

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Arquitetura**  
**Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos**

**Túlio Vono Siqueira**

**IMPLANTAÇÃO DE FERRAMENTAS DE *SMART CITIES* NA INFRAESTRUTURA DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO *CAMPUS PAMPULHA* DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**Belo Horizonte**

**2023**

**Túlio Vono Siqueira**

**IMPLANTAÇÃO DE FERRAMENTAS DE *SMART CITIES* NA INFRAESTRUTURA DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO *CAMPUS PAMPULHA* DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de especialista em sustentabilidade.

**Orientador:** Prof. Dr. Manfredo Frederico Felipe  
Hoppe

**Belo Horizonte**

**2023**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ARQUITETURA - EAUFMG  
Rua Paraíba, 697 – Funcionários  
30130-140 – Belo Horizonte – MG - Brasil

Telefone: (031) 3409-8823

FAX (031) 3409-8822

**ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO  
DE MONOGRAFIA DO ALUNO TÚLIO VONO SIQUEIRA COMO REQUISITO  
PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM  
SUSTENTABILIDADE EM CIDADES, EDIFICAÇÕES E PRODUTOS.**

Às 19 horas do dia 15 de Dezembro de 2022, reuniu-se em teleconferência privada, a Comissão Examinadora composta pelo Prof. Manfredo Frederico Felipe Hoppe - orientador-Presidente, pela profa. Renata Maria Abrantes Baracho Porto, membro titular intern, Danilo Botelho Fernandes e Yasmin Elganim Vieira, membros titulares externos, designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos, para avaliação da monografia intitulada “IMPLANTAÇÃO DE FERRAMENTAS DE SMART CITIES NA INFRAESTRUTURA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CAMPUS PAMPULHA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS.” de autoria do aluno **TÚLIO VONO SIQUEIRA**, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade em Cidades, Edificações e Produtos. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso, atribuindo ao trabalho (90/A). A Comissão recomenda que seja encaminhado 01(hum) exemplar digital ao Repositório da UFMG, após as correções sugeridas.

Belo Horizonte, 15 de dezembro de 2022

**Manfredo Frederico Felipe Hoppe**  
Orientador-Presidente

**Renata Maria Abrantes Baracho Porto**  
Membro Titular

**Danilo Botelho Fernandes**  
Membro Titular Externo

**Yasmin Elganim Vieira**  
Membro Titular Externo

## Resumo

Os *campi* das universidades podem ser utilizados como ambiente de experimentação no desenvolvimento de soluções para sustentabilidade ambiental através do conceito de cidades inteligentes ou *smart cities* onde as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) e novas tecnologias digitais, integradas à infraestruturas existentes, permitam o levantamento de informações em tempo real e a gestão dessa informação. As TICs são impulsionadores do crescimento econômico sustentável, contribuindo para melhoria na qualidade de vida e de uma gestão mais eficiente dos recursos naturais através da governança participativa. A motivação principal do trabalho parte da constatação das deficiências no monitoramento de indicadores de sustentabilidade da UFMG, de acordo com a visão do Departamento de Gestão Ambiental, da Pró-Reitoria de Administração. Nesse sentido, o presente trabalho busca propor sugestões de implantação de ferramentas baseadas no conceito de *smart cities* e *campi* inteligentes que possibilitem melhorias no monitoramento de indicadores ambientais como o consumo de água, contribuindo para a sustentabilidade ambiental da Universidade. Para tanto, a metodologia proposta neste trabalho parte da revisão da literatura sobre *smart cities* e o emprego do framework desenvolvido pela Universidade de Roma, composto por um modelo com seis fases estruturadas que propõe estratégias baseadas em soluções encontradas em trabalhos acadêmicos e em projetos já desenvolvidos em outras Universidades, considerando o *Campus* Pampulha como potencial para implementação de soluções inteligentes para a melhoria das suas demandas e deficiências, além da otimização dos seus serviços. As áreas utilizadas na pesquisa foram relacionadas à Governança/Gestão e Infraestrutura em relação aos indicadores de consumo de água, e por fim, como resultado, são apresentadas quatro estratégias para melhoria dessas deficiências usando tecnologias aplicáveis a *campus* inteligentes no sentido da construção de um *campus* Pampulha mais Inteligente e ambientalmente sustentável na UFMG.

Palavras-chave: Gestão estratégica. *Smart campus*. Sustentabilidade. Tecnologia.

## Abstract

University *campi* can be used as an experimentation environment in the development of solutions for environmental sustainability by the *smart cities* concept, where Information and Communication Technologies (ICTs) and new digital technologies, integrated with existing infrastructures, allow the survey information in real time and the management of this information. ICTs are boosters of sustainable economic growth, contributing to improve life quality and more efficient management of natural resources through participatory governance. The main motivation for this work, it comes from the observation of deficiencies in the monitoring sustainability indicators at UFMG, according to the vision of the Department of Environmental Management, Pro-Rector of Administration. In this sense, the present work seeks to propose suggestions for the implementation of tools based on the concept of *smart cities* and intelligent *campi* that enable improvements in the monitoring of environmental indicators such as water consumption, contributing to the environmental sustainability of the University. Therefore, the methodology proposed in this work starts from the literature review on *smart cities* and the use of the framework developed by the University of Rome, composed of a model with six structured phases that proposes strategies based on solutions found in academic works and in projects already developed at other Universities, considering the *Pampulha campus* as a potential for the implementation of intelligent solutions to improve their demands and deficiencies, in addition to optimizing their services. The areas used in the research were related to Governance/Management and Infrastructure in relation to water consumption indicators, and finally, as a result, four strategies are presented to improve these deficiencies using technologies applicable to *smart campi* in the sense of building a *Pampulha Smarter Campus* and environmentally sustainable at UFMG.

Keywords: Strategic management. *Smart campus*. Sustainability. Technology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Vista a partir do prédio da Reitoria. ....	16
Figura 2	Vista da Praça de Serviços e Reitoria.....	16
Figura 3	Mapa das áreas <i>aedificandi/non aedificandi</i> do atual Plano Diretor da UFMG. ....	18
Figura 4	Estrutura do desenvolvimento da pesquisa.....	22
Gráfico 1	Consumo anual de água no <i>campus</i> Pampulha de 2014 a 2019.....	28

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	10
2.1	Cidades Inteligentes / <i>Smart Cities</i> .....	10
2.2	<i>Campus</i> Inteligentes / <i>Smart Campus</i> .....	12
2.3	O <i>framework</i> da Universidade La Sapienza de Roma .....	13
2.4	A NBR ISO 37120:2017 .....	14
2.5	A UFMG .....	15
2.5.1	Caracterização do <i>Campus</i> Pampulha da UFMG .....	16
2.5.2	Histórico do <i>Campus</i> Pampulha .....	16
2.5.3	O Plano Diretor do <i>campus</i> Pampulha da UFMG.....	17
2.6	Exemplos de iniciativas de cidades e <i>campus</i> inteligentes. ....	18
2.6.1	Exemplos de Projetos Estratégicos da PBH baseados em ferramentas de <i>smartcities</i> ... ..	18
2.6.2	Exemplos de iniciativas de <i>campus</i> inteligentes em Universidades no Brasil. ....	19
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DE PESQUISA</b> .....	22
3.1	Método da Fase I - Planejamento Preliminar. ....	23
3.2	Método da Fase II - Identificação das áreas de ação. ....	23
3.3	Método da Fase III - Aquisição dos dados.....	23
3.4	Método da Fase IV - Análise dos dados de entrada.....	23
3.5	Método da Fase V - Categorização dos problemas. ....	23
3.6	Método da Fase VI - Definição das estratégias. ....	24
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DE RESULTADOS - EXECUÇÃO DO <i>FRAMEWORK</i></b> .....	25
4.1	Fase I - Planejamento preliminar. ....	25
4.2	Fase II - Identificação das áreas de ação.....	26
4.3	Fase III - Aquisição de dados - Pesquisa exploratória.....	26
4.4	Fase IV - Análise dos dados de entrada. ....	26
4.4.1	Monitoramento dos dados dos hidrômetros instalados no <i>campus</i> Pampulha. ....	28
4.4.2	Hidrometrização de subdivisões e equipamentos redutores de vazão. ....	29
4.5	Fase V - Categorização dos problemas. ....	29
4.6	Fase VI - Definição das estratégias.....	30
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	38
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

Os *campi* das Universidades podem ser considerados como ambiente de experimentação de alternativas que possam ser adaptadas para o contexto urbano. Nesse sentido, para Jacoski e Hoffmeister (2019, p. 1373-1388) é possível fazer um paralelo entre *campus* inteligente e cidades inteligentes, uma vez que os *campi* das universidades podem ser considerados como protótipos de cidades, embora sejam ambientes mais restritos, apresentam semelhante complexidade e desafios relacionados à governança e infraestrutura, além do compromisso em oferecer serviços eficientes e de qualidade, ambientalmente sustentáveis e sintonizados com as necessidades e diversidade de seus usuários. Ainda para Jacoski e Hoffmeister (2019) o objetivo de um *smart campus* é criar uma universidade integrada e participativa que busque soluções para deficiências reais visando melhorar a sustentabilidade no *campus*.

De acordo com Neves, Sarmanho e Meiguins (2017) as universidades desempenham um papel fundamental para o desenvolvimento das cidades inteligentes e humanas. Iniciativas de *smart campus* tornaram-se uma tendência crescente com o objetivo de melhorar a infraestrutura e vivência dentro dos *campi* universitários, bem como para promover soluções que impulsionem a inovação urbana.

O trabalho tem como objetivo geral a proposição da implementação de ferramentas de *smart campus* na infraestrutura do *Campus Pampulha* da UFMG que contribua para a melhoria no monitoramento do consumo de água, visando a sustentabilidade ambiental da Universidade, considerando a Norma Brasileira de Cidades Inteligentes/Sustentáveis, a NBR/ISO 37120:2017 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2017).

Considerando também a necessidade do emprego de uma metodologia através de um roteiro, ou *framework*, capaz de gerenciar cada fase do processo de implantação de um *smart campus* de forma flexível, incluindo vários aspectos relacionados a esse *campus*, analisados em todas as fases do projeto. Essas fases são compostas pela fase preliminar de planejamento, a identificação dos campos de ação, a aquisição de dados e a avaliação do desempenho do *campus* e a definição das estratégias de sua implementação.

A partir desse objetivo geral busca-se os objetivos específicos a seguir:

- Identificação de um *framework* que visa viabilizar a implantação de iniciativas de *smart campus* aplicáveis ao *Campus Pampulha* da UFMG;



- Indicação das principais limitações na gestão da infraestrutura de abastecimento de água do *Campus* Pampulha da UFMG de acordo com o Departamento de Gestão Ambiental da Pró-Reitoria de Administração;

- Proposição de estratégias para a implantação de soluções de *smart campus* aplicáveis para gestão da infraestrutura de abastecimento de água, e indicação de suas possíveis contribuições à governança da Universidade.

No presente estudo de caso, a definição das áreas que fariam parte das iniciativas foi baseada inicialmente em apenas duas das dimensões que identificam uma cidade inteligente (DEAKIN, 2013). Dentre essas dimensões, destaca-se a governança, que tem como objetivo o estudo de um novo modelo de gestão, enfatizando a transparência dos processos, a participação da comunidade na gestão de serviços, a integração dos diversos setores. Além disso, um modelo de governança que permita disponibilidade de dados abertos em uma única plataforma, ou um *dashboard*, que é um painel visual que apresenta, de maneira centralizada, um conjunto informações como indicadores, armazenados num *big data* que é um grande conjunto de dados que precisam ser processados e armazenados. Outra dimensão é a do meio ambiente, que tem como objetivo elaborar projetos que estimulem práticas sustentáveis no *campus* e que promovam a eficiência na utilização dos recursos, como a gestão da água e a utilização de energias renováveis.

A motivação principal desse trabalho é a proposição da implantação de ferramentas baseadas no conceito de *campus* inteligente que possibilitem o estabelecimento de metas de consumo para o *campus* Pampulha da UFMG, visando a sustentabilidade ambiental da Universidade e a melhoria na prestação dos serviços e atendimento às demandas da sua comunidade. Para tanto, será realizada a análise do padrão de consumo de água para usos diretos e indiretos, em particular para os principais consumidores de água, o que deve contribuir para o contínuo monitoramento de indicadores ambientais do *campus* Pampulha e assim apoiar os gestores da UFMG na modernização da sua infraestrutura de abastecimento de água.

Além disso, o trabalho se justifica para propor ferramentas para a melhoria das principais demandas e limitações na gestão do abastecimento de água do *campus* Pampulha, de acordo com a o Departamento de Gestão Ambiental, que é o responsável pela gestão dos dados de consumo de água da UFMG, com o objetivo de alcance de metas de uso racional da água e evitar desperdícios ou perdas.

Destaca-se, como dito por Hoppe (2021), que os cortes no investimento do ensino e da pesquisa no Brasil, setores que historicamente nunca foram uma prioridade, pelo governo federal, têm tido um impacto significativo no desenvolvimento da ciência e gestão dos bens

públicos, e para tornar possível o desenvolvimento de espaços públicos (como os *campus* universitários), só será possível se o poder público, apoiado pela sociedade, se empenhar na gestão dessas manutenções (HOPPE, 2022).

Após a exposição do conteúdo da Introdução do trabalho, segue, no próximo capítulo, a apresentação da revisão bibliográfica sobre o tema tratado.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico foi elaborado com finalidade de apresentar a construção de uma narrativa lógica, a partir das citações descritas, para embasar a fundamentação teórica da pesquisa.

### 2.1 Cidades Inteligentes / *Smart Cities*

Para autores como Batty *et al.* (2012), a cidade considerada inteligente pode ser definida como aquela onde as Tecnologias de Informação e Comunicação – TICs se fundem com as infraestruturas tradicionais, coordenadas e integradas, usando novas tecnologias digitais, e que tornam possível o levantamento de informações sobre o espaço vivenciado e seu uso para contribuir na solução de questões diversas no sentido de melhorar a qualidade de vida dos seus cidadãos ou usuários. A abordagem proposta por Giffinger *et al.* (2007) para Cidades Inteligentes considera cinco campos de ação: Economia, Pessoas, Meio Ambiente, Energia e Mobilidade, e que entende como cidades inteligentes ou *smart cities* aquelas que possuem uma infraestrutura tecnológica instalada e distribuída que permite o compartilhamento de informações com seus cidadãos, que participam ativamente na construção de dados necessários para a gestão da própria cidade.

Rizzon *et al.* (2017), apontam que o discurso sobre *smart cities*, centralizado em temas relacionados às TICs, inicialmente consideradas como a chave para uma cidade inteligente, devem ter seu uso descentralizado, de forma realmente participativa e compartilhada, para que reflitam a relação entre os cidadãos e o espaço da cidade. Ainda para esses autores, essa compreensão evoluiu para conceitos que tendem progressivamente a uma visão holística, considerando três fatores principais: tecnologia (infraestrutura de *hardware* e *software*), pessoas (criatividade, diversidade, educação) e instituições (política e governança).

Nesse contexto, um modelo de *smart city* pode ser entendido como uma cidade composta de características construídas sob a combinação inteligente de doações e atividades de autogerenciamento, cidadãos conscientes e independentes e um método para medir e comparar a inteligência urbana (GIFFINGER *et al.*, 2007). Assim, uma cidade pode ser considerada inteligente quando os investimentos em capital humano e social e a tradicional e moderna infraestrutura de TICs são impulsionadores do crescimento econômico sustentável, de uma elevada qualidade de vida e de uma gestão prudente dos recursos naturais através da governança participativa (CARAGLIU *et al.*, 2009).

Para a publicação do Índice de cidades inteligentes elaborado em Portugal, em 2012, os projetos de cidades inteligentes têm como gênese a utilização de tecnologias de informação e comunicação para promover a competitividade econômica, a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida dos cidadãos, apelando para análise e integração de dados e informação de fontes diversas como suporte à antecipação de problemas, visando à sua resolução rápida e à minimização dos impactos negativos sobre as cidades (INTELI, 2012).

Para Zanella (2014) a *Internet das Coisas - Internet of Things* (IoT) é um paradigma de comunicação recente que prevê, em um futuro próximo, a integração de objetos da vida cotidiana equipados com micro controladores, transceptores de comunicação digital e protocolos, que irão torná-los capazes de se comunicar com outros objetos e com usuários, tornando-se parte integrante da *Internet*. Os autores acreditam que a aplicação do conceito *smart city* é particularmente atraente para as administrações públicas e regionais, que podem se tornar os primeiros adotantes de tais tecnologias, agindo assim como catalisadores para a difusão do paradigma IoT em maior escala (ZANELLA; BUI; CASTELLANI, 2014).

Para Zanella, Bui e Castellani (2014, p. 22) o objetivo final de uma *smart city* é fazer um melhor uso dos recursos públicos, aumentando a qualidade dos serviços oferecidos aos cidadãos, enquanto reduz-se os custos operacionais da administração pública. Enquanto Baracho *et al.* (2019) entendem que as *smart cities* usam informação e tecnologia física, combinados com internet das coisas (*IoT*), para otimizar a infraestrutura e tornar a cidade mais eficiente e apta a viver. Para que a cidade tenha o direito de utilizar o termo “*Smart*” ou “*Inteligente*”, na tradução, é preciso que seus sistemas carreguem a capacidade de coletar, organizar e compartilhar dados, criando um ecossistema de informações que conecta a vida, os prédios e a cidade inteligente (BARACHO *et al.*, 2019).

Para Grabys (2014), a preocupação com o papel do cidadão e o exercício de sua cidadania, em contraponto com o monitoramento e gerenciamento de dados nas *smart cities*, considera que o cidadão é um gerador de dados monitorando ambientes e interagindo com sistemas inteligentes, além de dar o *feedback*. Nesse sentido, Soares (2017) salienta que o investimento em pessoas e comunidades é o que torna uma cidade efetivamente inteligente e que as TICs devem ser complementares ao capital humano e organizacional. Sua utilização deve estar alinhada ao ecossistema urbano, que por sua vez é moldado de acordo com políticas, necessidades e cultura local.

## 2.2 *Campus Inteligentes / Smart Campus*

A partir da revisão da literatura, é possível reconhecer diferentes abordagens para o mesmo termo que se refere a iniciativas de construção de *smart campus*, que para Kwok (2015), é descrito como um *campus* que tem a habilidade de responder a novas situações ocorridas no ambiente em suas atividades diárias, o que contribui para melhorar a infraestrutura desses *campi* universitários, bem como para promover soluções que possam impulsionar a inovação urbana. Ainda para Kwok (2015),

*Smart Campus* é um novo paradigma de pensamento pertencente a um ambiente de *campus* inteligente holístico que engloba pelo menos, mas não limitado a, vários aspectos de inteligência, como o *e-learning*, redes sociais e comunicações para a colaboração no trabalho, sustentabilidade ambiental e de TIC com sistemas inteligentes de gerenciamento de sensores, cuidados médicos, gerenciamento de edifícios inteligentes com controle e vigilância automatizados de segurança e governança transparente do *campus*.

Assim, *campus* inteligente implica possibilidade de resposta rápida e precisa às mudanças de cenário e prestação de serviços personalizada (FERREIRA; ARAUJO, 2018). Segundo Abuarqoub (2017) o *smart campus* oferece serviços em tempo hábil, reduz o esforço e reduz os custos operacionais, e implica que a instituição adotará tecnologias avançadas para controlar e monitorar automaticamente instalações no *campus* e fornecer serviços de alta qualidade para a comunidade, ou seja, estudantes e funcionários. Isso aumenta a eficiência e a capacidade de resposta do *campus* e permite uma melhor tomada de decisão, utilização do espaço e experiência dos alunos.

Para Yu *et al.* (2011) os *campi* inteligentes são construídos para beneficiar os professores e alunos, gerenciar os recursos disponíveis e melhorar a experiência do usuário com serviços proativos. Enquanto para Bandara *et al.* (2016) *smart campus* é uma iniciativa para utilizar TICs em um *campus* universitário para melhorar a qualidade e o desempenho dos serviços, reduzir custos e consumo de recursos e se envolver de forma mais eficaz e mais ativa com seus membros. Já Xiao (2013) define que *smart campus* é resultado da aplicação da integração da computação em nuvem e da internet das coisas (IoT), baseada na computação de alto desempenho e Internet.

De forma geral, a partir de toda a bibliografia consultada, foi possível perceber que TICs são pressupostos de *campus* inteligentes enquanto ferramentas de monitoramento de ambientes e resposta a determinadas situações em áreas como exemplo, governança e infraestrutura. A Governança do *campus* inteligente contribui para um levantamento de informações necessárias

para tomadas de decisão. Nesse sentido, *campus* inteligente preconiza a implantação gradual de um sistema interconectado com controle central dos recursos tecnológicos, que envolvem, por exemplo, monitoramento do consumo de energia elétrica (DE ANGELIS *et al.*, 2015), controle de vagas de estacionamentos (BANDARA *et al.*, 2016), dentre outros. O gerenciamento de serviços do *campus* como manutenção da infraestrutura e uso racional de recursos como suporte à tomada de decisão compõe o conceito *campus* inteligentes e, para isso, tecnologias como *IoT* e *big data* (MISHCHENKO *et al.*, 2016) atuam como viabilizadoras nesse contexto.

Para Jacoski e Hoffmeister (2019), em relação à infraestrutura, nos *campi* inteligentes, com o uso de Internet das Coisas (*IoT*), *big data*, Computação em nuvem, Inteligência Artificial (*IA*), ampla conectividade dispositivos móveis, Tecnologias de identificação como o RFID (*Radio-frequency Identification*) e NFC (*Near Field Communication*), e outras ferramentas, será possível uso de sensores para controlar acessos, permitir análises de comportamento dos usuários, adequação de climatização, iluminação e sonorização, forma automatizada, permitindo, assim, redução no consumo de energia e água, por exemplo. Ainda para Jacoski e Hoffmeister (2019), os dados gerados pelo sensoriamento dos espaços e monitoramento de serviços devem ser armazenados e processados em tempo real para prover respostas rápidas, necessárias às tomadas de decisões como pressupõe o conceito de ambientes inteligentes.

Nesse sentido, Jacoski e Hoffmeister (2019) entendem que à medida que as pessoas interagem com a comunidade auxiliando na tomada de decisões através do uso intensivo e integrado das tecnologias de comunicação, a cidade passa a ser vista como um laboratório vivo, pelo qual são desenvolvidas e testadas ideias em tempo real nas mais variadas áreas do cotidiano.

### **2.3 O *framework* da Universidade La Sapienza de Roma**

O *framework* desenvolvido por (PAGLIARO *et al.*, 2016) oferece uma visão completa de toda a universidade e por ser adaptável e modificável de acordo com as particularidades de cada instituição. Para estes autores, o principal ponto forte desta metodologia reside na possibilidade de dimensionar e adaptar cada fase de planejamento não apenas a outros *campi*, mas também a diferentes contextos, por exemplo, a cidades inteiras ou mesmo a níveis territoriais mais amplos. Os campos de atuação, os indicadores e as variáveis que têm sido utilizados para avaliar o desempenho do *campus*, podem ser, de fato, implementados e modificados de acordo com as necessidades do contexto.

Considerando a possibilidade de adequação a outras instituições, o *framework* da Universidade La Sapienza de Roma (PAGLIARO *et al.*, 2016) foi utilizado em trabalhos de diversas universidades para a idealização de *smart campus* nessas organizações, dentre elas a Universidade Federal do Pará. Para o presente estudo de caso foi escolhido o referido *framework* da Universidade La Sapienza, que apresenta um quadro metodológico capaz de apoiar a escolha de estratégias adequadas para a implantação de um *smart campus*. Esse quadro é desenvolvido através de um roteiro composto por seis fases estruturadas que descrevem os passos que devem ser seguidos para chegar ao resultado final.

Pagliario *et al.* (2016) definem que o *framework* é constituído de seis fases, a saber:

- Fase I - Planejamento preliminar: enfatiza o estudo exploratório da universidade para planejar e gerenciar o que será feito nas próximas fases. É um levantamento prévio que tem como objetivo enumerar os desafios e as potencialidades reais do local, definir as áreas que serão investigadas, bem como os usuários beneficiados. Também, quais os dados que serão coletados, como será feita essa coleta e a viabilidade dos projetos. É uma fase que abrange todo o ciclo do *framework*;
- Fase II - Identificação das áreas: objetiva o refinamento das áreas elencadas na fase anterior;
- Fase III - Aquisição de dados: é caracterizada pelo levantamento dos dados na área selecionada para a construção de uma base;
- Fase IV - Análise dos dados: agregação e avaliação dos dados coletados para extração de conhecimento baseado no objetivo definido;
- Fase V - Categorização dos problemas: a partir da análise dos dados, é possível identificar as deficiências de cada área; e
- Fase VI - Definição das estratégias: consiste na definição das melhores estratégias a serem desenvolvidas para cada área identificada.

## 2.4 A NBR ISO 37120:2017

De acordo com Couto (2018, p. 1), os indicadores de desenvolvimento sustentável são instrumentos essenciais na avaliação dos serviços urbanos disponíveis nas cidades e da qualidade de vida da população. Entretanto, a falta de padronização destes indicadores e dos dados necessários para sua obtenção dificulta a comparação do desempenho das cidades e até mesmo o acompanhamento do desenvolvimento de cada uma delas ao longo do tempo.

A versão brasileira da norma foi publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) como ABNT NBR ISO 37120:2017, contendo os 100 indicadores de desenvolvimento sustentável divididos em 17 temas, vem contribuir para equacionar o problema da falta de padronização desses indicadores e dos dados para sua obtenção. A norma disponibiliza um banco de dados para as cidades certificadas pela NBR ISO 37120, disponíveis no *World Council Data*, e objetiva permitir avaliar o desempenho dos serviços urbanos e padronizar indicadores que não têm valores limite (COUTO, 2018).

Dentre os objetivos visados com a norma por Couto (2018), destaco abaixo aqueles que estão diretamente relacionados à padronização dos indicadores de desenvolvimento sustentável para a qualidade de vida, advindos da aplicação da NBR ISO 37120, e que podem ser aplicados no presente estudo de caso, como:

- a) maior eficácia da governança e dos serviços ofertados;
- b) valores de referência locais, auxiliando no planejamento;
- c) tomada de decisão mais consciente por parte de gestores;
- d) troca de experiências entre os *campi*;
- e) criação de uma referência para o desenvolvimento sustentável;
- f) aumento da transparência das informações, atraindo investimentos;
- g) adoção de indicadores confiáveis, visto a credibilidade e abrangência da entidade.

Ainda de acordo com Couto (2018), o uso de indicadores permite que sejam estabelecidos padrões, possibilitando a comparação entre diferentes localidades e a análise da evolução de cada uma delas ao longo do tempo. O termo *indicador* é definido por diversos autores como uma ferramenta, medida ou parâmetro que atua na simplificação e comunicação da informação e o resultado da agregação de um conjunto de indicadores é chamado de *índice*.

## 2.5 A UFMG

A Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) é uma autarquia em regime especial, mantida pela União, com sede em Belo Horizonte. Foi criada pela Lei Nº 956 do Estado de Minas Gerais, de 7 de setembro de 1927, e transformada em instituição federal pela Lei Nº 971, de 16 de dezembro de 1949, sendo a maior e, a partir da federalização do ensino com a reforma de 1920, a mais antiga universidade do estado de Minas Gerais. Além de desenvolver programas e projetos de ensino, nos níveis de graduação e pós-graduação, pesquisa e extensão, sob a forma de atividades presenciais e a distância, em diversas áreas do conhecimento, a Universidade oferece também Escola Fundamental, cursos de educação



básica e profissional de nível médio. Sua comunidade reúne cerca de 72 mil pessoas nos *campi* das cidades de Belo Horizonte, Montes Claros, Diamantina e Tiradentes, que se organizam em torno de 91 cursos de graduação, 90 programas de pós-graduação e 860 núcleos de pesquisa (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG, 2022).

### 2.5.1 Caracterização do *Campus Pampulha* da UFMG

De acordo com o site da UFMG (<https://ufmg.br/a-universidade>), a Universidade possui atualmente cerca de 30.000 alunos de graduação, 14.000 mil alunos de pós-graduação, 3.000 mil professores, 2.500 servidores e centenas de funcionários terceirizados, contabilizando um fluxo de pessoas estimado em aproximadamente 50.000 pessoas/dia, somente no *Campus Pampulha*. Funcionam nesse *campus* 19 unidades acadêmicas, o Centro Pedagógico, o Colégio Técnico e os órgãos e setores administrativos, distribuídos em edificações de épocas e portes distintos. O *campus* Pampulha situa-se na Avenida Antônio Carlos 6.627, bairro Pampulha de Belo Horizonte, Minas Gerais e ocupa uma área total de 2.821.485,00 m<sup>2</sup>, sendo aproximadamente 532.770,95 m<sup>2</sup> de área construída.

Figura 1 - Vista a partir do prédio da Reitoria. Figura 2 - Vista da Praça de Serviços e Reitoria.



Fonte: UFMG (2022).



Fonte: UFMG (2022).

### 2.5.2 Histórico do *Campus Pampulha*

De acordo com Maciel e Malard (2012) apenas em 1.942, treze anos depois de sua fundação, foi definida a localização do *campus* da UFMG, com uma área definitiva para sua implantação na região da Pampulha. O plano diretor de ocupação territorial foi concluído em 1.957, influenciado pelo conjunto arquitetônico da Pampulha, concebido por Oscar Niemeyer. Esse plano foi elaborado pela comissão de obras instituída para esse fim, definiu os

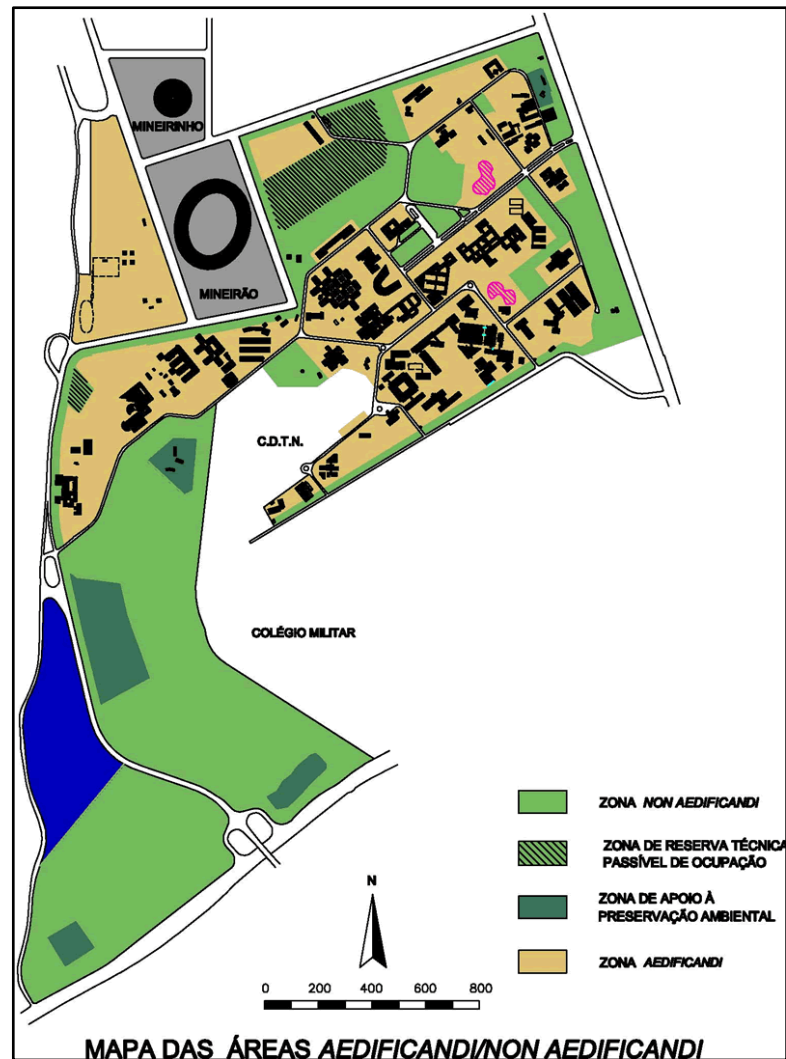
arruamentos e setorização dos serviços de apoio, das áreas de ensino e de algumas edificações a serem implantadas. A primeira delas, a Reitoria, teve sua construção concluída em 1963. Em 1968, em função do Plano de Reestruturação da Universidade e de uma nova estrutura administrativa, o Escritório Técnico é substituído pelo Setor Físico do Conselho de Planejamento e Desenvolvimento. Uma das primeiras atribuições do recém-criado Conselho era a de elaborar um novo plano. Esse plano sofreu modificações e complementações ao longo dos anos e perdurou até 2008, com a aprovação pelo Conselho Universitário do Plano Diretor vigente através da Resolução 08-2009 (MACIEL; MALARD, 2012).

### **2.5.3 O Plano Diretor do *campus* Pampulha da UFMG**

De acordo com Maciel e Malard (2012), o Plano Diretor foi desenvolvido objetivando uma qualidade ambiental dos espaços existentes, sejam eles externos ou internos e os parâmetros urbanísticos adotados neste Plano Diretor da UFMG foram mais restritivos ou equivalentes àqueles da Lei de Uso e Ocupação do Solo de Belo Horizonte. Tal fato pode ser observado, por exemplo, na regulamentação dos afastamentos das edificações e no indicativo de verticalização prioritária, o que favorece uma maior ocupação em menor projeção territorial, assegurando assim a preservação das taxas de permeabilidade e otimizando o aproveitamento dos terrenos disponíveis.

Por se tratar de um plano para uma área com diversas construções e em processo de expansão, um dos seus princípios norteadores foi respeitar as tendências de uso já consolidadas. Outra diretriz do zoneamento foi o respeito às áreas verdes. Essa diretriz traz como consequência uma significativa redução da área *aedificandi* do *campus*. A área *aedificandi* é dividida de acordo com os usos e áreas de conhecimento, ficando sujeita às diretrizes de ocupação propostas pelo plano (MACIEL; MALARD, 2012).

Figura 3 - Mapa das áreas *aedificandi/non aedificandi* do atual Plano Diretor da UFMG.



Fonte: Conselho Universitário da Universidade Federal de Minas Gerais (2009).

\*ANEXO à resolução no 08/2009, de 16 de junho de 2009 que institui o regulamento de uso e ocupação do solo do *campus* da Pampulha da UFMG.

## 2.6 Exemplos de iniciativas de cidades e *campus* inteligentes.

De acordo com informações do site da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), diversos projetos estratégicos já estão sendo desenvolvidos na gestão urbana, usando tecnologias de comunicação e informação sensíveis ao contexto (*IoT*). Isso vem permitindo uma gestão mais integrada entre as diversas áreas da administração para que os serviços públicos disponham de mais informações qualificadas visando melhoria da qualidade e eficiência, além de conectar o cidadão aos serviços e recursos municipais (BELO HORIZONTE, 2022).

### 2.6.1 Exemplos de Projetos Estratégicos da PBH baseados em ferramentas de *smart cities*.

- COP-BH: Gestão Integrada e Inteligente de Problemas Públicos de Belo Horizonte;
- Ampliação e qualificação do serviço de limpeza urbana;
- BH Verde: bem-estar e sustentabilidade;
- Qualidade do Transporte Coletivo: Um Direito de Todos;
- BH Inclusiva, Segura e Cidadã;
- Mobilidade: atendimento, operação, fiscalização e modernização tecnológica;
- Fortalecimento da Política de Segurança Alimentar e da Agroecologia;
- Aprimoramento do relacionamento entre Cidadão e Prefeitura;
- Modernização e automação de processos internos da PBH;
- Atração de investimentos para a cidade e fomento à tecnologia da informação;
- Belo Horizonte Surpreendente.

A Gestão Integrada e Inteligente de Problemas Públicos de Belo Horizonte, objetiva elevar o nível de maturidade do COP-BH, de um Centro Facilitador para um Centro Integrador, Coordenador e Inteligente, que otimize recursos das diversas instituições na pronta resposta ágil e resolutiva, na prevenção e na predição de problemas públicos de segurança, ordem pública, mobilidade, serviços urbanos, defesa civil, emergência em saúde, dentre outros.

### 2.6.2 Exemplos de iniciativas de *campus inteligentes* em Universidades no Brasil.

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP - De acordo com informações obtidas no site, sensores inteligentes instalados nos postes de iluminação pública da Unicamp, conectados através de uma rede criada entre os postes, fornece dados sobre funcionamento das lâmpadas e consumo, que são transferidos para um sistema central que transforma em informações e auxilia a área de Saneamento e Energia no gerenciamento e controle da iluminação. Além disso, na Unicamp foi desenvolvido o programa PRÓ-ÁGUA, em 19 edificações com a detecção e conserto de vazamentos, obtendo-se uma redução de 20% nos custos (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP (2020).

Universidade de São Paulo - USP - De acordo com informações obtidas no site da USP, a Política Ambiental da USP foi a base para orientar a formulação do Plano de Gestão Ambiental, dos Planos de Gestão Ambiental Temáticos e dos Planos Diretores Ambientais. Assim, através do estabelecimento de objetivos e metas decorrentes do diagnóstico, esses documentos estabeleceram

uma estrutura melhor definida para a gestão ambiental da Universidade. Dentre os meios para alcançar estes objetivos destaca-se Sistema Corporativo Informatizado de dados e monitoramento ambiental. (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP (2022)).

Na USP, desde 1995, opera na Cidade Universitária o Programa de Uso Racional da Água (PURA), criado por meio de uma parceria entre o Instituto de Pesquisas Tecnológicas e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp). Com a implantação do programa, após 16 anos, a USP conseguiu reduzir 41% de seu consumo anual. O objetivo do projeto era não só reduzir o consumo como uma medida paliativa, quanto mantê-lo estável. Para isso, foram necessárias a criação de comissões em todas as unidades do *campus*, com o objetivo de estabelecer um canal de comunicação rápido e eficiente para detectar falhas no gerenciamento da água (USP, 2022).

Um dos principais fatores do sucesso do programa demonstra ser a vigilância contínua. Mesmo com uma equipe pequena – dois engenheiros, um técnico e um coordenador – o Pura-USP consegue rapidamente identificar focos de desperdício e solicitar o seu reparo. Um sistema informatizado fornece em tempo real o consumo de água das 129 ligações tarifadas e de outras 77 ligações de uso exclusivo da universidade para comparar com a sua média mensal. Quando é percebida uma diferença significativa, os engenheiros buscam identificar a sua origem, para em seguida ser reparada (USP, 2022).

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - De acordo com informações no site: o Projeto de Extensão de Melhorias do Sistema de Abastecimento de Água e Conscientização do Uso Racional da Água na UFSC de 2019, teve como objetivo elaborar um plano simplificado de melhorias do sistema de abastecimento de água através de um diagnóstico mais detalhado, de ações corretivas e de monitoramento inteligente, além de conscientizar a comunidade universitária sobre o uso racional da água (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC, 2022).

A UFSC (2022) possui um acompanhamento mensal do consumo de água através do faturamento de água das concessionárias em cada *campus*, porém não havia um monitoramento efetivo com potencial para detectar perdas, como vazamentos, equipamentos ineficientes, mau uso. O projeto visou refinar os consumos de água por unidade consumidora, inspecionar as unidades com maiores demandas, comparar o cadastro de água existente com informações coletadas em campo, analisar o padrão de consumo de água para usos diretos (de consumo dos usuários em banheiros, chuveiros, água de beber, entre outros); e indireto (laboratórios, unidades administrativas), entre outros, e propor melhorias para redução do consumo.

Dentre as ações realizadas e produtos gerados destaca-se:

- Análise do consumo de água da UFSC por unidades medição (hidrômetros) em todos os Campi;
- Comunicado à comunidade universitária sobre o consumo mensal de água da UFSC via redes sociais e ofícios circulares;
- Sensibilização da comunidade universitária sobre o uso racional de água, através de campanha informativa;
- Elaboração do perfil de consumo estimado de água da UFSC;
- Acompanhamento de canal de comunicação para denúncias de vazamentos e sugestões de melhorias da UFSC;
- Estudo e aquisição de hidrômetros compatíveis com sistema de telemetria;
- Estudo para contratação do serviço de leitura e gestão de dados remotos para UFSC;
- Elaboração do plano simplificado de melhorias no sistema de abastecimento de água.

Dentre os resultados obtidos destaca-se a redução no consumo de água na UFSC de 2019, em relação a 2018, em 21%, equivalente a R\$ 635 mil e 60 mil metros cúbicos economizados (UFSC, 2022).

Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL (2016) - iniciou sua própria proposta de *campus* inteligente baseado no uso de *IoT* (*Internet of Things*). O primeiro projeto se refere a uma rede de iluminação inteligente por meio de sensores em postes de iluminação urbana.

Universidade Federal do Pará – UFPA (2020) - O projeto *Smart Campus* UFPA se baseou nos conceitos multidisciplinares de Cidades Inteligentes e Humanas (CIH) e busca desenvolver uma plataforma que reúna diversos serviços que contribuam para o cotidiano no *campus*. Além disso, tem-se o objetivo de engajar a comunidade universitária e demais frequentadores de forma a acentuar a relação população-universidade.

No próximo capítulo, apresenta-se a metodologia de pesquisa utilizada nesta pesquisa, construída com a finalidade de permitir que o pesquisador pudesse alcançar os objetivos propostos no trabalho.

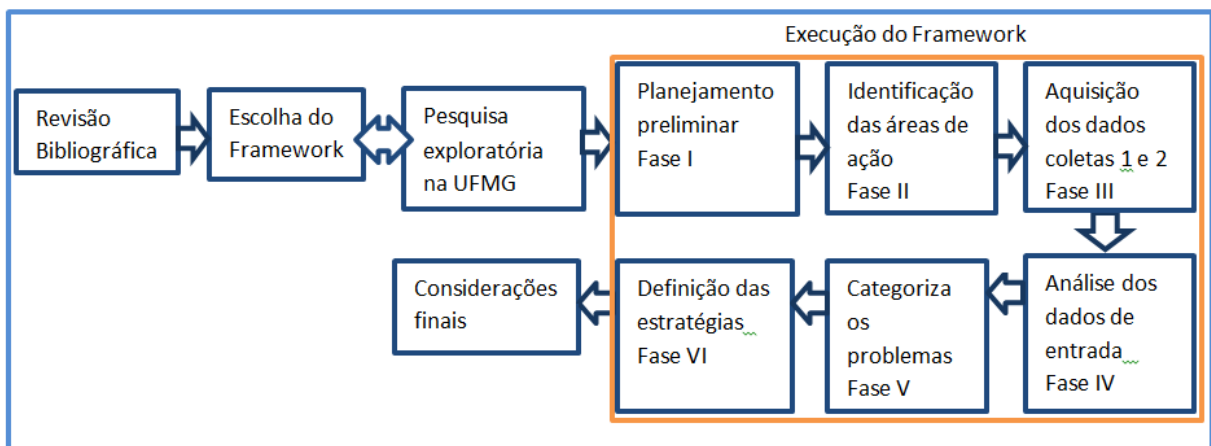
### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Apresenta-se neste capítulo a discussão metodológica a partir da qual se desenvolveu este trabalho. A partir da revisão da Literatura apresentada, foi possível identificar que a temática sobre *smart campus* tem sido abordada através da elaboração de *frameworks* ou roteiros que visam viabilizar a implantação dessas iniciativas. Nesse contexto, a metodologia de pesquisa proposta para o presente trabalho busca descrever e entender a atuação da governança da UFMG na gestão do consumo de água no *Campus Pampulha*, para propor estratégias de uso racional da água. Para tanto, buscou-se fundamentar a escolha do *framework* a ser empregado e descrevê-lo em resumo no item 2.3 (Cross. Ref. pág. 06).

A partir da referida revisão bibliográfica, propõem-se a escolha do *framework* e o desenvolvimento da pesquisa exploratória com observação, análise de documentos, planilhas de dados de consumo de água, análises elaboradas pela equipe técnica do Departamento de Gestão Ambiental (DGA) da UFMG, e relatórios com gráficos elaborados pela Comissão Permanente de Gestão Energética, Hídrica e Ambiental (CPGHEA). Na sequência, segue execução da análise dos resultados, que consiste na execução do *Framework* escolhido, o da Universidade de La Sapienza em Roma (PAGLIARO *et al.*, 2016), com o desenvolvimento das fases de Planejamento Preliminar, Identificação das áreas de ação, Aquisição dos dados, Análise dos dados de entrada, Categorização dos problemas e Definição das estratégias, e ao final as Considerações finais.

Para permitir melhor entendimento da pesquisa, a Figura 4 apresenta o esquema de execução do trabalho proposto, onde os procedimentos da metodologia de cada etapa serão expostos nas subseções a seguir.

Figura 4 - Estrutura do desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

### **3.1 Método da Fase I - Planejamento Preliminar.**

A Fase do Planejamento preliminar visa obter um conhecimento profundo da área de intervenção e seu contexto, que deve considerar e avaliar diversos aspectos como governança e meio ambiente, entre outros, no sentido de delinear uma compreensão geral sobre as áreas de intervenção, o objetivo e a viabilidade do projeto. O objetivo desta fase é o planejamento e a gestão das demais atividades das próximas fases, e seus resultados possibilitam entender quais dados são necessários e de que forma e onde tais informações podem ser levantadas, e como devem ser categorizadas.

### **3.2 Método da Fase II - Identificação das áreas de ação.**

Os resultados da Fase I serão utilizados para definição das áreas de ação, que são as áreas onde serão categorizadas as características e estratégias para proposição do *smart campus*.

### **3.3 Método da Fase III - Aquisição dos dados.**

A Fase III consiste em elaborar uma base de dados referente às áreas de ação definidas na Fase anterior, realizando coletas de dados nos documentos e planilhas existentes na Universidade e também entrevistas e questionários.

### **3.4 Método da Fase IV - Análise dos dados de entrada.**

Essa Fase é importante porque nela são levantados os pontos fortes e fracos da Universidade e como eles se relacionam, e onde os dados obtidos são agrupados em indicadores.

### **3.5 Método da Fase V - Categorização dos problemas.**

A partir da análise dos dados da Fase anterior, os resultados são interpretados, considerando suas carências e potencialidades, para que sejam priorizados os problemas a serem resolvidos, definindo quais dados precisam de melhoria e quais já podem ser considerados como recurso a ser empregado.



### **3.6 Método da Fase VI - Definição das estratégias.**

A Fase VI do framework consiste na indicação da estratégia mais adequada para cada área de ação, considerando os impactos de cada ação proposta dentro da sua área de ação correspondente.

## **4 ANÁLISE DE RESULTADOS - EXECUÇÃO DO *FRAMEWORK***

### **4.1 Fase I - Planejamento preliminar.**

No presente trabalho, o conhecimento da área de intervenção, que é o consumo de água do *campus* Pampulha, parte da análise dos dados tratados pela Comissão Permanente de Gestão Energética, Hídrica e Ambiental (CPGHEA) da UFMG, instituída em 2019 com o intuito de mapear os centros consumidores, quantificando o consumo total e específico de água e energia. Além disso, esta Comissão procura identificar e propor alternativas visando à redução do consumo de água e energia elétrica no âmbito da UFMG, bem como estimular boas práticas na comunidade acadêmica para o uso responsável desses recursos. O autor deste trabalho faz parte desta Comissão.

O relatório elaborado em 2019 pela CPGHEA foi estruturado a partir do diagnóstico do consumo de água e das despesas relacionadas e proposição de alternativas para redução do consumo em toda a UFMG, aprovadas por esta Comissão. O presente estudo considerou para análise, o consumo de água em razão de disponibilidade de dados existentes e conhecimento das questões envolvidas nessa área. As medições de 2019 já constam dos dados de consumo apresentados, em razão deste ser o ano anterior à pandemia de COVID-19, que alterou severamente os padrões de consumo nos anos de 2020 e 2021 com necessidade de distanciamento social e atividades remotas na UFMG.

O diagnóstico do consumo de água da UFMG considerou os dados gerados pelo *campus* Pampulha, que recebe diariamente, em seu funcionamento normal, cerca de 50 mil usuários, sendo o maior consumidor de água da UFMG, com maior número de usuários e unidades consumidoras, dentre elas, administrativas e acadêmicas. O referido diagnóstico foi dividido em tópicos e em cada um deles foram apresentadas as unidades consumidoras mais representativas e a série histórica de consumo referente ao período de janeiro de 2014 a dezembro de 2019.

A prestação dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto na UFMG é realizada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA. As despesas não foram consideradas neste momento, uma vez que se referem não só ao consumo de água mas também à prestação dos serviços de esgotamento sanitário, pois o uso da água resulta em geração de esgoto, que deve ser coletado e destinado a tratamento adequado.

## 4.2 Fase II - Identificação das áreas de ação.

- As áreas escolhidas para serem analisadas foram as de Gestão e Meio Ambiente:

A área da Gestão busca estudar um novo modelo de governança, com ênfase na transparência dos processos, a participação da comunidade como agente da gestão, a integração da medição de consumo e a disponibilidade de dados abertos em uma plataforma ou *dashboard* únicos. Mesmo como uma área específica, a categoria de Governança vem sendo considerada um aspecto transversal implicitamente envolvido nas demais áreas de ação. A área do Meio Ambiente visa elaborar projetos que reduzam os impactos ambientais decorrentes do desperdício, estimular práticas sustentáveis e de educação ambiental, além de promover a eficiência na utilização de recursos como a água.

## 4.3 Fase III - Aquisição de dados - Pesquisa exploratória.

Os dados de consumo apresentados neste trabalho foram extraídos da planilha de monitoramento do consumo de água gerenciada pela Divisão de Infraestrutura Sanitária (DISA), do Departamento de Gestão Ambiental (DGA) da Pró-Reitoria de Administração (PRA). Os dados utilizados foram obtidos junto aos setores competentes, utilizando a planilha de monitoramento do consumo de água do DGA/PRA, cuja unidade de consumo utilizada é em metro cúbico (m<sup>3</sup>), sendo que a leitura dos hidrômetros é realizada mensalmente pela COPASA e é conferida pelo DGA/PRA.

- Coleta 1: Consulta de documentos e relatórios – CPGHEA
- Coleta 2- Análises anteriores elaboradas pelos técnicos do DEMAI e DISA/DGA - PRA.

Nesse contexto foram consideradas as soluções oriundas da administração central, através da Pró-Reitoria de Administração, e alinhadas com interesses estratégicos da Universidade visando a sustentabilidade ambiental, numa abordagem *top-down*.

## 4.4 Fase IV - Análise dos dados de entrada.

O Relatório da CPGHEA, de 2019, registrou que a substituição de grande parte das tubulações de distribuição de água foi realizada em edificações mais antigas, dentre elas o

ICB, entre 2010 e 2014. Nesse contexto, a inspeção periódica da rede interna e manutenções contínuas torna-se fundamental no *campus* Pampulha, como forma de manter ações preventivas em detrimento de ações corretivas, que oneram mais e que podem implicar a suspensão de atividades das unidades.

Esta versão do Relatório CPGHEA aponta ainda que a implantação de dispositivos economizadores de água já ocorreu em algumas edificações, como por exemplo: descargas sanitárias com duplo comando, torneiras com acionamento manual por pressão, válvulas de controle de vazão nos lavatórios, mictórios masculinos com descargas por sensores de presença e sistemas de aproveitamento de água de chuva para abastecimento de parte das peças sanitárias. Dentre as unidades beneficiadas, cita-se Colégio Técnico (Coltec), ICB, EE, Faculdade de Letras (FALE) e Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas (FAFICH).

Em 2018 o *campus* Pampulha respondeu por aproximadamente 86% do volume consumido pela UFMG. De acordo com dados do Departamento de Gestão Ambiental DGA/PRA, a partir dos registros de volumes referentes a 2018, estima-se que quatro unidades do *campus* Pampulha respondam por aproximadamente 32% do volume total consumido neste *campus*, sendo o Instituto de Ciências Biológicas (ICB), o Instituto de Ciências Exatas (ICEEx), a Escola de Engenharia (EE) e Escola de Veterinária (EV). De acordo com dados do relatório da CPHEA, somente o consumo das 08 (oito) maiores unidades acadêmicas consumidoras no ano de 2018 respondeu por 49% de toda a despesa com água e esgoto do *campus* da Pampulha. Os 51% restante da despesa referem-se às demais unidades acadêmicas e unidades administrativas. Destaca-se que o *ranking* de maiores consumidores até a 8ª posição se repete em quase todos os anos. Neste contexto, é imprescindível a melhoria nas condições de monitoramento do consumo de água das unidades do *campus* Pampulha, principalmente naquelas de impacto mais significativo, para permitir que as medidas de redução de consumo sejam implantadas de forma efetiva, respeitadas as diferentes características de atividades desenvolvidas em cada unidade.

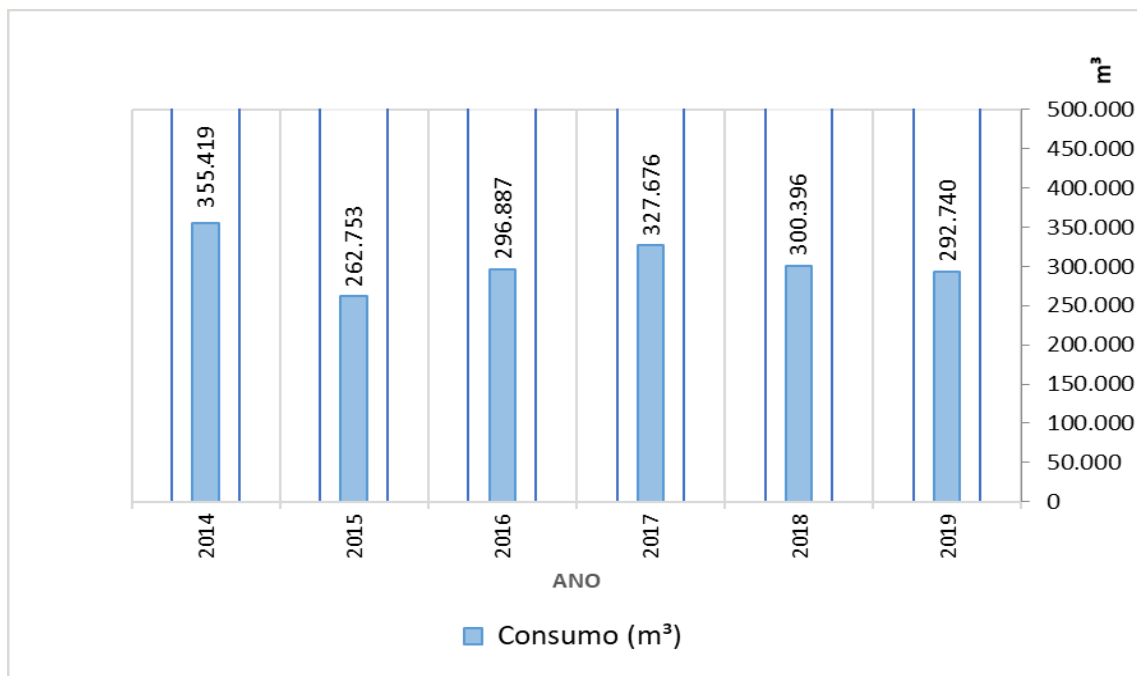
A seguir, são elencadas as ações concretas coordenadas pelo DGA/PRA e pelo Departamento de Manutenção (DEMAI/PRA) já implantadas na UFMG visando à redução do consumo de água em parte do *campus* Pampulha e em algumas unidades específicas, sendo necessária sua continuidade para que a redução de consumo de água pretendida seja alcançada. São elas:

#### 4.4.1 Monitoramento dos dados dos hidrômetros instalados no *campus* Pampulha.

Conforme citado anteriormente, o abastecimento de água de Belo Horizonte e da UFMG é realizado pela COPASA e o volume é registrado na micromedicação realizada por esta empresa, nos hidrômetros instalados em cada ponto de consumo, sendo 81 no *campus* Pampulha.

Como ponto forte desse processo de monitoramento pode-se destacar que a leitura realizada mensalmente pela COPASA já é supervisionada pelo DEMAÍ e DGA/PRA, visando identificar e/ou corrigir, em tempo hábil, possíveis anormalidades em relação às médias de consumo histórico em períodos com características similares, ou seja, períodos letivos e de férias acadêmicas, e usos típicos. Além disso, o monitoramento das leituras dos hidrômetros possibilita o registro de um histórico de dados que formam indicadores que auxiliam no processo de avaliação do desempenho do consumo, facilitando a gestão e o controle interno. O perfil do consumo anual de água no *campus* Pampulha, no período compreendido entre janeiro de 2014 a dezembro de 2019 apresentado no gráfico 1.

Gráfico 1 - Consumo anual de água no *campus* Pampulha de 2014 a 2019.



Fonte: UFMG (2020).

\* Departamento de Gestão Ambiental - DGA/PRA-UFMG.

#### 4.4.2 Hidrometrização de subdivisões e equipamentos redutores de vazão.

O Departamento de Manutenção (DEMAI-PRA) da UFMG, nos últimos anos, já vem atuando na instalação de equipamentos redutores de vazão nos banheiros do ICB, ICEX e Escola de Veterinária, que são unidades com instalações prediais mais antigas. Tais equipamentos compreendem uso de torneiras com fechamento automático e, se possível, a substituição das válvulas de descargas dos vasos sanitários por válvulas de descarga reduzida acopladas à parede, que podem apresentar redução de volume de aproximadamente 60 a 70% por acionamento.

#### 4.5 Fase V - Categorização dos problemas.

Mediante o exposto, é possível perceber que dentre os maiores problemas para permitir gestão de índices de sustentabilidade referente ao consumo de água no *campus* Pampulha, destacam-se os seguintes:

1º) A falta de hidrômetros individualizados para registro de consumo de água em determinados setores internos de uma mesma unidade impede o monitoramento correto e setorizado deste consumo. Muitas unidades de grandes dimensões só possuem um hidrômetro único centralizado para toda esta unidade. A ausência desses dados impede a construção de indicadores que poderão esboçar o perfil de consumos típicos de cada unidade, de acordo com as atividades nela desenvolvidas, e que variam ao longo do ano devido à dinâmica do calendário acadêmico.

Nesse sentido, alguns setores internos de unidades que representam os maiores consumos, ainda precisam receber novos hidrômetros internos, para possibilitar controle eficaz do consumo de água nesses setores/blocos específicos de uma mesma edificação. A título de exemplo, cita-se a unidade Escola de Engenharia (EE), uma das maiores consumidoras deste *campus*, que possui 8 (oito) subdivisões distribuídas em edificações diferentes e com hidrômetros próprios, sendo elas: Bloco 1, Bloco 2, Bloco 3, Centro de Experimentação, Laboratório de Extra Alta-Tensão - LEAT, Centro de Pesquisas Hidráulicas - CPH, Incubadora de empresas - INOVA e Túnel do Vento. Mesmo assim, o Bloco 1, onde estão localizadas as atividades administrativas, de pesquisa e de pós graduação das áreas das Engenharias Elétrica, Eletrônica, Mecânica, Produção, Transporte e Geotecnia, Materiais de

Construção, Estruturas, Hidráulica e Recursos Hídricos e Saneamento e Meio Ambiente, ainda só possui um hidrômetro para registrar o consumo de água desses setores tão diversos.

2º) A ausência de um sistema de monitoramento remoto em tempo real do consumo de água de unidades e setores internos impede a identificação de possíveis perdas como vazamentos, equipamentos ineficientes e mau uso, e conseqüentemente, impede respostas mais rápidas e assertivas para solução deste tipo de problema, como manutenção das descargas, bebedouros e torneiras, o que pode gerar grandes impactos no resultado mensal desse consumo. Outro ponto fraco do monitoramento atual é que o intervalo entre uma leitura e outra é muito extenso, o que não identifica consumos pontuais fora da média, nem se tem medições exclusivas para sistemas com alto consumo, como irrigação de áreas ajardinadas e dos lagos/espelhos d'água de prédios como a Reitoria e da Biblioteca Universitária.

3º) Existe uma dificuldade de adesão e manutenção do engajamento dos usuários da comunidade universitária para economia de consumo de água por que a falta de monitoramento mais preciso impede a divulgação de dados que apurem corretamente e confirmem o resultado dessas ações.

#### **4.6 Fase VI - Definição das estratégias.**

##### **➤ Estratégia 1:**

Implantação de monitoramento de consumo de água por meio de hidrômetros internos, possibilitando o estabelecimento de metas de economia para as unidades da UFMG, e análise do padrão de consumo de água para usos diretos e indiretos, em particular para os principais consumidores de água. Nesse sentido, ainda em fase de captação de recursos para implementação, o Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento Institucional 2022-2025 com título “Estudo de alternativas para produção de água e racionalização do consumo na UFMG”, será coordenado pelos professores Marcelo Libânio (Escola de Engenharia) e Rodrigo de Paula e Paulo Galvão (Instituto de Geociências), e que contará também com a participação de alunos de graduação e pós-graduação. Essa é mais uma das iniciativas no âmbito da CPGHEA. Em sua primeira etapa, este Projeto, conhecido como PDI Hídrico, será de análise dos projetos das instalações hidráulicas do ICB, ICEX e Escola de Veterinária, que permitirá identificar os

pontos nas colunas ou ramais de distribuição para possíveis de instalação de hidrômetros que terão leitura semanal.

O PDI propõe, na etapa de investigação das estruturas e instalações de equipamentos, a instalação dos equipamentos de redução de vazão nos pontos de utilização e dos hidrômetros nas colunas e ramais de distribuição das instalações de água fria, provavelmente iniciada no primeiro semestre letivo de vigência deste PDI, com leitura semanal dos hidrômetros principiando nos andares mais baixos do ICB, ICEX e Escola de Veterinária. A instalação dos equipamentos de redução de vazão em princípio será realizada por pessoal contratado externo à UFMG.

Além dos registros dos volumes nos hidrômetros internos e externos às edificações, será levantado o número diário de usuários junto às portarias de entrada das unidades e dos alunos matriculados em disciplinas ministradas nas salas dos respectivos andares onde foram instalados estes medidores de volume de água. Adicionalmente, serão também levantados o número dos laboratórios de cada andar e as respectivas áreas e pontos de utilização. Com tais informações, será possível estimar alguns indicadores de dispêndio de água nestas unidades e, se possível, compará-los aos de outros *campi* universitários.

Como já vem sendo realizado gradativamente pelo DEMAI da UFMG, a primeira vertente traduz-se na progressiva instalação de equipamentos redutores de vazão nos banheiros do ICB, ICEX e Escola de Veterinária. Excluiu-se em primeira instância a Escola de Engenharia por ser a edificação mais nova, cuja ocupação plena principiou-se em 2010. Recomendam-se o emprego de torneiras dotadas de fechamento automático e, quando possível, a substituição das válvulas de descargas dos vasos sanitários por válvulas de descarga reduzida acopladas à parede, as últimas comumente apresentam redução de volume de 60 a 70%, aproximadamente, por acionamento. Neste cenário, deve-se inicialmente priorizar os andares mais baixos pela maior magnitude das pressões dinâmicas e estáticas vigentes em cada ponto de consumo.

Se o projeto hidráulico destas três unidades o permitir, recomenda-se a instalação de hidrômetros nas colunas e ramais de distribuição das instalações de água fria de cada andar onde foram substituídas as torneiras e as válvulas de descarga. Desta forma, mais fidedignamente poderá ser realizada a comparação do dispêndio de água na mesma edificação, entre andares com e sem a substituição destes dispositivos de redução de vazão, e a estimativa do retorno do investimento. Tais iniciativas devem ser associadas, conforme mencionado, a campanhas de educação ambiental orientadas para o uso racional da água em toda a comunidade universitária.



A hidrometrização de subdivisões de unidades no *campus* Pampulha contribuirá para o controle de perdas reais, que dependerá das condições das infraestruturas locais. A cada tipo de circunstância, as ações vão variar de acordo com o diagnóstico feito e a relação custo-benefício. No entanto o programa de controle e redução de perdas reais é composto pelo seguinte:

- Controle ativo e detecção dos vazamentos, realizado através de investigações em campo para a detecção de vazamentos não visíveis.
- Melhoria dos materiais empregados na infraestrutura de abastecimento de água e da qualidade da manutenção.
- A rapidez e qualidade dos reparos é realizada pela redução no tempo de resposta entre a detecção do vazamento, visível ou não, e a reabilitação das redes.

➤ **Estratégia 2:**

A Portaria nº 295 do INMETRO, de 29/06/2018, que aprova o Regulamento Técnico Metrológico, estabelece as condições a que devem atender os medidores para água potável fria e quente, e define os hidrômetros como “instrumentos destinados a medir continuamente, memorizar e exibir o volume de água que escoar através de um transdutor de medição sob condições de medição” (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO, 2018).

Instalação de hidrômetros com leitura remota ou telemetria, que é a tecnologia da automatização da medição e da transmissão de dados de fontes remotas para estações de recebimento, onde os dados sofrem processamento, análise e arquivamento. Para tanto, esse monitoramento inteligente precisará empregar sistemas como Internet das Coisas (*IoT*), *big data* para armazenamento dos dados em nuvens, além de Inteligência Artificial (*IA*). A partir do uso do *IoT*, com essa conexão digital de medidores de água com a internet, será possível a coleta e transmissão de dados de consumo em diferentes níveis espaciais e diferentes intervalos de tempo, permitirá que esses dados sejam enviados, em tempo real, para uma central que monitora o consumo durante o mês inteiro, sem intervenção de “leiturista” ou terceiros. Isso propiciará contínuo monitoramento de aspectos ambientais do *campus* Pampulha, como o consumo de água e monitoramento de sistema de irrigação automatizado, com o objetivo alcance de metas de uso racional e evitar desperdícios.

As empresas de serviços de água estão notando as enormes oportunidades e benefícios com a transição para a era digital de medição: além da economia, é possível analisar várias características da água, como vazão, pressão, velocidade, temperaturas, vazamentos e qualidade (STEWART *et al.*, 2018).

Koech, Gyasi-Agyei e Randall (2018) descrevem que os sistemas de medição de água com leitura remota se assemelham aos sistemas convencionais, sendo a única diferença a existência de aparelho acoplado que permite a geração de dados de consumo em tempos que se aproximam ao tempo real. O uso do sistema de medição com telemetria, além de disponibilizar informações de modo remoto, permite análise dos dados de leitura para detecção de vazamentos e respostas com ações mais assertivas de correção, além de poder mensurar e reduzir as perdas de água do sistema e melhor gestão da demanda contratada com a COPASA, e com isso uso mais sustentável dos recursos hídricos.

Monks *et al.* (2019) destacam que os sistemas avançados de medição automática permitem a medição de hidrômetros em intervalos pré-determinados, com disponibilidade de um grande conjunto de dados armazenados num *big data* para que tanto as concessionárias de água quanto os usuários possam utilizar esses dados para conhecer melhor os padrões de consumo e, com isso, planejar redução de perdas.

Os sistemas de telemetria podem ser divididos em três subsistemas, que são:

- Infraestrutura de medição composta pelo Elemento de Medição Remota (EMR), que engloba os medidores e os componentes de transmissão;
- Rede de comunicação ou de telecomunicações utilizada, podendo ser a Internet, rede de celular, rede telefônica ou outras;
- Infraestrutura de tratamento e gestão dos dados, ou sistema supervisor, que permitirá o monitoramento e gerenciamento e análise da informação obtida pelo sistema remoto.

O sistema supervisor corresponde fisicamente aos servidores *web*, cujo papel é prover um banco de dados para gestão do conhecimento, construindo uma visão clara e objetiva dos elementos envolvidos. O sistema supervisor deve incluir os usuários, os dados de entrada e de saída pertinentes, e deve promover uma responsabilidade social compartilhada no que se refere ao uso sustentável dos recursos (LIMA; NAVAS, 2012).

A obrigatoriedade da medição individualizada do consumo hídrico instituída pela Lei 13.312, de 12/06/2016, trouxe novas formas de se projetar o sistema hidráulico em novas edificações condominiais (BRASIL, 2016). Esta Lei entrou em vigor em 2021 após

decorridos cinco anos de sua publicação oficial. No caso das edificações do campus Pampulha da UFMG, esse tipo de medição individualizada é condição para que seja possível mensurar com maior precisão, o real consumo de água de um determinado setor ou bloco de uma grande Unidade Acadêmica ou Administrativa. No sistema de medição atual só é possível ter essa informação após leitura do hidrômetro que abastece a Unidade, por parte da COPASA, e com resolução máxima de 1 m<sup>3</sup>, sendo que o ideal seria apurar os valores de consumo em intervalos de tempo menores e com uma maior precisão.

Monks *et al.* (2019), também ressaltam que a implementação da medição automatizada do consumo de água, por si só, não traz os potenciais benefícios que a ela podem ser associados. Além de implementar, as concessionárias precisam também evoluir seus sistemas, processos e recursos, oferecendo novos serviços.

Alguns requisitos para alcançar as vantagens da medição automatizada, ainda para Monks *et al.* (2019):

- Automatização das leituras usando infraestrutura de medição remota;
- Melhorias na previsão de demanda a partir de software de análise de dados, que considerem dados além do consumo;
- Instalação de um sistema de alarme de consumos fora do padrão que indique possibilidade de vazamento nas instalações das Unidades consumidoras;
- Desenvolvimento de um dashboard de dados detalhados dos consumos das Unidades;
- Estabelecer capacidade para análise de dados confiáveis de medidores, medições e categorias de consumo;
- Aumentar o conhecimento acerca dos consumidores e do funcionamento das redes.

▪ **Os hidrômetros ultrassônicos:**

Existem hoje três principais metodologias de medição de vazão de fluídos baseadas em ultrassom, a de Tempo Transitório, Doppler e Correlação de Sinais. Todos eles possuem como método a medição da velocidade de propagação da onda pelo fluido, pela qual se calcula a vazão (REYES; ACEVEDO, 2010).

Dentre as vantagens do emprego dos medidores ultrassônicos ou eletromagnéticos estão a grande precisão, possibilidade de realizar a medição separadamente em dois sentidos, e a inexistência de partes móveis (RAJITA; MANDAL, 2016). Havendo caso de fluxo de ar, este não será medido pelo equipamento, dadas as diferenças do meio de condução da onda

(mecânica ou eletromagnética) neste meio, o que é vantajoso por deixar de computar consumo quando ocorre passagem de ar.

Principais vantagens do medidor Ultrassônico são:

- Não mede ar;
- Permite leitura remota;
- QR Code ou RFID;
- Emissão de alarmes;
- Alta durabilidade;
- Segurança dos dados;
- Possui alto índice de desempenho de medição - Ideal para implementação em cidades inteligentes (Opções de saída pulsada, e rádio Lora).

▪ **Os sistemas de comunicação:**

Para permitir o funcionamento da infraestrutura de medição automatizada remota será necessário uso de sistemas que permitam o tráfego de informações entre dispositivos, e entre dispositivos e centrais de controle e usuários da informação. Para isto, diferentes redes de comunicação, tais como rede celular, ZigBee, Wi-Fi, LoRa, podem ser usadas.

Dentre as diferentes tecnologias que podem ser aplicadas, deve-se optar por aquelas que atendam às necessidades de largura de banda e volume de dados, consumo de energia, alcance, e também, cobertura e custo de utilização, quando se emprega redes como Celular e SigFox, as quais dependem de empresas operadoras. E também considerando se já existe infraestrutura para suportar a utilização da tecnologia, como cabeamento, e antenas. Podem-se citar diversas redes a serem empregadas em cidades inteligentes, que utilizam diferentes meios físicos, como PLC (Power Line Communication), Wi-Fi, LoRa, GSM (KABALCI, 2016).

O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE), vinculado à, União Internacional de Telecomunicações (UIT), do qual o Brasil faz parte por estar vinculado à ONU, dentre variadas atuações na sociedade, estabelece padrões para diversas aplicações de dispositivos eletrônicos, como o protocolo de redes de comunicação como Redes sem fios Wireless Fidelity (Wi-Fi). Esse tipo de rede, que é baseada no protocolo de comunicação IEEE 802.11, permite a comunicação entre dispositivos e a internet sem fios, e é hoje uma das redes mais comuns de comunicação Wi-Fi, e o principal meio de acesso ao tráfego de dados na internet (WIFI ALLIANCE, 2020).

Nesta rede, existem dois tipos de dispositivos, os pontos de acesso e os dispositivos clientes. Montada em topologia estrela, todos os clientes se conectam ao ponto de acesso, que por sua vez permite tanto a troca de informação entre os dispositivos Wi-Fi, como pode permitir a comunicação com outras redes de comunicação com fios, como a Ethernet. Esta última pode estar conectada à Internet e prover aos dispositivos sem fios acesso ao mundo externo (RABUSKE, 2017).

Nesse contexto, as redes do tipo Wi-Fi (IEEE 802.11) se apresentam como mais adequadas de serem utilizadas no contexto da UFMG, em razão de sua maior disponibilidade e integração direta com a Internet, que permite coleta de dados por um microcontrolador e enviados diretamente on-line, e ainda por não exigir uma complexa estrutura física de cabeamento a ser instalado.

Vendemiatti (2020) destaca que em um cenário que estivesse disponível um Gateway LoRaWAN, certamente ela seria a escolha, dado seu baixo consumo de energia, o que torna possível alimentar o medidor até mesmo com uma bateria, em caso extremo, auxiliada por painel solar, aliado ao longo alcance. E mesmo apenas permitindo pequenos pacotes de dados a baixas velocidades, atenderia ao volume de dados gerado pelo medidor. Além disso, mais um facilitador seria a disponibilidade de microcontroladores que já possuem a tecnologia Wi-Fi integrada. Esses sistemas ainda não são muito utilizados principalmente devido aos custos elevados para o monitoramento automatizado, o que em alguns casos, pode acabar inviabilizando tal método (VENDEMIATTI, 2020).

➤ **Estratégia 3:**

Publicização dos dados de consumo por divulgados por *dashboard*, para permitir que cada hidrômetro que possua uma tela própria de monitoramento remoto *on line* dos dados, possa contar com uma única central de monitoramento e controle de dados. A divulgação dos dados de consumo de água também através da conectividade dispositivos móveis dos responsáveis por esse monitoramento nas respectivas unidades, será necessária para elaboração e implantação do Plano de Gestão de Logística Sustentável da UFMG. Além disso, recomenda-se o desenvolvimento de um aplicativo de registro de vazamentos ou funcionamento inadequado de instalações, por parte de servidores e estudantes. Isso contribuirá para identificar os pontos de vazamento ou perda de água e mal funcionamento de equipamentos hidráulicos.

Dessa forma, espera-se que os usuários do *campus* Pampulha consigam interagir com a comunidade auxiliando na tomada de decisões através do uso intensivo e integrado das tecnologias de comunicação que são constantemente desenvolvidas e testadas em tempo real, gerando inovação na melhoria da gestão da Universidade cada vez mais sustentável.

➤ **Estratégia 4:**

Nesse contexto, destaca-se a necessidade de intensificar campanhas de educação ambiental direcionadas à comunidade acadêmica para o uso racional de água, adoção de práticas voltadas à redução do consumo com atuação nos grupos de funcionários responsáveis por atividades como limpeza, irrigação de jardins, cantinas e restaurantes, docentes, servidores administrativos e os discentes, maior parcela da população do *campus* Pampulha. Essas campanhas de educação ambiental, com apoio da Faculdade de Educação e Centro de Comunicação da UFMG (CEDECOM), orientadas para o uso racional da água e de combate a vazamentos, e criando um canal de comunicação aberto à comunidade universitária para tratar de assuntos relacionados à gestão do consumo de água na universidade, facilitando a comunicação entre usuários e setores responsáveis pela manutenção.

Nesse sentido, como mais uma iniciativa da CPGHEA, em parceria o CEDECOM, foi criado o portal UFMG sustentável, que é uma ação institucional que visa à promoção da sustentabilidade nas ações cotidianas que se desenvolvem tanto na esfera administrativa quanto nas práticas de ensino, pesquisa e extensão da UFMG. As dimensões de atuação do UFMG Sustentável são as Energética, Hídrica e Ambiental, sendo que já há uma aba voltada para Educação Ambiental com divulgação de ações e campanhas como Nossa Parte, Bocados de Gentileza e as campanhas já elaboradas pelo DGA, além de novas a serem implementadas.

Com a finalidade de responder a problemática levantada na pesquisa e responder os objetivos propostos, apresenta-se a conclusão da pesquisa.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme exposto ao longo do trabalho, iniciativas de implantação de ferramentas baseadas no conceito de *campus* inteligente podem contribuir para o monitoramento de indicadores visando à sustentabilidade ambiental no *campus* Pampulha da UFMG.

As características de consumo de água no *campus* Pampulha foram consideradas neste estudo para permitir melhor compreensão dos perfis das maiores Unidades consumidoras de água, e, assim, propor estratégias que possibilitem melhor gestão da informação, melhor dimensionamento de novas instalações, assim como reformas, permitindo investimento em sistemas de abastecimento de água cada vez mais eficientes. Ainda considerando este *campus* como um laboratório de implantação de soluções inteligentes, através do *framework* composto pelas seis fases que propõem esse tipo de estratégias, foi possível identificar deficiências como a falta de hidrômetros individualizados e ausência de um sistema de monitoramento remoto em tempo real do consumo de água que impedem a identificação de perdas no sistema e respostas mais rápidas e assertivas para solução deste tipo de problema.

O presente estudo buscou relacionar as fases descritas na referida metodologia, com os dados do consumo de água no *campus* Pampulha que constam do relatório elaborado pela CPGHEA da UFMG em 2019, ano anterior à pandemia de Covid19, que impactou diretamente o consumo de água devido às atividades de modo remoto.

Como resultado foram apresentadas estratégias como uso de hidrômetros em setores internos das Unidades com maiores dimensões e consumo de água e implantação de sistema de monitoramento remoto desses hidrômetros, buscando solucionar algumas deficiências através de tecnologias aplicáveis a *campus* inteligentes. Essas iniciativas visam contribuir com a governança da UFMG e estimular a interação da comunidade universitária para o desenvolvimento participativo de projetos que contribuam para a construção de um *campus* Pampulha inteligente e ambientalmente mais sustentável na UFMG.

## REFERÊNCIAS

- ABUARQOUB, A. *et al.* Survey on internet of things enabled smart campus applications. *In: CONFERENCE ON FUTURE NETWORKS AND DISTRIBUTED SYSTEMS*, 2017, New York. **Proceeding [...]** New York, 2017. p. 1–7. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3102304.3109810>. Acesso em: 22 maio 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 37120/2017**. Desenvolvimento sustentável de Comunidades – indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida. Rio de Janeiro, 2017.
- BANDARA, H. M. A. P. K. *et al.* Smart campus phase one: smart parking sensor network. *In: MANUFACTURING AND INDUSTRIAL ENGINEERING SYMPOSIUM*, 1., 2016, New York. **Proceedings [...]**. New York: MIES, 2016. p. 1-6.
- BARACHO, R. M. A. *et al.* **A Proposal for developing a comprehensive ontology for smart cities/smart buildings/smart life**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/332028167>. Acesso em: 4 fev. 2020.
- BATTY, M. *et al.* Smart cities of the future. **The European Physical Journal Special Topics**, Les Ulis, v. 214, p. 481–518, 2012.
- BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/projetosestrategicos/bhcidadeinteligente>. Acesso em: 21 out. 2022.
- BRASIL. **Lei nº 13.312, de 12 de julho de 2016**. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, para tornar obrigatória a medição individualizada do consumo hídrico nas novas edificações condominiais. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/lei/113312.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2013.312%2C%20DE%2012%20DE%20JULHO%20DE%202016.&text=Altera%20a%20Lei%20n%C2%BA%2011.445,h%C3%ADrico%20nas%20novas%20edifica%C3%A7%C3%B5es%20condominiais](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/113312.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2013.312%2C%20DE%2012%20DE%20JULHO%20DE%202016.&text=Altera%20a%20Lei%20n%C2%BA%2011.445,h%C3%ADrico%20nas%20novas%20edifica%C3%A7%C3%B5es%20condominiais). Acesso em: 15 out. 2022.
- CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. Smart cities in Europe. **CENTRAL EUROPEAN CONFERENCE ON REGIONAL SCIENCE**, 3., 2009, Košice. 1-15. Disponível em: [http://www.intaaivn.org/images/cc/Urbanism/background%20documents/01\\_03\\_Nijkamp.pdf](http://www.intaaivn.org/images/cc/Urbanism/background%20documents/01_03_Nijkamp.pdf). Acesso em: 15 jul. 2022.
- CONSELHO UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Resolução nº 08/2009, de 16 de junho de 2009**. Institui o Regulamento de Uso e Ocupação do Solo do Campus da Pampulha da UFMG. Disponível em: [https://www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/RESOLU%C3%87%C3%83O-No-08-2009\\_-16-DE-JUNHO-DE-2009.pdf](https://www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/RESOLU%C3%87%C3%83O-No-08-2009_-16-DE-JUNHO-DE-2009.pdf). Acesso em 22 ago. 2022.
- COUTO, E. A. **Aplicação dos indicadores de desenvolvimento sustentável da norma ABNT NBR ISO 37120:2017 para a cidade do Rio de Janeiro e análise comparativa com cidades da América Latina**. 2018. 163 p. Projeto (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ, 2018.



DEAKIN, M. **Smart cities: governing, modeling and analyzing the transition**. London: Routledge, 2013. v. 1.

DE ANGELIS, A. L. C. *et al.* “The Brescia Smart Campus Demonstrator. Renovation toward a zero energy classroom building”. **Procedia Engineering**, Oxford, v. 118, p. 735–743, 2015.

FERREIRA, F. H. C.; ARAUJO, R. M. Campus Inteligentes: conceitos, aplicações, tecnologias e desafios. **RelaTe-DIA**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, 2018. Disponível em: <http://seer.unirio.br/monografiasppgi/article/view/7147>. Acesso em: 11 out. 2022.

GABRYS, J. Programming environments: environmentality and citizen sensing in the smart city. **Journal Environment and Planning D: Society and Space**, London, v. 32, n. 1, p. 30-48, 2014. Disponível em: <http://epd.sagepub.com/content/32/1/30.abstract>. Acesso em: 10 jul. 2016.

GIFFINGER, R. *et al.* **Ranking of European medium-sized cities**", Vienna: Centre of Regional Science, 2007. p. 11.

HOPPE, M. F. F. *et al.* A associação de novas tecnologias a métodos tradicionais de vistorias em obras de arte especiais. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 64770-64790, 2021.

HOPPE, M. F. F. *et al.* **Modelagem da informação: arquitetura, urbanismo e meio ambiente**. 2022. 234 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Portaria nº 295, de 29 de junho de 2018**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002515.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (INATEL). **Smart Campus reforça parceria do Inatel com alunos e ex-alunos**. Santa Rita do Sapucaí: INATEL, 2016.

INTELI. **Índice de cidades inteligentes - Portugal**. 2012. Disponível em: [http://www.inteli.pt/uploads/documentos/documento\\_1357554966\\_2590.pdf](http://www.inteli.pt/uploads/documentos/documento_1357554966_2590.pdf). Acesso em: 5 out. 2017.

JACOSKI, C. A.; HOFFMEISTER, L. M. Um modelo de campus inteligente para reorganização do ambiente universitário - **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 1373-1388, fev. 2019.

KABALCI, Y. Uma pesquisa sobre medição inteligente e comunicação de rede inteligente. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, v. 57, p. 302–318, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.114>. Acesso em: 21 nov. 2022.

KOECH, R.; GYASI-AGYEI, Y.; RANDALL, T. The evolution of urban water metering and conservation in Australia. **Flow Measurement and Instrumentation**, Guilford, v. 62, p. 19- 26, 2018.

KWOK, L. A vision for the development of i-campus. **Smart Learning Environments**, Beijing, v. 2, n. 1, p. 2, Dec. 2015.

LIMA, C. A. F.; NAVAS, J. R. P. Smart metering and systems to support a conscious use of water and electricity. **Energy**, Oxford, v. 45, p. 528-540, 2012.

MACIEL, C. A.; MALARD, M. L. (org.). **Territórios da universidade: permanências e transformações**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012.

MISHCHENKO, O. *et al.* **Cloud service for university E-government**. 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/312184487\\_Cloud\\_service\\_for\\_university\\_E-government](https://www.researchgate.net/publication/312184487_Cloud_service_for_university_E-government). Acesso em: 23 out. 2022.

MONKS, I. *et al.* Revealing unreported benefits of digital water metering: literature review and expert opinions. **Water**, Pittsburgh, v. 11, p. 838- 870, 2019.

NEVES, A. R.; SARMANHO, K.; MEIGUINS, B. O Papel da Universidade na Construção de Cidades Inteligentes e Humanas. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação**, Curitiba, v. 16, n. 2, p. 1-17, maio/ago. 2017.

PAGLIARO, F. *et al.* A roadmap toward the development of Sapienza smart campus. *In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND ELECTRICAL ENGINEERING*, 16., 2016, Florence. **Proceeding [...]**. Florence: IEEE, 2016. p. 1-6.

RABUSKE, M. H. B. **Estudo do protocolo LoRaWAN e implementação de uma rede privada com nós distribuídos**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017

RAJITA, G.; MANDAL, N. **Review on transit time ultrasonic flowmeter**. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROL, INSTRUMENTATION, ENERGY & COMMUNICATION (CIEC)*, 2., 2016. p. 88-92. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7513740>. Acesso em: 21 out. 2022.

REYES, J.; ACEVEDO, A. **Modeling and simulation of ultrasonic flow meters: state of art**. 2010. p. 1–7. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5634018>. Acesso em: 11 out. 2022.

SOARES, E. **Classificação e implementação de aplicações de sensoriamento móvel em cidades inteligentes**. 2017. Disponível em: <http://bsi.uniriotec.br/tcc/201701EltonFigueiredo.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

STEWART, R. A. *et al.* Integrated intelligent water-energy metering systems and informatics: Visioning a digital multi-utility service provider. **Environmental Modelling & Software**, Lugano, v.105, p. 94–117, 2018.

UNIVERSIDADE DE CAMPINAS (UNICAMP). **Smart Campus – Unicamp: internet das coisas**. Disponível em: <https://smartcampus.prefeitura.unicamp.br/>. Acesso em: 22 jul. 2020.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). Disponível em: <http://www.sga.usp.br/grupos-de-trabalho-da-sga/politica-ambiental-na-universidade/>. Acesso em: 21 set. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). Disponível em: [https://gestaoambiental.ufsc.br/gestao-das-aguas/melhorias\\_abastecimento\\_agua/](https://gestaoambiental.ufsc.br/gestao-das-aguas/melhorias_abastecimento_agua/). Acesso em: 12 set. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). <https://www.ufmg.br/sustentabilidade/educacao-ambiental/campanhas/>. Disponível em: 22 ago. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). **Anexo à Resolução nº 08, de 16 de junho de 2009**. Institui o Regulamento de Uso e Ocupação do Solo do Campus da Pampulha da UFMG. Disponível em: [www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/RESOLUÇÃO-No-08-2009\\_-16-DE-JUNHO-DE-2009.pdf](http://www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/RESOLUÇÃO-No-08-2009_-16-DE-JUNHO-DE-2009.pdf). Acesso em: 21 set. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ (UFPA). **LASSE implementa a primeira rede móvel 5G privada em ambiente universitário do Brasil**. Belém: UFPA, 2020. Disponível em: <https://portal.ufpa.br/index.php/ultimas-noticias2/11950-lasse-implementa-a-primeira-rede-movel-5g-privativa-em-ambiente-universitario-do-brasil>. Acesso em: 13 fev. 2021.

VENDEMIATTI, C. **Sistema remoto para monitoramento do consumo de água em tempo real**. Sorocaba, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/>. Acesso em: 21 set. 2022.

WIFI ALLIANCE. **Wi-Fi Generations**. Austin, Texas, EUA, 2020. Disponível em: <https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi>. Acesso em: 21 out. 2022.

XIAO, N. Constructing smart campus based on the cloud computing platform and the internet of things. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE AND ELECTRONICS ENGINEERING*, 2., 2013, Paris. **Proceedings [...]**. Paris: ICCSEE, 2013. p. 1576–1578.

YU, Z. *et al.* Towards a smart campus with mobile social networking. *In: INTERNATIONAL CONFERENCES ON INTERNET OF THINGS AND CYBER*, 2011, 2011. **Proceedings [...]**. Piscataway: IEEE, 2011. p. 162–169.

ZANELLA, A.; BUI, N.; CASTELLANI, A. Internet of things for smart cities. **IEEE Internet of Things Journal**, North Dartmouth, v. 1, n. 1, p. 22-32, 2014. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6740844/authors>. Acesso em: 23 set. 2022.