ser o número total de dias do mês em questão, pois estes estão em atividade permanente (ao contrário de prédios comerciais, que podem ter interrupção das atividades nos finais de semana). Assim, o indicador de consumo (I_c), cuja unidade de medida é litros por habitante por dia ($\text{L/hab} \cdot \text{dia}$) é obtido pela (Equação 1).

Equação 1: Indicador de consumo (I_c).

$$I_c = \frac{\text{Consumo de água no período}}{N^{\circ} \text{ de agentes consumidores} \times \text{Período de atividades}} \quad (1)$$

Desta forma, para o cálculo do indicador de consumo deve-se contar apenas os dias em que houve atividade no edifício, descontando-se os períodos em que esteve desocupado, como os períodos de recessos e férias acadêmicas nas moradias estudantis.

2.2 Descrição do sistema de aquecimento solar do prédio e da intervenção realizada

O sistema de aquecimento solar da MUC apresenta um boiler para armazenamento de água quente, com capacidade para 5.000 litros, construído em aço inox, com isolamento em poliuretano (PU), e revestimento externo em alumínio. O boiler é ligado a um sistema de água quente composto por 100 placas solares interligadas por uma tubulação de CPVC, antes da intervenção. O princípio de circulação da água no sistema era por circulação natural, também chamada de termossifão. Neste tipo de sistema a água circula entre os coletores e o reservatório térmico (boiler) somente pela força criada pelas diferenças de temperatura da água no circuito. A água aquecida fica mais leve (menos densa) e então é empurrada pela água mais fria e mais pesada (que possui maior densidade). Este tipo de sistema é autorregulado e quanto maiores os níveis de radiação solar, mais rápido a água circula através dos coletores solares (PROCOBRE, 2009).

Figura 2: Vista do sistema de aquecimento solar, antes das adequações - detalhe da ligação do boiler e placas solares.



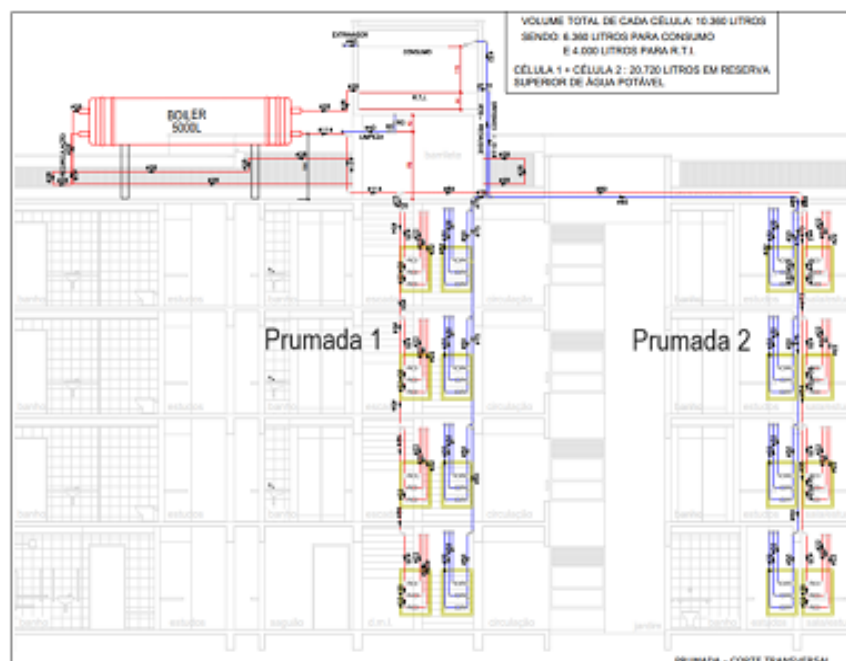
SILVA, Rodrigo; PAULA, Heber; METSAVAHT, Yan

Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: Um exemplo de intervenção

O sistema conta ainda com um termostato e resistência elétrica instalados junto ao boiler. Quando a temperatura da água quente armazenada for menor que 60°C o termostato irá ativar a resistência elétrica, que funciona como fonte de energia auxiliar para o aquecimento, nos dias em que a energia solar não for suficiente para atender toda a demanda de água na temperatura esperada. A Figura 2 mostra fotos do sistema antes de ser realizada a adequação. Nelas é possível identificar o boiler e os coletores solares, interligados pela tubulação de CPVC. O termostato é ligado diretamente ao boiler para garantir a que a resistência seja acionada quando a temperatura estiver abaixo de 60°C.

Para alimentar os chuveiros dos apartamentos, existem duas prumadas de água quente que descem do boiler, em pontos distintos do prédio, cada uma alimenta 3 apartamentos por pavimento. O sistema de água fria possui também duas prumadas que descendem do reservatório superior, pelos mesmos *shafts* que as de água quente. Na Figura 3, é exibido um detalhe de projeto com as prumadas em corte, sendo as de água quente indicadas em vermelho e as de água fria em azul.

Figura 3: Detalhamento das prumadas, vista em corte.



No início de junho de 2023, houve relatos dos moradores sobre alguns problemas, como temperatura abaixo da esperada, e o longo tempo para que a água começasse a esquentar. Logo após o registro dessas ocorrências, foi realizada vistoria para diagnosticar a situação do sistema de aquecimento, e as causas das inconformidades. Além da visita in loco, onde foram registradas fotos dos equipamentos do sistema, foi realizada uma revisão do projeto hidrossanitário, e dos memoriais disponíveis.

3 Resultados e discussões

3.1 Identificação das patologias e intervenções realizadas

O sistema de aquecimento foi colocado em funcionamento e verificou-se uma média de 2:00 min para que a água esquentasse no pavimento térreo, o mais distante do boiler. Além disso, a água estava saindo do boiler em temperatura inferior aos 60°C, chegando aos pontos de consumo.

Assim, a equipe técnica identificou alguns problemas que poderiam estar contribuindo para o não atendimento dos padrões esperados para o sistema. Os problemas, bem como as intervenções executadas, estão elencados a seguir.

As tubulações de CPVC apresentavam grandes deformações (o que é incomum para esse tipo de material), sugerindo uma má circulação da água quente, que ficava parada na tubulação. Isso demonstra que a circulação por termosifão não estava funcionando como o previsto. Substituiu-se toda a tubulação CPVC de 28 mm por tubos de PEX 26 mm monocamada (diâmetro mais próximo disponível em PEX). Além disso, como o PEX é um material flexível, facilita a execução dispensando algumas das conexões (joelhos). A Figura 4 mostra os tubos PEX já instalados nas placas coletoras. Outra opção igualmente interessante seria utilizar tubulação de PPR (polipropileno), um material conhecido por trabalhar com altas temperaturas e/ou pressões, além de alta durabilidade, porém é um material que requer mão de obra especializada e o uso de termofusor, desta forma sendo mais difícil a sua manutenção. Também, pode-se perceber na Figura 4, a ligação de apenas uma entrada de água por fileira de coletores solares, gerando uma maior eficiência (antes tinha duas entradas e duas saídas por fileira).

Figura 4: Nova tubulação em PEX, instalada.



Nas instalações dos coletores, podem ser utilizadas diferentes formas de interligação entre os mesmos: em série, em paralelo, e a ligação de conjuntos de coletores em paralelo (um tipo misto de combinação, utilizada quando há muitos coletores). A ligação de conjuntos de coletores em paralelo melhora a eficiência da troca de calor, porém a recomendação do tipo de ligação pode variar conforme as características do sistema.

Um dos principais requisitos para uma instalação eficaz é garantir que os coletores solares estejam posicionados de forma a receber a máxima exposição solar ao longo do ano. Para isso, é essencial que o instalador avalie cuidadosamente dois aspectos principais: a orientação dos coletores, e a inclinação dos mesmos. Em grande parte do território brasileiro, é recomendado que os coletores solares sejam orientados com sua face voltada para o norte geográfico e que a inclinação seja aproximadamente igual à latitude da cidade. Para otimizar o desempenho nos meses de inverno, é comum adotar uma inclinação ligeiramente superior à latitude da cidade, geralmente acrescida de 10°.

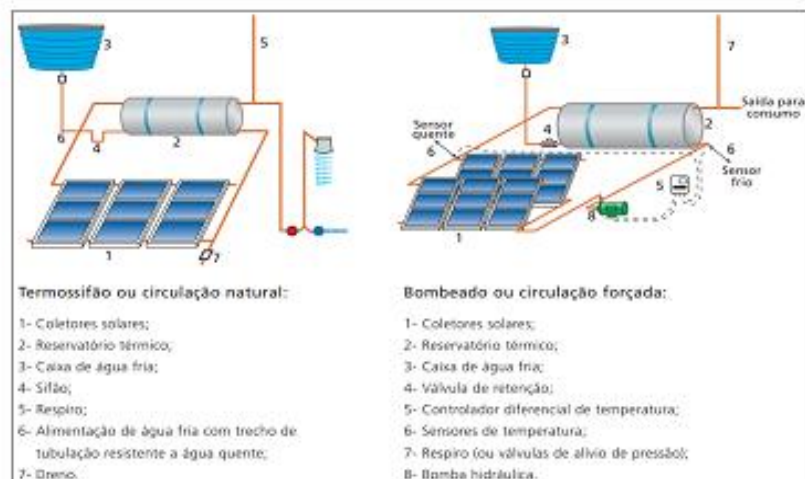
Embora pequenos desvios em relação ao norte geográfico (com um limite de até 30°) não causem quedas significativas no desempenho do sistema solar de aquecimento, desvios maiores exigirão um aumento no número de coletores para compensar as perdas de energia (PROCOBRE, 2009).

Vale ressaltar que desvios mais expressivos do norte geográfico resultarão em perdas mais significativas durante os períodos de inverno, quando a demanda por água quente costuma ser maior. No caso da MUC, os coletores apresentam a mesma inclinação do telhado, de 10° estão instalados diretamente sobre ele, porém a direção do telhado é oposta ao que seria recomendado (o lado mais baixo do telhado fica mais próximo ao boiler, ao invés do lado mais alto, conforme está na Figura 5). Dessa forma, é mais difícil a circulação da água no circuito boiler-placas. Já a orientação dos coletores atende ao previsto na norma e nas boas práticas de instalação, estando posicionados com um ângulo próximo a 30° em relação ao norte.

Para melhor adequar a circulação da água quente pelo sistema, foram feitas alterações na rede, com inclusão de uma bomba hidráulica. Desta forma, o sistema que funcionava por circulação natural (termossifão, sendo este um sistema passivo) passou a funcionar por bombeamento (sistema ativo). Ao contrário do sistema por circulação natural, no sistema ativo a circulação da água entre os coletores solares e o reservatório térmico é feita por uma bomba hidráulica, instalada no percurso inicial (entre o boiler e o início das placas solares) que é acionada sempre que detectada energia suficiente para ser captada pelo sol nos coletores. Na Figura 5, são apresentados os elementos que compõem cada um dos sistemas descritos.

SILVA, Rodrigo; PALLA, Heber; METSAVAHT, Yan
Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: Um exemplo de intervenção

Figura 5: Componentes dos sistemas termostifão e bombeado.



Fonte: (PROCOBRE, 2009)

A distância que a água percorre após ser aquecida para retornar ao boiler de armazenamento deve ser a menor possível, para que não se perca parte do calor durante este trajeto. Pensando nisso, durante as adequações conseguiu-se diminuir o comprimento da tubulação de retorno em dois metros e dez centímetros, o que certamente trouxe um impacto positivo do ponto de vista da conservação da energia.

Adicionalmente, foram adicionadas duas válvulas ventosas em pontos altos do sistema de tubulações, conforme a Figura 6. Esta válvula serve para permitir a saída do ar que possa vir a acumular na tubulação do sistema do aquecedor solar, aliviando a pressão interna na rede. A válvula possui também a função de evitar o refluxo da água no sistema.

Figura 6: Válvula ventosa.



Visando melhorar o sistema de aquecimento suplementar, foi realizada a troca da resistência de 5.000 w por uma de 10.000 w, aumentando a capacidade de aquecimento

SILVA, Rodrigo; PALLA, Heber; METSAVAHT, Yan

Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: Um exemplo de intervenção

nos momentos em que apenas a energia solar não foi suficiente para atender a demanda do edifício.

3.2 Monitoramento e análise do perfil de consumo

Para uma melhor interpretação dos gráficos obtidos na fase de monitoramento, é válido ressaltar os períodos de férias e recesso apresentados na Tabela 1 e as datas em que foram feitas as medições de consumo, apresentadas (Tabela 2). O número de dias de recesso influi diretamente no cálculo dos indicadores de consumo.

Tabela 1: Períodos de férias e recessos da universidade.

Período de férias da Universidade	Início	Final
Final do semestre letivo 2022/2	11/03/2023	17/04/2023
Recesso acadêmico do período 2023/1	17/07/2023	02/08/2023
Final do semestre letivo 2023/1	05/09/2023	01/10/2023
Recesso acadêmico do período 2023/2	20/12/2023	13/01/2024
Final do semestre letivo 2023/2	03/03/2024	04/04/2024

Fonte: UFCAT (2024)

Tabela 2: Datas das medições de consumo realizadas.

Mês de referência	Data da medição	Dias de medição
Dez/22	22/12/2022	31
Jan/23	21/01/2023	30
Fev/23	23/02/2023	33
Mar/23	25/03/2023	30
Abr/23	22/04/2023	28
Mai/23	22/05/2023	30
Jun/23	24/06/2023	33
Jul/23	26/07/2023	32
Ago/23	24/08/2023	29
Set/23	28/09/2023	35
Out/23	26/10/2023	28
Nov/23	23/11/2023	28
Dez/23	26/12/2023	33
Jan/24	23/01/2024	28
Fev/24	28/02/2024	36
Mar/24	28/03/2024	29
Abr/24	23/04/2024	26

Através do monitoramento do SMI durante o período de estudo e da temperatura média mensal de Catalão (através de dados retirados do INMET) foi obtido o gráfico de consumo total de água no edifício, separando ainda a parcela referente à água quente e à fria (Figura 7). Nele é possível acompanhar a tendência de consumo nos meses antes e após a intervenção que realizada no sistema predial do edifício.

SILVA, Rodrigo; PAULA, Heber; METSAVAHIT, Yan

Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: Um exemplo de intervenção

Figura 7: Consumo total mensal de água quente no edifício (m^3) comparado com a temperatura ($^{\circ}C$).



Desta forma, na Figura 7 é possível perceber que a divisão de consumo entre o montante de água fria e quente antes das modificações no sistema, possuía mais meses com um percentual grande de consumo de água quente em relação ao de água fria (algumas meses possuíam em torno de 40 a 50% de água quente em relação ao consumo total), com exceção do mês de abril, que representou um período de férias para os estudantes e o período de aula dentro desta medição foi de apenas 5 dias, diminuindo o uso de água quente. Além disso, o alto consumo mostrado no mês de junho se justifica por um vazamento ocorrido no período, a diminuição da temperatura média contribuiu para o aumento do uso de água quente e foi um mês em que estavam sendo realizados testes para as modificações do sistema.

Ainda é possível ver na Figura 7 que a proporção de água quente reduziu em relação à de água fria após as modificações, justificadas pelas mesmas e pelo aumento da temperatura local. Percebe-se que, após as modificações, o percentual de consumo de água quente era quase sempre muito menor (menos de 25%) que o consumo de água fria (julho de 2023 a abril de 2024). Os quatro meses com menores consumos (set/23, jan/24, mar/24 e abr/24) representaram períodos de férias, conforme Tabela 1, em que se diminuiu consideravelmente o consumo de água quente, mas o de água fria não diminuiu proporcionalmente por ser usada nas atividades cotidianas e para manutenção do prédio. Além disso, no mês de fevereiro de 2024, onde houve o maior consumo de água fria, houveram manutenções dos reservatórios do edifício, e testes da rede, ocasionando provavelmente um acréscimo no consumo.

Em mais uma análise da Figura 7 pode-se observar que as temperaturas médias foram mais elevadas após as intervenções, período em que Catalão sofreu com ondas de calor mais intensas, contribuindo para os valores de consumo de água fria encontrados.

A administração do prédio forneceu os dados da quantidade de moradores registrados por mês no edifício, e a partir desta informação, juntamente às leituras dos hidrômetros, é possível calcular o indicador de consumo de água. Segundo Oliveira (1999), o período de atividades utilizado no cálculo depende da tipologia do edifício. Para edifícios residenciais, o período considerado deve ser o número total de dias do mês em questão, pois estes estão em atividade permanente (ao contrário de prédios comerciais, por exemplo, que podem ter

SILVA, Rodrigo; PAULA, Heber; METSAVAHIT, Yan

Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: Um exemplo de intervenção

interrupção de atividades nos finais de semana). Assim, o indicador de consumo (IC) foi obtido pela Equação 1, anteriormente citada.

Calculando o Índice de consumo de água fria e quente por morador, foi possível fazer a Figura 8, que associa esses valores de consumo com a quantidade de ocupantes em cada período de medição.

Figura 8: Índice de consumo total mensal de água quente e fria (L.hab/dia) comparado com o número de habitantes.



A partir da Figura 8 foi possível observar que, da mesma forma como foi mostrado na Figura 7, a proporção do consumo de água quente diminuiu após as intervenções. Contudo, no geral, o índice de consumo por morador apresentou um aumento em sua média, por outro lado, nos períodos de recesso, apresentam uma queda no consumo em relação aos meses anteriores. Um dos fatores que levaram ao aumento do consumo por morador foi a onda de calor que atingiu a região no final de 2023 e início de 2024. Nesse período é possível observar que os valores de gastos de água fria aumentaram bastante, mas os de água quente permaneceram reduzidos (também pelas melhorias oriundas das intervenções).

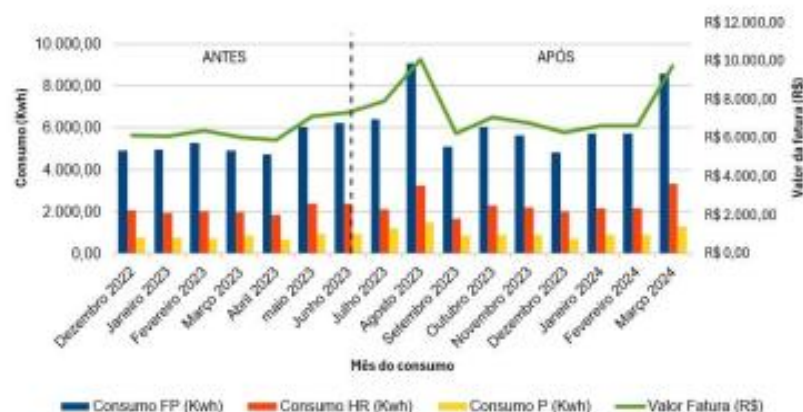
Um dos grandes fatores que contribuíram para a diminuição do IC de água quente da MUC foi o tempo médio de aquecimento dos chuveiros. Antes das modificações, para o aquecimento da água de chuveiros localizados em apartamentos no térreo da edificação, demorava-se cerca de 2 minutos para atingir uma temperatura adequada. Após as modificações, o tempo para aquecimento caiu para 20 segundos, significando na prática uma redução de 100 segundos na espera do morador com os registros ligados para o aquecimento da água cada vez que se utilizava o sistema de água quente. As medições foram realizadas em dois apartamentos no térreo, em duas ocasiões distintas.

Para se ter um melhor entendimento do perfil de consumo de água dos usuários da moradia universitária analisada, foi feita uma análise também dos gastos de energia mensais para se verificar mudanças no padrão a partir das intervenções realizadas. A Figura 9 mostra que até o período de intervenção havia-se uma tendência de crescimento dos valores de consumo de energia, e que sofreram queda e estabilização nos valores após o mês de agosto, até fevereiro de 2024.

SILVA, Rodrigo; PAULA, Heber; METSAVAHT, Yan

Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: Um exemplo de intervenção

Figura 9: Perfil de consumo de energia por mês da MUC nos horários de ponta e fora de ponta, e valor da fatura.



Dois fatores entram como determinantes para a queda dos valores do consumo de energia. O primeiro se trata da eficiência do sistema de aquecimento de água que foi melhorado, visto que a resistência do boiler apenas é acionada nas seguintes condições: o aquecimento solar atinge temperaturas inferiores a 60 °C; quando há um consumo de água superior a reserva; ou ainda, em dias nublados. Destaca-se ainda que os apartamentos não possuem equipamentos elétricos com alta demanda de energia, sendo o chuveiro o mais impactante deles. Somado a isso, conforme mostrado nas Figuras 7 e 8, as condições

climáticas impactam também no perfil de consumo de água quente do local, onde com o aumento das temperaturas, a exigência pelo aquecimento se tornou menor e corrobora também para que o sistema suporte a demanda sem necessidade de acionamento da resistência para esquentar a água dos chuveiros.

Para Marinho et al. (2014), tanto a qualidade dos sistemas prediais quanto sua manutenção afetam diretamente o consumo de água de uma edificação, fato este observado no estudo de caso da MUC. Como se trata de uma edificação nova, os problemas encontrados se deveram mais a uma instalação inadequada de equipamentos, como por exemplo o posicionamento do boiler em relação às placas solares, do que a deficiências em sua manutenção. Morais et al. (2021) observaram, em estudo em um Campus universitário, que dentre os principais problemas que afetam os sistemas prediais, estão uso de equipamentos de baixa qualidade ou instalação inadequada dos aparelhos, e ressaltaram a importância da fiscalização tanto da execução das obras públicas, quanto do recebimento de seus projetos.

Ogueke et al. (2009), aponta que sistemas solares de aquecimento de água do tipo ativo apresentam eficiência entre 35% a 80% maior do que sistemas passivos, o que corrobora para a melhoria observada no sistema da MUC, após a instalação da bomba para circulação forçada.

Durante a pesquisa bibliográfica realizada, percebeu-se que grande parte das pesquisas têm focado nos aspectos que devem ser considerados para se projetar corretamente um sistema, e fatores importantes para sua otimização. Há uma lacuna na publicação de trabalhos que tratam de estudos de caso envolvendo intervenções e adequações em um sistema de aquecimento solar existente, especificamente em se tratando de edifícios de múltiplos apartamentos.

SILVA, Rodrigo; PAULA, Heber; METSAVAHT, Yan
Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: Um exemplo de intervenção

Apesar da relevância dos resultados obtidos, é importante destacar que a análise realizada no presente estudo utilizou medidas descritivas, limitando sua aplicabilidade em contextos inferenciais. Essa limitação deve ser considerada ao interpretar os dados, pois as conclusões não podem ser generalizadas para além do contexto específico da Moradia Universitária do Cerrado. No entanto, os resultados observados oferecem contribuições para a discussão e aprimoramento de sistemas de aquecimento solar de água em ambientes semelhantes.

4 Conclusões

A utilização de sistemas que combinam o aquecimento solar com a energia elétrica convencional traz benefícios significativos para a comunidade. Integrar duas fontes de energia complementares proporciona vantagens, tanto para os consumidores quanto para a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente.

No entanto, enfrentar os desafios relacionados ao planejamento e implementação desses sistemas em edifícios residenciais requer uma abordagem cuidadosa. É essencial aprofundar o conhecimento sobre o dimensionamento, os componentes e as características técnicas desses sistemas. Além disso, é necessário investir na formação de profissionais qualificados e na divulgação de informações técnicas adequadas. Vale destacar, também, a importância de se elaborar memoriais descritivos detalhados no projeto, para que se possa obter o máximo possível de informações sobre o sistema instalado. No presente estudo de caso, o memorial descritivo apresentava poucas informações, sendo necessária a verificação *in loco* para obtenção de várias informações cruciais, e a experiência dos técnicos para a identificação de patologias.

A indústria de equipamentos também desempenha um papel fundamental ao desenvolver tecnologias que atendam às demandas do mercado e garantam a eficiência e o conforto das novas construções residenciais que adotam sistemas solares. Embora essa transição possa implicar em custos adicionais, desde que os sistemas sejam projetados de forma eficiente, esses custos são considerados aceitáveis.

Ao se projetar e/ou administrar um edifício, além da eficiência energética, deve-se atentar para diversos outros requisitos voltados ao desempenho dos sistemas prediais, como a durabilidade (maior vida útil), adaptabilidade (o sistema de água quente deve ser projetado considerando alterações previstas no perfil de demanda do sistema), acessibilidade e manutenibilidade do sistema, de forma a facilitar os reparos e adequações que por ventura se façam necessários. A adoção de uma abordagem bem estruturada em todas as fases do processo construtivo da edificação, incluindo a operação, é importante para a obtenção de níveis melhores de desempenho da mesma.

Desta forma, foi verificado que as intervenções realizadas no sistema de aquecimento de água da MUC contribuíram para melhorar a eficiência do prédio, não só no consumo de água, mas também de energia. Corrigindo as falhas do sistema e evidenciando a importância de um correto dimensionamento e projeto, que quando possuem inconformidades, limitam um grande potencial de funcionalidade e economia de uma edificação. Portanto, a implementação da energia solar no setor residencial representa um desafio significativo para os profissionais envolvidos na concepção, projeto e instalação desses sistemas, mas que traz enormes benefícios quando bem aplicado, do projeto à manutenção preventiva, passando ainda pela conscientização dos usuários para o correto uso do sistema.

5 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES. **Panorama da Água no Brasil**. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2018/04/Panorama-da-Agua-noBrasil-ABES.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 5626: **Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15569: **Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto — Requisitos de projeto e instalação**. Rio de Janeiro, 2020.

ALTOÉ, L.; OLIVEIRA FILHO, D.; CARLO, J. C. **Análise energética de sistemas solares térmicos para diferentes demandas de água em uma residência unifamiliar**. *Ambiente Construído*, [S. l.], vol. 12, n. 3, p. 75–87, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000300006>

CARRETERO-AYUSO, M. J.; MORENO-CANSADO, A.; GARCÍA-SANZ-CALCEDO, J. **Occurrence of faults in water installations of residential buildings: an analysis based on user complaints**. *Journal of Building Engineering*, v. 27, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100958>

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Tabela de estações: Catalão A034, 2024**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 24 de maio de 2024.

COMGAS. **Sistema de Aquecimento de Água para Edifícios através da associação Energia Solar e Gás Natural – Manual Técnico para Projeto e Construção de Sistemas de Aquecimento Solar & Gás Natural**, 2011. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/pt-br/downloads>. Acesso em: 15 de dezembro 2023.

ELETROBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso: ano-base 2019, classe residencial**. Relatório Brasil. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2019.

GNOATTO, E. L., KALBUSCH, A., HENNING, E. **Avaliação do consumo de água em um edifício de um campus universitário**. *Paranoá*, n. 34, 2023. <http://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.07>

MARINHO, M.; GONÇALVES, M. do S.; KIPERSTOK, A. **Water conservation as a tool to support sustainable practices in a Brazilian public university**. *Journal of Cleaner Production*, v. 62, p. 98-106, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.06.053

MORAIS, L.S.R.; PAULA, H.M.; REIS, R.P.A. **Avaliação de ocorrência de manifestações patológicas em sistemas prediais hidrossanitários nos primeiros anos de uso e operação**. In: Simpósio nacional de sistemas prediais, 2., 2021, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: ANTAC, 2021. DOI: 10.46421/sispred.v2i.1089

OGUEKE, N.; ANYANWU, E.E.; EKECHUKWU, V. **A review of solar water heating systems**. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, v. 1, n. 4, 2009. DOI: 10.1063/1.3167285

SILVA, Rodrigo; PAULA, Heber; METSAVAHT, Yan

Avaliação e aprimoramento do sistema de água quente em moradia universitária: Um exemplo de intervenção

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. <https://doi.org/10.11606/T.3.2018.tde-16042018-084622>

PROCOBRE. **Qualidade em Instalações de Aquecimento Solar**, São Paulo, dezembro 2009. Disponível em: <<https://labeee.ufsc.br/pt-br/downloads/manuais>>. Acesso em: 22 de janeiro 2024.

SINGH, S., ANAND, A., SHUKLA, A., & SHARMA, A. K. **Environmental, technical and financial feasibility study of domestic solar water heating system in India**. Sustainable Energy Technologies and Assessments, nº 43, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100965>

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO – UFCAT. **Grandes datas – Calendário acadêmico, 2024**. Disponível em: <https://cograd.catalao.ufg.br/p/39294-grandes-datas-calendario-academico>. Acesso em: 24 maio de 2024.

ZHANG, T., ZHU, Q. Z., HE, W., PEI, G., JI, J. **Annual performance comparison between solar water heating system and solar photovoltaic/thermal systems—a case study in Shanghai city**. International Journal of Low-Carbon Technologies, v. 12, n. 4, p. 385-391, 2017. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctx012>

YAMADA, M. A. F.; OLIVEIRA, L. H. **Comissionamento de sistemas prediais de água quente – Requisitos de projeto do proprietário**. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, nº18. Porto Alegre, 2020. <https://doi.org/10.46421/entac.v18i.1260>