

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CÂMPUS ITAJAÍ

MARIA EDUARDA STUEPP JUSTINO

***SMART CAMPUS: MODELO CONCEITUAL PARA INTEGRAÇÃO DE
TECNOLOGIAS IoT, DADOS E SERVIÇOS NO INSTITUTO FEDERAL DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS ITAJAÍ***

ITAJAÍ

2026

Maria Eduarda Stuepp Justino

Smart Campus: Modelo Conceitual para Integração de Tecnologias IoT,
Dados e Serviços no Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Itajaí

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Santa Catarina, para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Roddy Alexander Romero Antayhua

Itajaí

2026

Ficha de Identificação da obra elaborada pelo autor, através do cadastro de ficha de identificação disponível no portal discente do Sistema Integrado de Gestão Acadêmica - SIGAA, do IFSC.

Justino, Maria Eduarda Stuepp

Smart Campus: Modelo Conceitual para Integração de Tecnologias IoT, Dados e Serviços no Instituto Federal de Santa Catarina Câmpus Itajaí / Maria Eduarda Stuepp Justino ; orientador(a): Prof. Dr. Roddy Alexander Romero Antayhua. -- Itajaí : 2026.

110 p.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Itajaí. Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Itajaí, 2026.

Inclui referências.

1. Smart Campus. 2. Internet das Coisas. 3. LoRaWAN. 4. Transformação Digital. 5. IFSC. I. Antayhua, Prof. Dr. Roddy Alexander Romero. II. Instituto Federal de Santa Catarina, Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica. III. Título.

Maria Eduarda Stuepp Justino

*Smart Campus: Modelo Conceitual para Integração de Tecnologias IoT,
Dados e Serviços no Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Itajaí*

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia
Elétrica do Instituto Federal de Santa Catarina,
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica.

Itajaí, 10 de agosto de 2026.



Documento assinado digitalmente
RODDY ALEXANDER ROMERO ANTAYHUA
Data: 21/08/2026 21:30:25-0300
CPF: ***.069.960-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Dr. Eng. Roddy Alexander Romero Antayhua
Instituto Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
ANA ELISA FERREIRA SCHMIDT
Data: 24/08/2026 17:02:43-0300
CPF: ***.567.300-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Dra. Inf. Ana Elisa Ferreira Schmidt
Instituto Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
SERGIO AUGUSTO BITENCOURT PETROVIC
Data: 21/08/2026 22:21:49-0300
CPF: ***.649.159-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Dr. Eng. Sergio Augusto Bitencourt Petrovcić
Instituto Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais,
Andréia e Luiz Gustavo, que sempre
fizeram de tudo por mim. Cada etapa desta
caminhada foi possível graças a vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha família, por todo apoio, incentivo e compreensão ao longo da minha trajetória acadêmica. Em especial, agradeço aos meus pais, por sempre estarem ao meu lado, acreditarem em mim e me darem força nos momentos em que mais precisei.

Ao meu namorado, Matheus, agradeço pelo apoio, pela paciência e pelo companheirismo ao longo desses anos. Sua presença tornou muitos momentos mais leves e me ajudou a seguir em frente durante os desafios da graduação.

Ao meu orientador, professor Dr. Roddy Romero, deixo meu sincero agradecimento pela orientação, atenção e disponibilidade durante o desenvolvimento deste trabalho. Desde o início, sua ajuda e suas contribuições foram fundamentais para a construção deste TCC, e sou grata pela confiança e pelo acompanhamento durante todo esse processo.

Agradeço também ao professor Leonardo Machado, pelas contribuições relacionadas à área de aquicultura e pela disponibilidade em compartilhar informações que auxiliaram na compreensão da importância das aplicações práticas desenvolvidas neste trabalho.

Agradeço ao meu colega, que desenvolveu a estrutura do banco de dados utilizada neste trabalho, pela disponibilidade, paciência e suporte prestado ao longo do desenvolvimento.

Agradeço aos professores e servidores do IFSC Câmpus Itajaí que contribuíram para minha formação acadêmica e para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos, agradeço pelo apoio, pela parceria e por tornarem os momentos difíceis da faculdade mais leves e alegres. O container, nosso ponto de encontro, ficará guardado na memória.

“A educação não muda o mundo. A educação muda as pessoas. As pessoas mudam o mundo.” (Brandão, 2005, p. 50).

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo propor um modelo conceitual de *Smart Campus* para o IFSC Câmpus Itajaí, baseado na integração entre soluções baseadas em Internet das Coisas (IoT), infraestrutura física e digital, gestão de dados, serviços digitais e participação da comunidade acadêmica. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, exploratória e descritiva, com abordagem qualitativa e caráter propositivo, sendo desenvolvida a partir da revisão da literatura sobre *Smart Campus*, Transformação Digital, IoT, governança de dados, sustentabilidade e serviços inteligentes. Com base nos estudos e necessidades analisados no contexto institucional, foi proposto um modelo organizado em cinco pilares: Infraestrutura e Operação, Dados e Governança, Ensino Inteligente, Pesquisa e Inovação, e Transparência e Serviços, tendo a sustentabilidade como princípio transversal. O modelo também foi estruturado em camadas, com os *stakeholders* posicionados no centro e relacionados diretamente à concepção da solução, tecnologia, infraestrutura e serviço entregue. Como aplicações práticas, foram integrados ao site informativo os dados de dois dispositivos conectados por rede LoRa, o primeiro utilizado no monitoramento da localização do Barco-Escola, e o segundo utilizado no monitoramento de temperatura associado aos tanques localizados na estufa do câmpus e arredores. Os resultados evidenciam a viabilidade inicial da proposta, tanto na organização de um modelo adaptado à realidade do IFSC Câmpus Itajaí quanto na demonstração prática de coleta, transmissão, armazenamento e visualização de dados. Conclui-se que o modelo pode apoiar futuras iniciativas de *Smart Campus*, contribuindo para o planejamento institucional, a inovação tecnológica, a governança de dados, a sustentabilidade e o desenvolvimento gradual de soluções inteligentes centradas nos *stakeholders*.

Palavras-chave: *Smart Campus; Internet das Coisas; LoRaWAN; Transformação Digital; IFSC.*

ABSTRACT

This study aimed to propose a conceptual *Smart Campus* model for IFSC Itajaí Campus, based on the integration of Internet of Things (IoT)-based solutions, physical and digital infrastructure, data management, digital services, and the participation of the academic community. The research is characterized as applied, exploratory, and descriptive, adopting a qualitative and propositional approach, and was developed based on a literature review covering *Smart Campus*, Digital Transformation, IoT, data governance, sustainability, and smart services. Based on the studies reviewed and the needs identified within the institutional context, a model structured around five pillars was proposed: Infrastructure and Operations, Data and Governance, Smart Education, Research and Innovation, and Transparency and Services, with sustainability as a cross-cutting principle. The model was also organized into layers, with *stakeholders* positioned at the center and directly connected to solution design, technology, infrastructure, and service delivery. As practical applications, data from two devices connected through a LoRa network were integrated into the informational website. The first device was used to monitor the location of the Training Vessel (*Barco-Escola*), while the second was used for temperature monitoring associated with the tanks located in the campus greenhouse and surrounding areas. The results demonstrate the initial feasibility of the proposal, both in terms of organizing a model adapted to the context of IFSC Itajaí Campus and in the practical demonstration of data collection, transmission, storage, and visualization. It is concluded that the model can support future *Smart Campus* initiatives, contributing to institutional planning, technological innovation, data governance, sustainability, and the gradual development of intelligent solutions centered on *stakeholders*.

Keywords: *Smart Campus*; Internet of Things; LoRaWAN; Digital Transformation; IFSC.

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 – Fluxograma do percurso metodológico da pesquisa	32
Imagem 2 – Barco-Escola utilizado como ativo monitorado	46
Imagem 3 – Estufa monitorada por dispositivo NIT 21LI e sondas de temperatura ..	46
Imagem 4 – Dispositivo Dragino TrackerD-LS utilizado no protótipo de monitoramento do Barco-Escola	50
Imagem 5 – Ilustração do NIT 21LI instalado na estufa para monitoramento de temperatura d'água dos tanques.....	51
Imagem 6 - Modelos de referência utilizados na construção dos pilares do modelo de Smart Campus.....	57
Imagem 7 – Pilares do modelo de Smart Campus proposto para o IFSC Câmpus Itajaí	58
Imagem 8 – Estrutura em camadas do modelo de Smart Campus proposto para o IFSC Câmpus Itajaí	65
Imagem 9 – Fluxo geral de integração das aplicações de monitoramento IoT/LoRa apresentadas no site informativo.....	86
Imagem 10 – Payloads recebidos na plataforma The Things Network	88
Imagem 11 – Captura de tela da página inicial do site informativo Smart Campus IFSC Itajaí.....	92
Imagem 12 – Captura de tela do formulário informativo para sugestões de cenários inteligentes.....	109

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplos de iniciativas de Smart Campus no Brasil.....	26
Quadro 2 – Artigos usados para definição dos pilares	36
Quadro 3 – Relação entre os elementos recorrentes na literatura sobre Smart Campus e os pilares propostos para o IFSC Câmpus Itajaí	59
Quadro 4 – Levantamento inicial dos stakeholders no contexto do IFSC Câmpus Itajaí	67
Quadro 5 – Exemplo de relação entre os pilares com alguns setores do câmpus	74
Quadro 6 - Relação das aplicações práticas com os pilares e as camadas do modelo de Smart Campus	83

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
ESP32	Espressif 32-bit microcontroller
FSB	<i>Frequency Sub-Band</i>
GPS	Sistema de Posicionamento Global
HLSC	<i>Human-centred Learning-oriented Smart Campus</i>
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFSC	Instituto Federal de Santa Catarina
IoT	Internet das Coisas
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
LoRa	Long Range
LoRaWAN	<i>Long Range Wide Area Network</i>
LPWAN	<i>Low-Power Wide-Area Network</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
NAE	Núcleo de Acessibilidade Educacional
NEAD	Núcleo de Educação a Distância
NPM	<i>New Public Management</i>
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
QR Code	<i>Quick Response Code</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
SMACIT	<i>Social, Mobile, Analytics, Cloud and Internet of Things</i>
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TD	Transformação Digital
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TTN	The Things Network
UI	<i>User Interface</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
UX	<i>User Experience</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	18
1.3 OBJETIVO GERAL.....	20
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	20
2 FUNDAMENTAÇÃO.....	22
2.1 URBANIZAÇÃO E PRESSÕES POR PLANEJAMENTO SUSTENTÁVEL.....	22
2.2 GOVERNANÇA E INDICADORES (DADOS, MÉTRICAS E DESEMPENHO).....	22
2.3 <i>SMART CITY</i> : CONCEITO, CRÍTICAS E MODELOS.....	23
2.4 <i>SMART CAMPUS</i> : MICROESCALA (DEFINIÇÕES, <i>FRAMEWORKS</i> , TECNOLOGIAS E SERVIÇOS).....	24
2.5 CONECTIVIDADE IoT E LPWAN/ LoRa.....	28
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 CARACTERÍSTICA DA PESQUISA.....	30
3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS.....	31
3.2.1 Revisão e análise da literatura.....	35
3.2.2 Construção do modelo de <i>Smart Campus</i>	38
3.2.3 Definição dos pilares do modelo.....	40
3.2.4 Estruturação do modelo em camadas.....	41
3.2.5 Proposição de soluções exemplo por pilar.....	42
3.2.6 Integração das aplicações práticas.....	43
3.2.7 Componentes utilizados.....	49
3.2.8 Desenvolvimento do site informativo.....	51
3.3 SÍNTESE DO PERCURSO METODOLÓGICO.....	54
4 RESULTADOS.....	55
4.1 PROPOSTA DO MODELO DE CÂMPUS INTELIGENTE.....	55
4.1.1 Definição de <i>Smart Campus</i> no contexto do IFSC Câmpus Itajaí.....	55
4.1.2 Origem e construção dos pilares do modelo.....	56
4.1.2.1 <i>Características consideradas para o modelo proposto</i>	62
4.1.3 Estrutura do modelo em camadas.....	64
4.1.3.1 <i>Stakeholders no centro do modelo</i>	65

4.1.3.2 Camada de conceito de solução	68
4.1.3.3 Camada de tecnologias associadas	69
4.1.3.4 Camada de infraestrutura	70
4.1.3.5 Camada de serviço entregue	72
4.1.4 Setores atendidos e relação com os pilares	73
4.2 SOLUÇÕES EXEMPLO POR PILAR	75
4.2.1 Soluções para Infraestrutura e Operação	75
4.2.2 Soluções para Dados e Governança	77
4.2.3 Soluções para Ensino Inteligente	78
4.2.4 Soluções para Pesquisa e Inovação	79
4.2.5 Soluções para Transparência e Serviços	80
4.2.6 Síntese das soluções propostas	81
4.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA: MONITORAMENTO DO BARCO-ESCOLA E TANQUES D'ÁGUA	82
4.3.1 Relação com o modelo de <i>Smart Campus</i>	82
4.3.2 Contextualização da aplicação prática	84
4.3.3 Arquitetura da solução	85
4.3.4 Fluxo dos dados	86
4.3.5 Dados coletados e formato do <i>payload</i>	87
4.3.6 Integração com <i>dashboard</i> e banco de dados	88
4.4 SITE INFORMATIVO DO <i>SMART CAMPUS</i>	90
4.4.1 Objetivo do site	90
4.4.2 Estrutura e funcionalidades	91
4.4.3 Relação com os pilares do modelo	94
4.4.4 Participação da comunidade acadêmica	95
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
5.1 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO	98
5.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	99
5.3 TRABALHOS FUTUROS	101
REFERÊNCIAS	104
APÊNDICE A – FORMULÁRIO INFORMATIVO PARA SUGESTÕES DE CENÁRIOS INTELIGENTES	108

1 INTRODUÇÃO

As profundas mudanças observadas na sociedade e nos setores econômicos nas últimas décadas estão diretamente associadas ao avanço das tecnologias digitais e à consolidação da Transformação Digital (TD) como fenômeno organizacional estratégico (Vial, 2019). O surgimento e a disseminação de recursos como redes sociais, dispositivos móveis e análise de grandes volumes de dados (*big data*) impulsionaram novas formas de operação, gestão e geração de valor, levando organizações de diferentes setores a buscar a incorporação dessas tecnologias em seus processos e modelos institucionais (Reis *et al.*, 2018).

Vial (2019, p. 3, tradução nossa) define a Transformação Digital como:

um processo no qual as tecnologias digitais criam rupturas que desencadeiam respostas estratégicas das organizações, as quais buscam alterar seus caminhos de criação de valor, gerenciando, ao mesmo tempo, as mudanças estruturais e as barreiras organizacionais que afetam os resultados positivos e negativos desse processo.

Essa definição evidencia que a TD não se restringe à adoção de ferramentas tecnológicas, mas envolve um processo estruturado que impacta processos, estruturas, métricas de desempenho e mecanismos de governança, exigindo que as organizações desenvolvam práticas capazes de sustentar transformações complexas ao longo do tempo (Reis *et al.*, 2018).

No contexto urbano, o crescimento das cidades e a complexidade na oferta de serviços têm ampliado a demanda por eficiência, sustentabilidade e decisões orientadas por dados. Esse cenário dialoga com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 (ODS 11), que trata de cidades e comunidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (United Nations, 2025). Nesse contexto, o conceito de *Smart City* (cidades inteligentes) ganhou destaque ao associar o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) à melhoria da administração urbana, da qualidade de vida, da sustentabilidade e da participação social (Caragliu; Del Bo; Nijkamp, 2011).

Essa lógica de digitalização orientada por dados também se manifesta em ecossistemas institucionais complexos, como o das instituições de ensino superior. Nesse cenário, a adoção do modelo de *Smart Campus* (câmpus inteligentes) impacta diretamente a governança institucional, exigindo novas estruturas decisórias, definição de responsabilidades interdepartamentais, políticas de gestão de dados e o

redesenho de rotinas acadêmicas e administrativas. Por isso, ele deve ser enquadrado como uma Estratégia de Transformação Digital (*Digital Transformation Strategy* – DTS), e não apenas como uma iniciativa isolada de Tecnologia da Informação (Matt; Hess; Benlian, 2015). Trata-se de um processo contínuo que demanda alinhamento de longo prazo, contribuindo para a geração de valor sustentável por meio da integração entre tecnologia, estratégia e estrutura organizacional.

À medida que a Transformação Digital contribui para o avanço do ensino, torna-se crescente a necessidade de integrar tecnologia, dados, monitoramento e processos institucionais de forma sistêmica, o que tem favorecido a emergência de câmpus inteligentes como conceito multidimensional. Polin *et al.* (2023) caracterizam um câmpus inteligente como um conceito emergente, viabilizado pelas oportunidades de transformação digital no ensino superior e frequentemente tratado como uma microversão de *Smart Cities*. Os autores indicam que o fenômeno pode ser analisado a partir de domínios como sociedade, economia, meio ambiente e governança, apoiados transversalmente por tecnologias digitais e dados. Entretanto, a revisão aponta que a área ainda apresenta maturidade limitada, com predominância de estudos conceituais e poucas evidências de implementação abrangente e de protótipos, o que reforça a necessidade de propostas aplicadas em contextos reais.

Segundo Dong *et al.* (2020), a literatura sobre câmpus inteligentes tem se expandido, mas ainda é marcada por fragmentação: por se tratar de um campo multidisciplinar, muitos estudos abordam o tema de forma unilateral, ora centrados em tecnologias, ora em propostas pedagógicas, sem uma fusão profunda entre essas dimensões. Para enfrentar essa lacuna, os autores definem um câmpus inteligente como um ambiente educacional permeado por tecnologias habilitadoras e serviços inteligentes, voltado a melhorar o desempenho educacional e atender aos interesses das partes interessadas (*stakeholders*). Além disso, propõem um *framework* em camadas (infraestrutura, tecnologia e serviços) com os *stakeholders* no centro, indicando que a implantação deve articular conectividade, dados e aplicações a necessidades concretas da comunidade acadêmica (Dong *et al.*, 2020).

Entre os recursos tecnológicos associados ao *Smart Campus*, a Internet das Coisas (IoT) desempenha papel relevante por articular sensores, dispositivos conectados, conectividade, plataformas digitais e mecanismos de integração de dados

(Mingchuan; Felix, 2025). Em ambientes institucionais, soluções baseadas em IoT podem apoiar o monitoramento de ativos, o controle de recursos, o acompanhamento de variáveis ambientais e a oferta de serviços mais responsivos. Nesse contexto, redes de baixa potência e longo alcance, como o protocolo LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*), baseado na modulação LoRa, tornam-se relevantes por possibilitarem a comunicação de dispositivos alimentados por bateria, tanto em ambientes internos quanto externos, com baixo consumo energético e transmissão de pequenos volumes de dados.

Diante desse contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um modelo conceitual de *Smart Campus* para o IFSC Câmpus Itajaí, considerando a articulação entre soluções baseadas em IoT, infraestrutura física e digital, gestão de dados, serviços eletrônicos e participação da comunidade acadêmica. A proposta busca organizar, de forma conceitual e aplicada, diretrizes que possam apoiar futuras iniciativas de transformação digital no câmpus, contribuindo para a melhoria da gestão institucional, da experiência dos usuários, da sustentabilidade e da inovação tecnológica. Além da construção do modelo, o trabalho apresenta duas aplicações práticas: uma relacionada ao uso de dados de sensores em uma aplicação interna ao câmpus e outra voltada ao monitoramento de bens materiais e variáveis de interesse institucional. Nessas aplicações, recursos de posicionamento por GPS e comunicação baseada em LoRa são utilizados como componentes de uma solução IoT de baixo consumo e longo alcance. Além disso, foi desenvolvido um site informativo para divulgação da proposta e aproximação com os stakeholders do câmpus.

1.1 JUSTIFICATIVA

A proposta de um modelo de *Smart Campus* para o IFSC Câmpus Itajaí justifica-se pela necessidade de organizar, de forma integrada, possibilidades de uso de recursos digitais, soluções baseadas em IoT e serviços online no ambiente institucional. Embora sensores, sistemas de monitoramento, plataformas digitais, painéis de visualização de dados e serviços digitais possam ser aplicados em diferentes setores do câmpus, sua adoção isolada tende a limitar os benefícios gerados. Por isso, torna-se relevante propor uma estrutura que relacione essas

tecnologias aos processos institucionais, às demandas da comunidade acadêmica e aos objetivos de gestão, ensino, pesquisa, inovação, inclusão e sustentabilidade.

No contexto de uma instituição pública, a adoção de tecnologias deve estar relacionada à geração de valor institucional e ao uso eficiente dos recursos disponíveis. A gestão orientada por indicadores, metas e resultados, conforme discutido por Hood (1991), reforça a importância de dados confiáveis e de monitoramento contínuo para apoiar decisões e melhorar a alocação de recursos. No âmbito de *Smart Campus*, Delazari *et al.* (2023) ressaltam a importância da informação e da análise de dados para apoiar decisões orientadas por dados, destacando ainda seu potencial para contribuir com a gestão sustentável e racional dos recursos universitários. Nesse sentido, iniciativas de câmpus inteligente podem contribuir para maior eficiência administrativa e operacional ao integrar informações entre setores, apoiar o acompanhamento de ativos e serviços e favorecer decisões baseadas em dados.

A sustentabilidade também constitui uma dimensão relevante dessa proposta. Soluções baseadas em IoT podem apoiar o monitoramento do consumo de energia, água e outros recursos, contribuindo para a redução de desperdícios e para uma gestão mais responsável da infraestrutura (Min-Allah; Alrashed, 2020). No IFSC Câmpus Itajaí, essas possibilidades podem ser associadas a ações de planejamento institucional, projetos de pesquisa e extensão, práticas pedagógicas e iniciativas voltadas à melhoria do cotidiano acadêmico.

Além da eficiência e da sustentabilidade, um modelo de *Smart Campus* pode contribuir para melhorar a experiência de estudantes, servidores, docentes, gestores e demais usuários do câmpus. Serviços digitais mais integrados, canais de participação, sistemas de monitoramento e soluções voltadas à acessibilidade podem reduzir dificuldades de comunicação, ampliar a disponibilidade de informações e favorecer maior interação entre comunidade acadêmica e gestão institucional.

Entretanto, os benefícios da Transformação Digital não são automáticos. A literatura destaca que a adoção de tecnologias digitais exige planejamento, governança, definição de prioridades, avaliação de riscos e adequação ao contexto institucional (Legner *et al.*, 2017; Newell; Marabelli, 2015). Em projetos baseados em sensores, conectividade e integração de dados, questões como segurança, privacidade, interoperabilidade e confiabilidade tornam-se especialmente relevantes.

Assim, a proposta de um modelo estruturado contribui para que futuras iniciativas sejam planejadas de forma mais coerente, evitando soluções fragmentadas ou desconectadas das necessidades reais do câmpus.

A escolha das aplicações práticas com GPS e comunicação LoRaWAN também se justifica pela possibilidade de demonstrar, em escala inicial, a viabilidade de soluções baseadas em IoT em um contexto real do IFSC Câmpus Itajaí. Tanto o monitoramento do Barco-Escola, utilizado como laboratório móvel para aulas práticas em corpos hídricos, quanto de tanques, dedicados à prática de piscicultura em ambientes externos do câmpus, representam exemplos de uso institucional relacionados ao acompanhamento de ativos, à integração de dados e à visualização de informações. Dessa forma, os protótipos não esgotam as possibilidades do modelo, mas funciona como uma demonstração prática de como componentes de coleta, comunicação, armazenamento e visualização de dados podem ser gradualmente incorporados ao câmpus.

Contudo, a literatura destaca desafios práticos para implantação de soluções IoT em escala, como interoperabilidade, integração de dispositivos e escalabilidade, que influenciam diretamente a viabilidade operacional dos sistemas (Domínguez-Bolaño *et al.*, 2024). Além disso, estudos sobre a comunicação LoRaWAN em ambiente universitário apontam desafios técnicos associados a cenários dinâmicos, demandando planejamento de conectividade e ajuste de parâmetros de rede (Gupta, 2024).

Assim, este trabalho justifica-se por propor uma estrutura conceitual e aplicada para orientar futuras iniciativas de câmpus inteligente no IFSC Câmpus Itajaí, contribuindo para o planejamento institucional, a inovação tecnológica, a participação da comunidade acadêmica e o desenvolvimento gradual de soluções digitais integradas.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O avanço da Transformação Digital e das soluções associadas à Internet das Coisas tem ampliado as possibilidades de monitoramento, automação e apoio à tomada de decisão em diferentes tipos de instituições. No contexto educacional, essas tecnologias favorecem o desenvolvimento de câmpus inteligentes, capazes de

integrar infraestrutura física, infraestrutura digital, dados, serviços e participação da comunidade acadêmica. Entretanto, a simples adoção de sensores, redes ou sistemas digitais não garante, por si só, a constituição de um *Smart Campus*, pois a inteligência do ambiente depende da integração entre tecnologia, gestão, pessoas, processos e objetivos institucionais.

No IFSC Câmpus Itajaí, existem oportunidades de aplicação de soluções baseadas em IoT e de serviços digitais em diferentes áreas, como monitoramento de ativos, acompanhamento de dados ambientais, apoio à gestão, participação da comunidade e divulgação de informações institucionais. Contudo, essas iniciativas ainda precisam ser organizadas em um modelo conceitual que permita compreender quais setores podem ser atendidos, quais tecnologias e serviços podem ser oferecidos e quais benefícios podem ser gerados para o câmpus. Sem essa organização, há o risco de que projetos tecnológicos sejam desenvolvidos de forma isolada, sem integração com a estrutura institucional e sem alinhamento às necessidades reais dos usuários.

Dessa forma, o problema central deste trabalho está relacionado à ausência de um modelo estruturado que oriente a integração de tecnologias de IoT e serviços digitais no IFSC Câmpus Itajaí a partir da perspectiva de *Smart Campus*. Essa lacuna envolve não apenas aspectos técnicos, como conectividade, sensores, dados e visualização, mas também aspectos institucionais, como governança, participação, sustentabilidade, ensino, inovação, acessibilidade e gestão dos serviços.

Diante desse contexto, a questão que orienta esta pesquisa pode ser definida da seguinte forma: como propor um modelo de *Smart Campus* para o IFSC Câmpus Itajaí que articule soluções de IoT, infraestrutura, gestão de dados, serviços digitais e participação da comunidade acadêmica, de modo a apoiar a gestão, a inovação, a sustentabilidade e a melhoria da experiência no câmpus?

A partir dessa problemática, o trabalho busca adotar uma proposta adequada à realidade do câmpus, considerando referências teóricas sobre Transformação Digital, *Smart Cities*, *Smart Campus* e IoT, bem como as duas aplicações práticas de monitoramento por GPS/LoRa, sendo uma voltada à geolocalização do Barco-Escola e outra ao monitoramento dos tanques de peixe do câmpus, além do desenvolvimento de um site informativo para divulgação da proposta e participação da comunidade acadêmica.

1.3 OBJETIVO GERAL

Propor um modelo conceitual de *Smart Campus* para o IFSC Câmpus Itajaí, baseado na articulação entre soluções baseadas em IoT, infraestrutura física e digital, gestão de dados, serviços digitais e participação da comunidade acadêmica, visando apoiar a gestão institucional, a inovação tecnológica, a sustentabilidade e a melhoria da experiência dos usuários.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Mapear e analisar o referencial teórico sobre *Smart Campus*, incluindo tecnologias e protocolos habilitadores, infraestrutura digital, soluções baseadas em IoT e práticas de gestão adotadas em universidades.
- b) Identificar os setores do câmpus que se beneficiariam de soluções de automação e monitoramento. Bem como estudar e comparar experiências nacionais e internacionais, a fim de identificar desafios e oportunidades para sua implementação com foco em soluções abertas, escaláveis e integráveis.
- c) Implementar experimentos práticos baseados em IoT, com apoio de dispositivos já disponíveis no câmpus, a fim de avaliar sua viabilidade técnica no IFSC Itajaí.
- d) Divulgar o modelo de *Smart Campus* à comunidade acadêmica por meio de um site, permitindo a participação colaborativa de estudantes, professores e servidores, que poderão submeter sugestões de cenários inteligentes a serem implementados, bem como estruturar um modelo que sirva de base para futuras implementações, solicitações de verbas e planejamento estratégico de um câmpus inteligente.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. O primeiro apresenta a introdução, contextualizando a Transformação Digital, o conceito de *Smart Campus* e o uso de soluções baseadas em IoT no ambiente institucional, além da justificativa, da definição do problema, do objetivo geral e dos objetivos específicos da pesquisa.

O segundo capítulo traz a fundamentação teórica, abordando os principais conceitos que sustentam o desenvolvimento do trabalho: urbanização e planejamento sustentável, *Smart Cities*, *Smart Campus*, Transformação Digital, tecnologias IoT, LPWAN, modelos em camadas, partes interessadas, serviços inteligentes e desafios relacionados à segurança, privacidade e governança de dados.

O terceiro capítulo descreve a metodologia adotada na pesquisa, incluindo a caracterização do estudo, as etapas metodológicas, a revisão e análise da literatura, a construção do modelo de *Smart Campus*, a definição dos pilares, a estruturação em camadas, a proposição de soluções exemplo, o desenvolvimento da aplicação prática com GPS/LoRa e o desenvolvimento do site informativo.

O quarto capítulo reúne os resultados do trabalho. Inicialmente, é proposto o modelo de *Smart Campus* para o IFSC Câmpus Itajaí, estruturado em pilares, camadas, stakeholders, tecnologias associadas e serviços inteligentes. Em seguida, são apresentadas soluções exemplo por pilar, bem como as duas aplicações práticas: o monitoramento da localização do Barco-Escola por GPS/LoRa e o monitoramento da temperatura d'água de alguns tanques utilizados em práticas de piscicultura no câmpus. Por fim, é apresentado o site informativo desenvolvido para divulgação do modelo e participação da comunidade acadêmica.

Em suma, o quinto capítulo traz as considerações finais, retomando os objetivos da pesquisa e discutindo as contribuições do trabalho, suas limitações e possibilidades de continuidade. Também são indicadas oportunidades futuras para expansão do modelo, integração de novos protótipos, aprimoramento da governança de dados e desenvolvimento gradual de soluções inteligentes no IFSC Câmpus Itajaí.

2 FUNDAMENTAÇÃO

2.1 URBANIZAÇÃO E PRESSÕES POR PLANEJAMENTO SUSTENTÁVEL

O crescimento urbano e a intensificação da ocupação dos espaços têm ampliado a necessidade de planejamento sustentável, integração de serviços e uso qualificado de dados para apoiar decisões públicas. De acordo com a Organização das Nações Unidas (2025), a urbanização constitui uma das transformações demográficas mais relevantes da sociedade contemporânea, influenciando a forma como as pessoas vivem, trabalham, acessam serviços e se relacionam com o território. Esse processo torna mais complexa a gestão de infraestrutura, mobilidade, recursos naturais, serviços públicos e qualidade de vida.

No contexto deste trabalho, a sustentabilidade é compreendida como um princípio que envolve não apenas a preservação ambiental, mas também o uso responsável de recursos, a melhoria da qualidade de vida, a inclusão social, a eficiência institucional e a capacidade de manter soluções viáveis ao longo do tempo. Assim, considera-se a necessidade de integrar dimensões ambientais, sociais, econômicas, tecnológicas e institucionais, especialmente em espaços complexos como cidades e câmpus educacionais.

Ademais, o planejamento sustentável passa a exigir abordagens integradas, capazes de relacionar dados, infraestrutura, governança e participação social. Essa discussão é relevante para este trabalho porque os conceitos de cidades inteligentes e câmpus inteligentes partem de uma mesma preocupação: utilizar tecnologias e informações para melhorar a gestão de ambientes complexos, sem reduzir a inteligência desses espaços apenas à presença de dispositivos ou sistemas digitais.

2.2 GOVERNANÇA E INDICADORES (DADOS, MÉTRICAS E DESEMPENHO)

No setor público, a adoção de práticas gerenciais orientadas por desempenho reforça, por outro lado, a demanda por indicadores, metas e monitoramento contínuo. Hood (1991) descreve a difusão do Novo Gerencialismo Público (NPM) como resposta a condições econômicas e sociotécnicas que intensificaram a pressão por controle de desempenho e responsabilização, materializada em doutrinas como padrões

explícitos de desempenho, ênfase em resultados (*output*) e atribuições claras de responsabilidade. Entretanto, o autor ressalta que tais reformas não são universalmente aplicáveis e que sua adequação depende do contexto e dos valores administrativos priorizados.

Nesse cenário, a governança de dados torna-se um elemento central para orientar a definição, o acompanhamento e o uso dos indicadores institucionais, estabelecendo responsabilidades e critérios de transparência, qualidade, segurança e compartilhamento que facilitam a tomada de decisão baseada em evidências. Em iniciativas de *Smart Campus*, ela contribui para alinhá-los, métricas e desempenho aos objetivos acadêmicos, administrativos e tecnológicos da instituição, além de preparar a base conceitual para sua aplicação nos capítulos seguintes.

Nesse sentido, Hood (1991) propõe três famílias de valores: σ (sigma), relacionada à economia e à eficiência; θ (theta), associada à equidade, à transparência e à conformidade; e λ (lambda), vinculada à segurança e à resiliência. A maximização simultânea desses valores, contudo, tende a gerar trade-offs. Esse enquadramento é particularmente útil para analisar *Smart Campus* em institutos federais, pois iniciativas orientadas por dados e sensores podem reforçar metas de eficiência e uso racional de recursos, no âmbito sigma, mas também exigem mecanismos robustos de transparência e conformidade, no âmbito theta, bem como requisitos de segurança e confiabilidade, no âmbito lambda.

2.3 SMART CITY: CONCEITO, CRÍTICAS E MODELOS

O conceito de *Smart City* ganhou destaque ao associar o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) à melhoria da gestão urbana, dos serviços públicos, da sustentabilidade e da qualidade de vida. Entretanto, Caragliu, Del Bo e Nijkamp (2011) ressaltam que o desempenho urbano não depende apenas da infraestrutura física ou tecnológica, mas também de fatores como capital humano, capital social, governança, educação, participação e preocupação ambiental.

Essa compreensão evita uma visão exclusivamente tecnológica das cidades inteligentes. Hollands (2008) problematiza o uso superficial do termo "*smart*", alertando que o conceito pode ser utilizado como estratégia retórica ou de marketing, sem necessariamente produzir melhorias concretas em governança, transparência e

serviços. Assim, a inteligência de uma cidade deve ser avaliada não apenas pela presença de conectividade e sistemas digitais, mas pelos benefícios gerados à sociedade.

A literatura também propõe modelos multidimensionais para caracterizar cidades inteligentes, geralmente associados a dimensões como economia, mobilidade, meio ambiente, pessoas, qualidade de vida e governança. Essa perspectiva é importante para este trabalho porque o conceito de *Smart Campus* deriva, em parte, dessa lógica, mas é aplicado à escala institucional de um câmpus, considerando suas especificidades acadêmicas, administrativas, tecnológicas e sociais.

2.4 SMART CAMPUS: MICROESCALA (DEFINIÇÕES, FRAMEWORKS, TECNOLOGIAS E SERVIÇOS)

Na escala institucional, a pesquisa sobre *Smart Campus* também reflete essa natureza multidimensional, mas frequentemente apresenta abordagens parciais: parte dos estudos privilegia tecnologias emergentes (sensoriamento, conectividade, IoT e sistemas digitais), enquanto outros enfatizam propostas pedagógicas e organizacionais, com limitada integração entre tecnologia, serviços e objetivos educacionais (Dong *et al.*, 2020). Além disso, os autores argumentam que o *Smart Campus*, como componente do ecossistema de cidades inteligentes, pode demandar interfaces com dimensões sociais, econômicas e regulatórias, ainda pouco exploradas na literatura.

Diante dessas limitações, Dong *et al.* (2020) propõem uma conceituação orientada à aprendizagem e centrada no ser humano, definindo o *Smart Campus* como um ambiente educacional permeado por tecnologias habilitadoras de serviços inteligentes, voltado à melhoria do desempenho educacional, ao atendimento dos interesses dos *stakeholders* e à interação com domínios interdisciplinares associados ao contexto de *Smart Cities*.

Para estruturar esse fenômeno, os autores organizam o *Smart Campus* em três camadas: a infraestrutura, que corresponde à base física e digital, incluindo sensoriamento, processamento, armazenamento e redes cabeadas e sem fio; a camada tecnológica, responsável por habilitar funcionalidades e criar o ambiente

necessário às aplicações inteligentes; e a camada de serviços, composta por aplicações que impactam diretamente os *stakeholders*. Nessa perspectiva, estudantes, docentes, técnicos e gestores ocupam posição central, uma vez que planejamento, construção, manutenção e uso de câmpus inteligente dependem de suas necessidades e formas de participação. Assim, a evolução desse modelo tende a ocorrer de maneira orientada por casos de uso e prioridades institucionais, especialmente em câmpus existentes, nos quais a transformação ocorre de forma incremental e condicionada ao equilíbrio entre benefícios e investimentos (Dong *et al.*, 2020).

Outro conceito relacionado ao *Smart Campus* é o de *Living Lab*. Segundo Polin *et al.* (2023), o termo pode ser definido como um ambiente real de experimentação, desenvolvimento e validação de soluções com participação dos usuários. Nessa perspectiva, o câmpus pode funcionar como espaço de teste para tecnologias, serviços e práticas de gestão, permitindo que estudantes, docentes, técnicos administrativos e gestores participem da identificação de problemas, da proposição de melhorias e da avaliação de soluções aplicadas ao cotidiano institucional. Os autores também apontam que os câmpus inteligentes podem atuar como réplicas em menor escala das cidades inteligentes e servir como ambientes vivos para pesquisa, desenvolvimento e adoção de tecnologias inteligentes. Essa abordagem é relevante para este trabalho, pois aproxima o modelo proposto da ideia de experimentação gradual, participação dos *stakeholders* e desenvolvimento de protótipos aplicados ao IFSC Câmpus Itajaí.

No contexto brasileiro, Bandeira *et al.* (2022) identificaram que iniciativas de *Smart Campus* em instituições públicas e privadas são conduzidas por grupos de pesquisa, que utilizam o câmpus como espaço de experimentação, desenvolvimento e aplicação de soluções em contexto real. O Quadro 1 apresenta algumas dessas instituições brasileiras e suas respectivas aplicações de *Smart Campus*, envolvendo tanto ações técnicas, como sensores e redes IoT, quanto ações institucionais voltadas à gestão, sustentabilidade e inovação.

Quadro 1 – Exemplos de iniciativas de *Smart Campus* no Brasil

Instituição	Síntese da iniciativa	Relação com o modelo proposto nesse trabalho
FACENS	Utiliza o câmpus como ambiente de experimentação para soluções aplicáveis às cidades, envolvendo áreas como tecnologia, energia, meio ambiente, educação, governança e inovação.	Relaciona-se à ideia de câmpus como <i>Living Lab</i> e aos pilares de Pesquisa e Inovação, Infraestrutura e Operação e Dados e Governança.
UFRN	Apresenta iniciativas voltadas à automação, economia de energia, conforto dos usuários, segurança, sustentabilidade e uso de sensores e atuadores em tempo real.	Aproxima-se das soluções de monitoramento, automação e apoio à tomada de decisão previstas no modelo.
USP	Desenvolve ações associadas à pesquisa, extensão, segurança, atividades culturais e modernização organizacional em espaços universitários.	Relaciona-se à participação institucional, à integração entre setores e à oferta de serviços voltados à comunidade acadêmica.
UFC	Desenvolve soluções de automação e monitoramento, como sistemas voltados ao controle de irrigação e ao acompanhamento de equipamentos de climatização.	Aproxima-se das aplicações de IoT, monitoramento ambiental e uso eficiente de recursos previstas no pilar de Infraestrutura e Operação.
IMT	Conta com cobertura baseada em LPWAN, incluindo o uso de rede LoRa para comunicação de sensores experimentais com baixo consumo de energia.	Relaciona-se diretamente à camada de tecnologia e às aplicações com comunicação LoRaWAN utilizadas neste trabalho.
UNICAMP	Desenvolve aplicações IoT para monitoramento de estacionamento, transporte interno, iluminação pública, coletores de pilhas e baterias e filas em restaurantes universitários.	Demonstra a diversidade de serviços inteligentes que podem ser criados a partir de dados, sensores e necessidades do câmpus.
UFCG	Organiza ações em eixos como energia, água, resíduos, mobilidade, segurança, acessibilidade, qualidade de vida, uso de espaços e sustentabilidade.	Relaciona-se à organização do <i>Smart Campus</i> por eixos estratégicos, semelhante à definição dos pilares adotados neste trabalho.
UNB	Propõe o câmpus como espaço de pesquisa aplicada,	Aproxima-se da concepção do câmpus como ambiente de

	integrando temas como dados, georreferenciamento, segurança, privacidade, sustentabilidade e tecnologias digitais.	experimentação, inovação e desenvolvimento de soluções aplicadas.
INATEL	Desenvolve iniciativas ligadas à Internet das Coisas, <i>Living Lab</i> , testes de produtos, redes convergentes e ambientes de experimentação tecnológica.	Relaciona-se aos pilares de Pesquisa e Inovação e Infraestrutura e Operação, além da ideia de integração entre tecnologia, serviços e ambiente real.

Fonte: Adaptado de Bandeira *et al.* (2022)

A análise dessas iniciativas contribuiu para reforçar a importância de estruturar o modelo proposto a partir de pilares e camadas funcionais. Observa-se que as experiências brasileiras não seguem um único padrão, mas apresentam elementos recorrentes, como uso de IoT, sensores, dados, automação, sustentabilidade, governança, inovação e participação institucional. Esses elementos também aparecem no modelo proposto para o IFSC Câmpus Itajaí, porém adaptados à realidade, à infraestrutura disponível e às possibilidades de aplicação gradual no contexto do câmpus.

Além disso, a implantação de um *Smart Campus* também envolve desafios organizacionais, pois depende da articulação entre setores acadêmicos, administrativos, de infraestrutura e de tecnologia da informação para integrar novas tecnologias aos processos já existentes. A Transformação Digital, nesse contexto, não ocorre apenas pela introdução de novas tecnologias, mas pela capacidade institucional de integrar dados, processos, pessoas e estratégias de gestão (Vial, 2019; Haffke; Kalgovas; Benlian, 2017; Hess *et al.*, 2016). Em suma, esses resultados dependem de como a transformação é conduzida e institucionalizada (Wacker, 2004). Assim, iniciativas de câmpus inteligente exigem planejamento, governança, definição de responsabilidades, capacitação dos envolvidos e superação de soluções isoladas entre setores.

Nesse contexto, a maturidade digital pode ser compreendida como a capacidade organizacional de responder adequadamente às mudanças e de sustentar transformações ao longo do tempo (Kane *et al.*, 2017). A literatura sobre capacidades dinâmicas destaca, entre outras, capacidades de inovação, de monitoramento ambiental (*sensing*) e capacidades integrativas, voltadas à comunicação e coordenação confiáveis para introdução e modificação de recursos e rotinas (Helfat;

Raubitschek, 2018). Essas capacidades integrativas são relevantes porque favorecem a tomada de decisão e a resolução de problemas de forma repetível, e não apenas pontual (Nambisan *et al.*, 2017; Schilke; Hu; Helfat, 2018). Esse conjunto é particularmente crítico, pois a adoção tecnológica depende tanto de escolhas técnicas quanto de coordenação intersetorial e aprendizagem institucional.

Além dos aspectos organizacionais, a literatura destaca riscos associados ao uso intensivo de dados e automação, especialmente em relação à segurança, privacidade e tomada de decisão algorítmica. Newell e Marabelli (2015) observam que o uso de dados pode gerar benefícios relevantes, mas também amplia vulnerabilidades informacionais. Em projetos de *Smart Campus*, essa preocupação torna-se ainda mais importante devido à coleta, transmissão e integração de dados de diferentes sistemas, dispositivos e setores institucionais.

2.5 CONECTIVIDADE IoT E LPWAN/ LoRa

As tecnologias habilitadoras associadas à Transformação Digital costumam ser agrupadas em combinações como o acrônimo SMACIT (*social, mobile, analytics, cloud* e internet das coisas), que viabilizam novos serviços e formas de gestão orientadas por dados (Sebastian *et al.*, 2017). No contexto de câmpus inteligentes, esse conjunto tecnológico sustenta desde a coleta e integração de dados até a oferta de serviços digitais, apoiando decisões e processos mais automatizados.

Do ponto de vista de conectividade, sensores e atuadores operam de forma distribuída para coletar dados e comunicar-se com sistemas e usuários, elevando a complexidade da infraestrutura de rede à medida que cresce o número de dispositivos conectados (Mingchuan; Felix, 2025). Nesse cenário, especialmente em ambientes externos e com nós distribuídos, projetos de IoT precisam lidar com requisitos simultâneos e, por vezes, conflitantes, entre eles custo, cobertura, disponibilidade, latência, consumo de energia e escalabilidade, o que torna relevante a busca por tecnologias de comunicação de longo alcance e baixo consumo (Mingchuan; Felix, 2025).

Como alternativa, a literatura aponta arquiteturas baseadas em *Low Power Wide Area Network* (LPWAN), ou Redes de Longo Alcance e Baixo Consumo, tais como o LoRaWAN, para conectar dispositivos no contexto da IoT em áreas amplas,

às vezes combinadas a abordagens de processamento mais próximo da borda (*fog/edge*) para reduzir gargalos em aplicações sensíveis ao tempo de resposta. Ainda assim, redes LoRa apresentam limitações de taxa de dados e restrições para aplicações que exijam transmissões frequentes ou grande volume de informação (Mingchuan; Felix, 2025). Nesse contexto, a adoção da comunicação LoRaWAN neste trabalho se justifica como base de conectividade para os protótipos de monitoramento em áreas externas dentro e fora do câmpus, alinhada às recomendações da literatura para cenários de baixo consumo e ampla cobertura.

Considerando essas características, redes sem fio baseadas na modulação LoRa apresentam-se como uma alternativa adequada para aplicações no cenário da IoT que exigem baixo consumo energético, longo alcance e envio de pequenos volumes de dados. Em ambientes do câmpus, essa tecnologia pode apoiar soluções de monitoramento distribuído, acompanhamento de ativos, coleta de dados ambientais e integração com plataformas digitais. Dessa forma, sua utilização neste trabalho está relacionada à necessidade de demonstrar, em escala inicial, como uma arquitetura IoT pode apoiar serviços inteligentes no contexto do IFSC Câmpus Itajaí.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERÍSTICA DA PESQUISA

Esta pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois tem como finalidade propor um modelo de *Smart Campus* voltado ao contexto do IFSC Câmpus Itajaí, considerando possibilidades de melhoria para a infraestrutura, a gestão, os serviços, os ambientes acadêmicos, a inclusão e a inovação institucional. Embora não tenha como objetivo solucionar um único problema pontual do câmpus, o trabalho busca construir uma proposta capaz de apoiar a evolução do ambiente institucional e contribuir para o cotidiano de estudantes, servidores, gestores e demais usuários.

Quanto aos objetivos, a pesquisa possui caráter exploratório e descritivo. É exploratória porque investiga um tema ainda pouco estruturado no contexto do IFSC Itajaí, reunindo conceitos, modelos e tecnologias relacionados a *Smart Campus*, *Smart Cities*, Transformação Digital, Internet das Coisas e governança de dados. É descritiva porque organiza e apresenta um modelo conceitual composto por pilares, camadas, *stakeholders*, tecnologias associadas, serviços inteligentes e possíveis setores atendidos.

A abordagem adotada é predominantemente qualitativa, uma vez que o desenvolvimento do trabalho se baseia na análise e interpretação de artigos científicos, modelos conceituais e referências teóricas, buscando adaptar esses elementos à realidade institucional do câmpus. Não houve, portanto, foco na coleta quantitativa de métricas técnicas, como alcance de comunicação, latência, potência ou desempenho da rede.

Em relação aos procedimentos metodológicos, o estudo envolveu pesquisa bibliográfica, análise documental, construção conceitual, prototipagem tecnológica e desenvolvimento web. A etapa bibliográfica foi utilizada para levantar e analisar as referências citadas anteriormente, organizadas em planilha própria e posteriormente avaliadas conforme sua relação com os objetivos do trabalho.

Além disso, o trabalho apresenta caráter propositivo e experimental, pois introduz um componente prático por meio do desenvolvimento de dois protótipos de monitoramento e sua integração em um site informativo com formulário de participação. O site encontra-se publicado por meio do GitHub Pages, com acesso

público por link¹. O protótipo do Barco-Escola foi instalado, testado em campo e integrado a um fluxo de dados composto por dispositivo GPS, comunicação LoRaWAN, plataforma *The Things Network* (TTN), banco de dados, API (*Application Programming Interface*) e site informativo. O protótipo dos tanques, por sua vez, segue esse mesmo fluxo de integração, com sensor de temperatura e umidade em substituição ao GPS. Juntos, os dois protótipos serviram como demonstração inicial da aplicabilidade do modelo proposto ao monitoramento de ativos e variáveis de interesse institucional.

Esses elementos práticos demonstram a aplicabilidade inicial da proposta e reforçam sua relação com os objetivos específicos do trabalho, especialmente quanto à implementação de soluções baseadas em IoT, à proposição de diretrizes para integração tecnológica e à divulgação do modelo à comunidade acadêmica.

Dessa forma, a pesquisa pode ser compreendida como um estudo aplicado, exploratório, descritivo e qualitativo, com apoio de revisão bibliográfica, análise institucional e desenvolvimento prático, permitindo adaptar o conceito de *Smart Campus* ao contexto do IFSC Câmpus Itajaí e propor uma estrutura inicial capaz de orientar futuras implementações e ações de transformação digital no câmpus

3.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

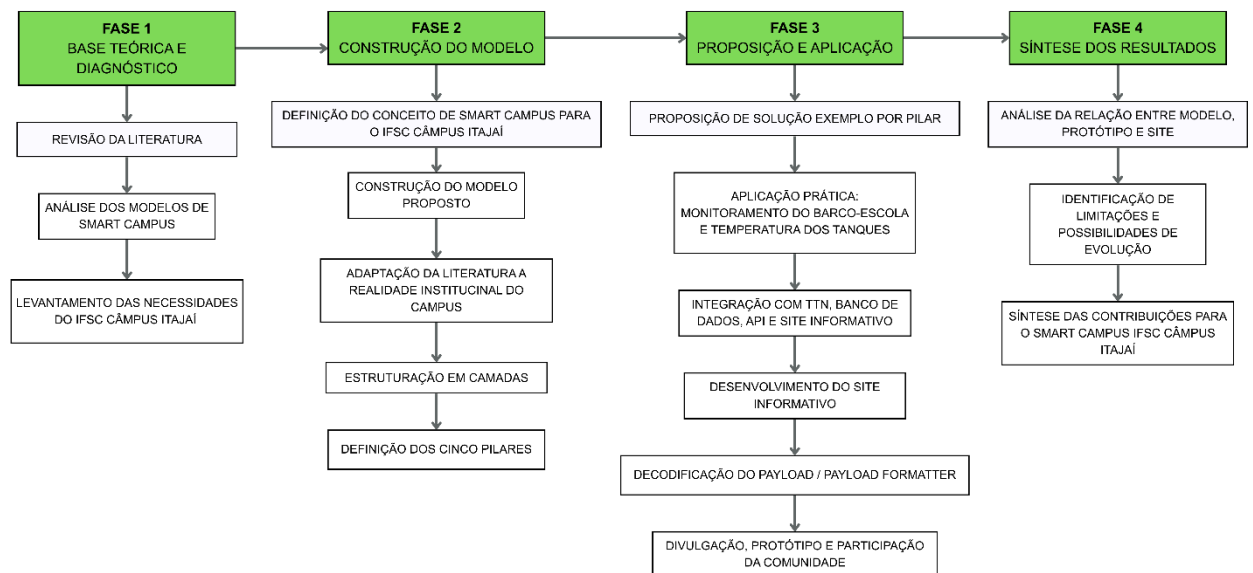
O desenvolvimento metodológico deste trabalho ocorreu de forma gradual e iterativa, partindo de uma orientação inicial sobre o conceito de *Smart Campus* e avançando para a revisão da literatura, a análise de modelos, a construção dos pilares, a estruturação do modelo proposto, a definição de soluções exemplo, o desenvolvimento do site e a aplicação prática com monitoramento por GPS. Essa organização permitiu que a proposta fosse construída a partir da relação entre fundamentos teóricos, demandas observadas no IFSC Câmpus Itajaí e possibilidades tecnológicas aplicáveis ao contexto institucional.

A Imagem 1 apresenta o percurso metodológico adotado nesta pesquisa, organizado em quatro fases principais: base teórica e diagnóstico, construção do modelo, proposição e aplicação, e síntese dos resultados. Essa organização evidencia

¹ Disponível em: <https://madu2125.github.io/smart-campus-site/>. Acesso em: 21 jun. 2026.

a sequência utilizada para relacionar a revisão da literatura, a análise das necessidades do IFSC Câmpus Itajaí, a construção do modelo de *Smart Campus*, a aplicação prática com GPS/LoRa e o desenvolvimento do site informativo.

Imagem 1 – Fluxograma do percurso metodológico da pesquisa



Fonte: elaborada pela própria autora (2026)

A pesquisa iniciou-se com a delimitação do problema e o levantamento bibliográfico sobre *Smart Campus* e suas possíveis aplicações no contexto do IFSC Itajaí. Essa etapa orientou os primeiros levantamentos teóricos sobre o significado de câmpus inteligente, as motivações para sua implementação e as possibilidades de aplicação em instituições de ensino.

O pré-projeto do TCC foi desenvolvido a partir dessa base, acompanhado de uma revisão bibliográfica inicial sobre *Smart Campus*, Internet das Coisas, LoRaWAN, infraestrutura inteligente, segurança ocupacional e sustentabilidade, que ajudou a compreender por que esse tipo de proposta é relevante para instituições de ensino e como soluções tecnológicas vêm sendo aplicadas em contextos acadêmicos. Entre os trabalhos consultados nessa fase, destacam-se estudos sobre plataformas IoT abertas para segurança e saúde em universidades, experiências de *Smart Campus* com LoRa e revisões sistemáticas sobre câmpus inteligentes.

Com a ideia inicial aprovada, a pesquisa avançou para um aprofundamento conceitual sobre Transformação Digital, *Smart Cities*, sustentabilidade, governança, dados e tecnologias associadas ao *Smart Campus*. As referências reunidas nessa

etapa foram organizadas em planilha própria, servindo de base para a construção conceitual do modelo e para a definição dos elementos considerados em sua estrutura.

Na sequência, foram analisados modelos e frameworks de *Smart Campus* presentes na literatura. Quatro artigos principais foram utilizados como referência para compreender diferentes formas de organização do conceito, incluindo modelos baseados em camadas, domínios, dimensões, serviços e pilares, o que permitiu identificar elementos recorrentes como infraestrutura, tecnologia, governança, sustentabilidade, aprendizagem, serviços, *stakeholders*, inovação e inclusão. Esses elementos, no entanto, não foram simplesmente transpostos para o contexto do IFSC Câmpus Itajaí: a adaptação apoiou-se em um levantamento sobre a realidade institucional do câmpus, incluindo a análise de sua estrutura organizacional, disponibilizada publicamente no site do IFSC (IFSC, [s. d.]), que permitiu compreender a organização de setores, coordenações e áreas de atuação.

Complementarmente, foram realizadas conversas com o professor orientador e com o professor Leonardo, da área de Aquicultura, responsável pelos projetos que fundamentam as aplicações práticas deste trabalho. Essas conversas, somadas à experiência acadêmica da autora e à análise da estrutura institucional já mencionada, contribuíram para relacionar os conceitos da literatura a problemas, melhorias e oportunidades percebidas no cotidiano do câmpus, como uso de espaços, infraestrutura, comunicação, serviços, acessibilidade, monitoramento de ativos, sustentabilidade e apoio à gestão. Vale ressaltar que essas conversas não substituíram instrumentos formais de coleta de dados, como entrevistas estruturadas, formulários ou acompanhamento sistemático de rotinas setoriais, aspecto retomado como limitação da pesquisa na seção 5.2.

A partir dessa relação entre literatura e contexto institucional, foram definidos os cinco pilares do modelo: Infraestrutura e Operação, Dados e Governança, Ensino Inteligente, Pesquisa e Inovação, e Transparência e Serviços. A sustentabilidade foi tratada como princípio transversal, presente em todos os pilares, e não como um eixo isolado, por se entender que ela se realiza à medida que soluções de eficiência, inclusão, governança, inovação e melhoria dos serviços são implementadas.

Definidos os pilares, o modelo foi estruturado em camadas, com base especialmente na referência de Dong *et al.* (2020), de modo a representar

funcionalmente como os elementos do *Smart Campus* se relacionam no contexto do IFSC Câmpus Itajaí. Os *stakeholders* foram posicionados como eixo central, articulados às camadas de conceito de solução, tecnologia, infraestrutura e serviço entregue, o que permitiu diferenciar os elementos físicos e digitais que sustentam o câmpus, as tecnologias responsáveis pela integração dos dados e os serviços que entregam valor aos usuários.

Em seguida, foram propostas soluções exemplo para cada pilar, pensadas a partir da viabilidade técnica, do possível impacto institucional, da relação com os setores do câmpus, dos benefícios esperados e do alinhamento com os objetivos do trabalho. Entre as possibilidades descritas estão o monitoramento de energia e água, painéis de visualização de dados, acompanhamento da ocupação de salas, monitoramento de conforto ambiental, *Living Lab*, aplicações IoT com comunicação LoRaWAN, rotas acessíveis, site informativo e serviços digitais de apoio à comunidade acadêmica.

O site informativo, previsto desde a concepção inicial do trabalho, foi desenvolvido para divulgar o modelo de *Smart Campus*, apresentar seus pilares e permitir a participação da comunidade acadêmica por meio de um formulário de sugestões, no qual estudantes, servidores e demais usuários podem enviar ideias, problemas ou possibilidades de melhoria para o câmpus.

Por fim, o trabalho inclui as aplicações práticas definidas em conjunto com o orientador, envolvendo hardware disponibilizado para o projeto, integração com banco de dados existente e exibição dos dados em tempo real no site desenvolvido. Essas aplicações demonstram possibilidades iniciais de uso de tecnologias IoT no contexto do *Smart Campus*, funcionando como exemplos práticos de monitoramento, integração de dados e visualização de informações; os detalhes técnicos dessa etapa, incluindo a arquitetura da solução, o fluxo dos dados, o formato do payload, a integração com o banco de dados e a visualização no site, são apresentados na seção de resultados.

Em síntese, o percurso metodológico partiu da orientação inicial e da revisão bibliográfica, avançou pela análise de modelos teóricos e adaptação ao contexto do IFSC Itajaí, e resultou na construção dos pilares, na estruturação em camadas, na proposição de soluções, no desenvolvimento do site informativo e nas aplicações práticas de monitoramento do Barco-Escola e dos tanques de aquicultura. Esse

percurso permitiu construir uma proposta de *Smart Campus* fundamentada teoricamente, adaptada à realidade institucional e acompanhada de exemplos concretos de aplicação.

3.2.1 Revisão e análise da literatura

A revisão e análise da literatura foram realizadas com o objetivo de identificar bases conceituais, modelos, tecnologias e serviços relacionados ao desenvolvimento de *Smart Campus* em ambientes educacionais. A busca bibliográfica contemplou materiais em português e em inglês, de modo a ampliar a abrangência da pesquisa e permitir a comparação entre estudos nacionais e internacionais.

Foram pesquisados temas relacionados tanto à base conceitual do trabalho quanto às possibilidades práticas de aplicação no câmpus, como: *Smart Campus*, *Smart Cities*, *Digital Transformation*, Internet das Coisas, LoRaWAN, *Smart Education*, *Living Lab*, governança de dados, sustentabilidade, acessibilidade, sensores, medidores inteligentes, *dashboards*, QR Code, monitoramento de ativos, serviços digitais e tecnologias associadas a ambientes inteligentes. Também foram levantadas referências sobre soluções específicas, como sensores de nível, sensores de corrente e tensão, medidores inteligentes, visualização de dados e aplicações de monitoramento em ambientes acadêmicos.

As referências foram pesquisadas em diferentes bases e repositórios acadêmicos, conforme organização realizada em planilha própria. Entre as fontes utilizadas estão bases e portais como ScienceDirect, ResearchGate, MDPI, Wiley, arXiv, IEEE, Springer Nature Link, AISeLibrary, SCIRP, SciSpace, Academia.edu e outros repositórios científicos. A planilha foi utilizada como instrumento de organização das referências, reunindo informações como título do trabalho, autores, base de pesquisa e referência bibliográfica.

A seleção dos artigos ocorreu de forma exploratória e progressiva. Inicialmente, foram priorizados estudos que explicavam o conceito de *Smart Campus*, sua relevância, suas possibilidades de aplicação e sua relação com *Smart Cities* e Transformação Digital. Em seguida, a leitura foi ampliada a partir das citações e referências presentes nos próprios artigos analisados, permitindo identificar outros estudos relevantes para a construção do modelo. Também foram priorizados artigos

recentes, trabalhos de revisão, frameworks conceituais e pesquisas aplicadas, especialmente aqueles com maior aderência ao tema e às possibilidades de aplicação no contexto do IFSC Câmpus Itajaí.

Ao todo, foi realizado um levantamento inicial de aproximadamente 38 trabalhos. Desses, os mais aderentes ao tema foram analisados integralmente, por apresentarem maior relevância para a construção do referencial teórico e do modelo proposto. Os demais materiais foram utilizados de forma complementar, por meio da leitura direcionada de seções relacionadas a temas específicos, como tecnologias, serviços, sustentabilidade, governança, infraestrutura e exemplos de aplicação. Esse processo permitiu concentrar a análise nos estudos mais diretamente relacionados aos objetivos da pesquisa, sem desconsiderar contribuições relevantes de outras publicações.

Entre os trabalhos mais relevantes para a construção conceitual do TCC, destacam-se Vial (2019), utilizado principalmente para compreender a Transformação Digital como processo de mudança organizacional e criação de valor; Caragliu, Del Bo e Nijkamp (2011), utilizado para fundamentar a relação entre *Smart Cities*, infraestrutura, capital humano, governança e sustentabilidade; e os estudos de Dong *et al.* (2020), Min-Allah e Alrashed (2020), Polin *et al.* (2023) e Silva-da-Nóbrega, Chim-Miki e Castillo-Palacio (2022), que contribuíram diretamente para a compreensão de *Smart Campus*, modelos em camadas, domínios, pilares, *stakeholders*, serviços inteligentes e sustentabilidade.

O Quadro 2 apresenta a contribuição dos principais artigos utilizados na construção dos pilares. Esses estudos foram analisados de forma comparativa, pois organizamos o conceito de *Smart Campus* de maneiras distintas, utilizando termos como camadas, domínios, dimensões, serviços, temas e pilares, o que possibilitou identificar, por comparação, elementos convergentes entre os modelos, como infraestrutura, governança, sustentabilidade, aprendizagem, stakeholders e inovação.

Quadro 2 – Artigos usados para definição dos pilares

ARTIGOS DE INSPIRAÇÃO	CONTRIBUIÇÃO PRINCIPAL	INFLUÊNCIA NO MODELO PROPOSTO
<i>Smart Campus: definition, framework, technologies, and</i>	Propõe uma visão centrada nos <i>stakeholders</i> e estruturada em	Ajudou a compreender que o modelo deveria integrar

<i>services</i> (Dong <i>et al.</i> , 2020).	camadas de infraestrutura, tecnologia e serviços	pessoas, base técnica e serviços inteligentes
<i>The Making of Smart Campus: A Review and Conceptual Framework</i> (Polin <i>et al.</i> , 2023).	Organiza o <i>Smart Campus</i> em domínios como sociedade, economia, meio ambiente e governança, com tecnologia e dados como elementos transversais	Contribuiu para a definição de pilares multidimensionais e para tratar tecnologia e dados como elementos integradores
<i>Smart Campus—A sketch</i> (Min-Allah; Alrashed, 2020).	Destaca a integração entre espaços físicos e digitais, <i>dashboards</i> , serviços inteligentes, sustentabilidade e tomada de decisão	Apoia a adaptação prática do modelo ao câmpus, considerando infraestrutura existente, operação e serviços
<i>A Smart Campus Framework: Challenges and Opportunities for Education Based on the Sustainable Development Goals</i> (Silva-da-Nóbrega, Chim-Miki e Castillo-Palacio, 2022)	Relaciona <i>Smart Campus</i> a ODS, inclusão, qualidade de vida, governança, educação, mobilidade, segurança e tecnologia transversal	Fortaleceu os pilares ligados à inclusão, serviços, ensino, sustentabilidade e participação dos usuários

Fonte: elaboração própria (2026)

Para a análise das tecnologias associadas ao modelo, além dos artigos utilizados na construção dos pilares, também foram considerados estudos como Mingchuan e Felix (2025) e Sebastian *et al.* (2017). Esses trabalhos auxiliaram na compreensão de tecnologias digitais, soluções IoT, infraestrutura de conectividade, plataformas digitais, análise de dados, serviços digitais e desafios relacionados à implementação de soluções inteligentes em ambientes institucionais.

A análise da literatura não foi utilizada apenas para fundamentar teoricamente o trabalho, mas também para apoiar a construção e adaptação do modelo ao contexto do IFSC Câmpus Itajaí. Dessa forma, os conceitos identificados nos artigos foram interpretados criticamente e reorganizados conforme os objetivos do TCC, a estrutura institucional do câmpus, os setores atendidos, as possibilidades tecnológicas e as necessidades observadas ao longo da vivência acadêmica. Esse processo permitiu, por exemplo, tratar a sustentabilidade como um princípio transversal presente em todos os pilares, e não como um pilar isolado, como ocorre em alguns modelos analisados.

Assim, a revisão da literatura teve papel central no desenvolvimento da pesquisa, pois permitiu compreender o estado do conhecimento sobre *Smart Campus*, comparar diferentes modelos existentes, identificar tecnologias e serviços possíveis e

construir uma proposta adaptada à realidade do IFSC Câmpus Itajaí. A partir dessa etapa, foi possível avançar para a construção do modelo, a definição dos pilares, a estruturação em camadas e a proposição de soluções exemplo para o câmpus.

3.2.2 Construção do modelo de *Smart Campus*

A construção do modelo conceitual de *Smart Campus* proposto neste trabalho partiu do interesse em desenvolver uma proposta voltada ao IFSC Câmpus Itajaí. A partir dessa definição inicial, iniciou-se um processo de aprofundamento teórico sobre *Smart Campus*, *Smart Cities*, Transformação Digital, Internet das Coisas, sustentabilidade, governança e serviços inteligentes. Esse estudo foi necessário para compreender não apenas o significado do conceito de câmpus inteligente, mas também suas possibilidades de aplicação em uma instituição pública de ensino.

Para organizar essa proposta, o modelo foi estruturado a partir de elementos complementares. A definição de *Smart Campus* delimitou o entendimento adotado no trabalho e orientou o escopo da proposta. Os pilares foram utilizados para representar os principais eixos estratégicos de atuação do câmpus inteligente, agrupando áreas como infraestrutura, dados, ensino, pesquisa, inovação, transparência e serviços. As características do modelo indicaram os princípios considerados necessários para sua adaptação ao contexto do IFSC Câmpus Itajaí, como sustentabilidade, participação, integração, escalabilidade e uso de dados para apoio à decisão. Já as camadas funcionais permitiram representar como esses elementos se articulam na prática, relacionando *stakeholders*, conceito e solução, tecnologia, infraestrutura e serviço entregue em um mesmo percurso de construção de valor para o câmpus.

O modelo resultou da análise comparativa de diferentes artigos, modelos e propostas de *Smart Campus*, interpretados, reorganizados e unificados conforme os objetivos do TCC e a realidade do IFSC Câmpus Itajaí, associados à observação de necessidades e oportunidades percebidas no câmpus, e não da reprodução direta de um único framework da literatura.

A vivência acadêmica no IFSC Itajaí também contribuiu para a construção do modelo. Por se tratar do ambiente em que a pesquisa foi desenvolvida, foi possível observar situações, demandas e possibilidades de melhoria relacionadas ao cotidiano institucional, como uso de espaços, infraestrutura, comunicação, acessibilidade, sustentabilidade, monitoramento de ativos, serviços digitais e apoio à gestão. Essas

percepções não foram tratadas como diagnóstico definitivo do câmpus, mas como elementos de apoio para aproximar a proposta teórica de um contexto real de aplicação.

Durante o processo de construção, buscou-se evitar uma visão tecnocêntrica do *Smart Campus*. Uma das preocupações foi deixar claro que a simples presença de sensores, dispositivos conectados ou recursos tecnológicos não caracteriza, por si só, um ambiente inteligente. Por esse motivo, o modelo separa o pilar de Infraestrutura e Operação do pilar de Dados e Governança. O pilar Infraestrutura e Operação é compreendido como uma área estratégica de atuação voltada à melhoria da gestão operacional do câmpus, incluindo uso eficiente de recursos, manutenção, conectividade, modernização de ambientes e continuidade dos serviços institucionais. Já a camada de infraestrutura, apresentada posteriormente no modelo em camadas, refere-se aos recursos físicos, digitais, operacionais e humanos necessários para implementar soluções específicas. Dessa forma, eles possuem funções distintas: o pilar indica uma dimensão estratégica do modelo, enquanto a camada representa a estrutura funcional necessária para materializar as soluções.

Outro aspecto considerado foi a necessidade de conectar ensino, pesquisa, extensão, operação e serviços em uma proposta integrada. Como o IFSC Itajaí possui cursos e áreas tecnológicas, o modelo também foi pensado como uma base para futuros projetos acadêmicos, atividades extracurriculares, pesquisas aplicadas e iniciativas de inovação. Assim, o câmpus pode ser compreendido não apenas como local de aplicação das soluções, mas também como ambiente de experimentação e aprendizagem prática.

A construção do modelo ocorreu de forma progressiva. Inicialmente, foram identificadas possíveis soluções e oportunidades de aplicação para o câmpus, com base na literatura e nas demandas observadas. A partir das possibilidades identificadas, o modelo foi organizado em pilares estratégicos e, posteriormente, em camadas funcionais, permitindo transformar ideias de aplicação em uma estrutura conceitual mais ampla.

Na adaptação ao IFSC Câmpus Itajaí, foram considerados aspectos como a estrutura organizacional do câmpus, os setores potencialmente envolvidos, a infraestrutura existente, a possibilidade de crescimento gradual, o uso de tecnologias como IoT e LoRaWAN, a existência de *gateways* LoRa para aplicações sem fio, a

sustentabilidade, a acessibilidade, a participação da comunidade acadêmica e a necessidade de apoiar futuras decisões institucionais. Alguns pilares, como governança de dados, foram construídos principalmente com base na literatura, devido à limitação de informações específicas sobre práticas internas já existentes no câmpus.

Dessa forma, o modelo de *Smart Campus* desenvolvido neste TCC foi construído como uma proposta conceitual e aplicada, orientada à realidade do IFSC Itajaí. Seu objetivo não é apresentar uma implantação completa ou definitiva, mas oferecer uma estrutura inicial capaz de organizar ideias, orientar futuras ações, facilitar a priorização de projetos e demonstrar como tecnologias digitais, dados, serviços e participação da comunidade podem contribuir para a evolução gradual do câmpus.

3.2.3 Definição dos pilares do modelo

A definição dos pilares ocorreu a partir da síntese entre a literatura analisada, os modelos de *Smart Campus* estudados e a realidade institucional do IFSC Câmpus Itajaí. Assim como na construção do modelo, os pilares não foram definidos por reprodução direta de um único artigo, mas construídos por adaptação e unificação de quatro referências principais, que serviram de base para identificar dimensões relevantes; a organização final, porém, foi ajustada às necessidades e características do IFSC Câmpus Itajaí. Enquanto a literatura forneceu a base conceitual, portanto, a realidade do câmpus orientou a forma como esses elementos foram agrupados.

A definição dos pilares também considerou a estrutura organizacional do IFSC Câmpus Itajaí. A página institucional do câmpus apresenta uma estrutura descentralizada e articulada, composta por direção, departamentos, coordenações, núcleos, comissões, colegiados e setores administrativos e acadêmicos. Entre os setores listados estão a Direção-Geral, o Departamento de Ensino, Pesquisa e Extensão, a Coordenadoria Pedagógica, o Registro Acadêmico, a Biblioteca, o Núcleo de Acessibilidade Educacional (NAE), o Núcleo de Educação a Distância (NEAD), a Extensão, Pesquisa e Inovação, as Coordenações de Curso, o Departamento de Administração, Materiais e Finanças, a Infraestrutura e Manutenção e as Tecnologias da Informação e da Comunicação. Essa organização foi utilizada como referência para

relacionar os pilares do modelo aos setores que poderiam ser beneficiados ou envolvidos em futuras aplicações de *Smart Campus*.

Na etapa metodológica, os pilares foram utilizados como categorias de organização da proposta, permitindo agrupar soluções, setores envolvidos, possíveis benefícios e formas de aplicação. A definição detalhada de cada pilar, bem como sua relação com as camadas do modelo e com as soluções exemplo, é apresentada no capítulo de resultados.

Dessa forma, a definição dos pilares constituiu uma etapa central da metodologia, pois permitiu transformar os conceitos identificados na literatura em uma estrutura aplicável ao IFSC Câmpus Itajaí. Essa organização serviu de base para as etapas seguintes do trabalho, incluindo a estruturação do modelo em camadas, a proposição de soluções exemplo por pilar, o desenvolvimento do site informativo e a aplicação prática relacionada ao monitoramento do Barco-Escola e dos tanques de aquicultura do câmpus.

3.2.4 Estruturação do modelo em camadas

A estruturação do modelo em camadas foi realizada após a definição dos pilares, com o objetivo de representar de forma funcional como os elementos do *Smart Campus* se relacionam para transformar demandas institucionais em soluções e serviços de valor para o câmpus. Para essa etapa, utilizou-se como referência o framework *HLSC* (*Human-centred Learning-oriented Smart Campus*, câmpus inteligente focado no ser humano e orientado para a aprendizagem), apresentado por Dong *et al.* (2020), por propor uma organização centrada nos *stakeholders* e composta por camadas relacionadas à infraestrutura, tecnologia e serviços.

Embora esse framework tenha servido como referência inicial, sua estrutura não foi adotada integralmente. A partir da análise da literatura e da adaptação ao contexto do IFSC Câmpus Itajaí, o modelo proposto foi reorganizado para representar um percurso de construção de valor, mantendo os *stakeholders* no centro e relacionando-os diretamente às camadas de conceito de solução, tecnologia, infraestrutura e serviço entregue. Essa adaptação buscou evidenciar que as soluções de *Smart Campus* devem partir da identificação de demandas reais, avançar pela

definição dos recursos tecnológicos e estruturais necessários e resultar em serviços úteis à comunidade acadêmica.

Nesta etapa metodológica, as camadas foram utilizadas como uma forma de organizar a proposta e demonstrar como demandas institucionais podem ser convertidas em soluções aplicáveis ao câmpus. A descrição detalhada de cada camada, sua relação com os *stakeholders* e a representação visual do modelo são apresentadas no capítulo de resultados.

3.2.5 Proposição de soluções exemplo por pilar

A proposição de soluções exemplo por pilar foi realizada com o objetivo de demonstrar a aplicabilidade do modelo de *Smart Campus* no contexto do IFSC Câmpus Itajaí. Essa etapa não teve como finalidade apresentar uma lista definitiva de implementações, mas indicar possibilidades iniciais que poderiam orientar projetos futuros, ações institucionais e iniciativas de pesquisa, ensino e extensão.

As soluções foram escolhidas a partir da combinação entre a literatura analisada, as possibilidades tecnológicas identificadas, a estrutura do câmpus, as demandas observadas ao longo da vivência acadêmica da autora e as conversas realizadas durante o desenvolvimento do trabalho. A literatura auxiliou na compreensão de tecnologias recentes e de exemplos de aplicações em *Smart Campus*, enquanto a realidade do IFSC Itajaí contribuiu para direcionar as soluções a situações mais próximas do cotidiano institucional.

Nesse processo, foram consideradas tanto situações percebidas como problemas quanto aspectos que, embora não representem falhas estruturais, podem dificultar a rotina de estudantes, servidores e visitantes. Entre esses exemplos estão a dificuldade de identificar salas disponíveis, a necessidade de melhorar a comunicação institucional, o acompanhamento de ativos, o uso dos espaços acadêmicos, o monitoramento de recursos e a possibilidade de ampliar a participação da comunidade acadêmica.

As soluções foram organizadas conforme os cinco pilares definidos no modelo, com o objetivo de relacionar possibilidades tecnológicas, setores envolvidos, *stakeholders* beneficiados e benefícios esperados. Essa organização permitiu distribuir as propostas de acordo com suas finalidades principais, evitando tratá-las

como iniciativas isoladas. A descrição detalhada das soluções associadas a cada pilar é apresentada no capítulo de resultados.

A escolha das soluções não foi baseada prioritariamente em baixo custo ou disponibilidade imediata de recursos financeiros, mas em seu potencial de auxiliar o câmpus, melhorar a experiência dos usuários e demonstrar possibilidades de evolução institucional. Ainda assim, considerou-se a importância de um crescimento gradual e escalável, de modo que o modelo possa ser aplicado inicialmente no IFSC Itajaí e, futuramente, adaptado a outras instituições com características semelhantes.

Nem todas as soluções propostas foram implementadas neste trabalho. Algumas são apresentadas como possibilidades futuras; outras já dialogam com iniciativas existentes ou em desenvolvimento no câmpus, como bancos de dados, *dashboards* e sensores voltados a diferentes aplicações. A aplicação prática diretamente vinculada a este TCC envolve o desenvolvimento do site informativo e as propostas de monitoramento do Barco-Escola e dos tanques. Assim, as soluções exemplo servem para demonstrar a aplicabilidade do modelo, sem representar uma implantação completa do *Smart Campus*.

A relação entre soluções, pilares, setores e *stakeholders* foi considerada essencial nessa etapa. Cada solução foi associada a um pilar estratégico, a setores institucionais potencialmente envolvidos e aos *stakeholders* beneficiados, compreendidos como a razão principal da existência das soluções, já que suas necessidades, dificuldades e expectativas orientam a definição dos serviços inteligentes. Dessa forma, a proposição das soluções reforça que o *Smart Campus* deve ser centrado nas pessoas e nas demandas institucionais, e não apenas na adoção de tecnologias.

Portanto, essa etapa metodológica permitiu transformar o modelo conceitual em exemplos de aplicação prática, demonstrando como os pilares podem orientar o desenvolvimento gradual de soluções inteligentes. A proposta reforça que a evolução do IFSC Câmpus Itajaí para um *Smart Campus* depende da articulação entre infraestrutura, dados, tecnologias, setores institucionais, participação da comunidade e planejamento contínuo.

3.2.6 Integração das aplicações práticas

A etapa prática de integração IoT consistiu na conexão entre dispositivos de sensoriamento, rede LoRa (protocolo LoRaWAN), a plataforma TTN, uma estrutura de banco de dados e API REST previamente desenvolvida no contexto de outro Trabalho de Conclusão de Curso vinculado ao IFSC Câmpus Itajaí, e o site do *Smart Campus*. Essa etapa teve como objetivo demonstrar como dados coletados por dispositivos conectados podem ser transmitidos, armazenados, consultados e apresentados em uma interface web, aproximando o modelo conceitual de aplicações práticas no contexto do IFSC Câmpus Itajaí.

A comunicação dos dispositivos foi possível devido à presença de *gateways* para comunicação LoRaWAN disponíveis no âmbito do IFSC Câmpus Itajaí, utilizados em atividades de pesquisa e monitoramento ambiental. Essa infraestrutura inclui um *gateway* instalado no câmpus, com cobertura voltada ao próprio câmpus e a áreas próximas, e outro localizado nos Molhes da Barra, Cabeçadas, Itajaí - SC, especificamente na sede Estação Rádio Costeira de Itajaí², ampliando as possibilidades de recepção de dados em áreas externas e costeiras³. Essa disponibilidade foi relevante para a aplicação prática, pois permitiu que os dispositivos transmitissem os dados.

No âmbito deste trabalho, foram consideradas duas aplicações práticas integradas ao site informativo do *Smart Campus*. A primeira corresponde ao monitoramento da localização do Barco-Escola por meio do dispositivo Dragino TrackerD-LS⁴, utilizando dados de GPS transmitidos por comunicação baseada em LoRa. A segunda corresponde ao monitoramento de temperatura da água em tanques utilizados em atividades de aquicultura, por meio do sensor NIT 21LI⁵, instalado em projeto desenvolvido no contexto do IFSC Câmpus Itajaí e incorporado ao site como exemplo de aplicação IoT.

A importância dessas aplicações foi complementada a partir de conversas exploratórias com o professor Leonardo Machado, vinculado à área de aquicultura, que contribuiu para contextualizar o uso dos dados no ambiente acadêmico e

² Disponível em: [Portal de Serviços - Rádio Costeira](#). Acesso em: 21 jun. 2026.

³ Mais informações sobre a linha de pesquisa e projetos relacionados ao monitoramento ambiental e redes LoRaWAN podem ser consultadas em: [Instrumentação e Medidas para Monitoramento Ambiental](#). Acesso em: 21 jun. 2026.

⁴ Informações técnicas do dispositivo Dragino TrackerD-LS, disponível em: [TrackerD-LS -- LoRaWAN Asset Tracker](#). Acesso em: 21 jun. 2026.

⁵ Informações técnicas do dispositivo Khomp NIT 21LI, disponível em: [NIT Sensor/transmissor de temperatura e umidade](#). Acesso em: 21 jun. 2026.

experimental do câmpus. No caso dos tanques, o monitoramento da temperatura da água apresenta relevância para atividades de ensino e pesquisa, uma vez que o IFSC Câmpus Itajaí possui tanques com diferentes espécies de peixes, algumas provenientes de regiões com condições ambientais distintas e que podem demandar acompanhamento mais cuidadoso da temperatura. A coleta contínua desses dados permite apoiar estudos sobre o desenvolvimento dos organismos aquáticos, possibilitando comparações entre espécies ou grupos mantidos em diferentes condições térmicas.

Além do acompanhamento da temperatura, a aplicação evidencia o potencial de integração de diferentes projetos desenvolvidos na área de aquicultura. Parâmetros como turbidez, pH, amônia, nitrato e outras informações relacionadas à qualidade da água podem, futuramente, ser incorporados à mesma lógica de coleta, transmissão, armazenamento e visualização de dados. Dessa forma, a integração dessas informações em *dashboards* ou interfaces web pode apoiar aulas práticas, atividades em sala de aula, visitas técnicas e projetos de pesquisa, permitindo que professores, estudantes e visitantes acompanhem de forma integrada dados coletados por diferentes sensores.

No caso do Barco-Escola, o monitoramento de localização contribui para demonstrar o uso de tecnologias IoT no acompanhamento de ativos institucionais. A visualização da posição por meio de mapa interativo permite relacionar conectividade, geolocalização, transmissão de dados e serviços digitais em uma aplicação vinculada à realidade do câmpus. Assim, tanto o monitoramento do Barco-Escola quanto o dos tanques demonstram possibilidades de uso do *Smart Campus* para integrar dados de diferentes contextos institucionais, apoiando ensino, pesquisa, gestão, inovação e comunicação com a comunidade acadêmica.

As Imagens 2 e 3 apresentam, respectivamente, o Barco-Escola do IFSC Câmpus Itajaí, utilizado para o acompanhamento de localização, e a estufa onde está localizado o dispositivo de temperatura associado ao tanque, evidenciando duas aplicações de monitoramento integradas ao site informativo no contexto da proposta de *Smart Campus*.

Imagem 2 – Barco-Escola utilizado como ativo monitorado



Fonte: IFSC (2016)

Imagem 3 – Estufa monitorada por dispositivo NIT 21LI e sondas de temperatura



Fonte: elaborada pela própria autora (2026)

Retomando a arquitetura de integração já mencionada, vale reforçar que a estrutura de banco de dados e a API utilizadas para armazenamento e disponibilização dos registros foram aproveitadas de outro Trabalho de Conclusão de

Curso vinculado ao IFSC - Câmpus Itajaí⁶, e não desenvolvidas originalmente neste trabalho.

A lógica de comunicação adotada nos dois casos segue a mesma arquitetura geral: o dispositivo realiza a coleta das variáveis de interesse; os dados são transmitidos por meio da rede LoRa até a plataforma TTN; a TTN recebe os pacotes de *uplink*; o *Payload Formatter* realiza a decodificação do *payload*; o conteúdo decodificado é encaminhado ao banco de dados do câmpus por meio de *webhook*; os dados são armazenados em banco de dados; uma API REST disponibiliza os registros para consulta; e, por fim, o site consome esses dados para apresentá-los visualmente ao usuário.

Inicialmente, os dispositivos são registrados como *End Devices* na plataforma *The Things Network*. Após a configuração, a TTN passa a receber os pacotes de *uplink* enviados pela rede LoRa, permitindo acompanhar as mensagens na seção *Live Data* do dispositivo. Como os dados recebidos podem estar em formato binário, representados por sequências de bytes, é necessário configurar um processo de decodificação por meio do recurso *Payload Formatter*. Esse recurso utiliza um script em JavaScript, normalmente fornecido pelo fabricante ou adaptado ao dispositivo utilizado, para converter os bytes recebidos em variáveis legíveis e estruturadas no campo *decoded_payload*.

Após a decodificação, foi configurada a integração entre a TTN e o banco de dados por meio de *webhooks*. Essa funcionalidade permite que a TTN envie automaticamente requisições em Protocolo de Transferência de Hipertexto (*Hypertext Transfer Protocol* HTTP) para um serviço externo sempre que um novo pacote de *uplink* é recebido (The Things Industries, 2026). Para isso, foi utilizado um *Custom Webhook*, no qual foram definidos a URL (*Uniform Resource Locator*, Localizador Uniforme de Recursos) base da API do banco de dados, o caminho do script responsável pelo recebimento das mensagens e o identificador do dispositivo. Também foi configurado um cabeçalho HTTP do tipo *X-API-Key*, utilizado para autenticar a requisição junto ao sistema de armazenamento.

No banco de dados usado, o script de recebimento da TTN identifica o campo *decoded_payload* enviado pelo *webhook* e registra os dados recebidos. Após essa etapa, o site não acessa o banco diretamente; em vez disso, utiliza uma API REST de

⁶ Em desenvolvimento no momento da redação desta monografia.

consulta, responsável por retornar os últimos registros associados a determinado dispositivo, a partir do identificador do dispositivo e da quantidade de registros desejada.

No *front-end* do site, a requisição à API foi implementada em JavaScript utilizando a função *fetch()*, com método GET e envio dos cabeçalhos necessários, incluindo o de autenticação. A resposta da API é recebida em formato *JavaScript Object Notation* (JSON), permitindo que os dados sejam tratados e inseridos dinamicamente nos elementos HTML da página. Para fins de desenvolvimento e validação, a chave da API foi utilizada diretamente no JavaScript do site; entretanto, em uma versão de produção, recomenda-se que essa chave não fique exposta no *front-end*, sendo mais adequado o uso de um *backend* intermediário para proteger a autenticação e repassar ao site apenas os dados necessários para visualização.

Durante os testes com o dispositivo NIT 21LI, observou-se que nem todos os *payloads* apresentavam os mesmos campos: em alguns registros o dispositivo enviava apenas temperatura, em outros umidade e, em alguns casos, informações adicionais sobre modelo, tipo de alimentação ou sensores externos. Por esse motivo, foi implementada no site uma lógica de normalização dos dados, na qual o JavaScript percorre os últimos registros retornados pela API e identifica o valor mais recente disponível para cada campo de interesse. Com isso, tornou-se possível exibir no site dados como temperatura interna, umidade, modelo do dispositivo, tipo de alimentação, status e horário da última leitura.

No site, foi implementada uma lógica em JavaScript para buscar os registros do dispositivo GPS, identificar os campos de latitude e longitude e normalizar os dados recebidos em formato JSON. As coordenadas são utilizadas para atualizar dinamicamente um mapa interativo construído com a biblioteca Leaflet, voltada à criação de mapas interativos para aplicações web, no qual é apresentada a localização atual do Barco-Escola (LEAFLET, 2026). Além das coordenadas geográficas, a interface também exibe o horário da última atualização. Esse protótipo demonstra o uso da arquitetura IoT proposta para o monitoramento de ativos institucionais, permitindo acompanhar a localização do Barco-Escola a partir de dados reais coletados em campo.

A seção de protótipos do site foi organizada em formato de carrossel, permitindo alternar entre os dois exemplos práticos: o monitoramento GPS do Barco-

Escola e o monitoramento de temperatura e umidade do tanque. Essa organização permite apresentar diferentes possibilidades de uso da mesma arquitetura IoT, evidenciando que dispositivos distintos podem seguir um fluxo semelhante de coleta, transmissão, armazenamento, consulta e visualização dos dados.

Dessa forma, a integração desenvolvida demonstra uma conexão prática entre dispositivos IoT, rede LoRa, TTN, banco de dados, API REST e interface web. O site deixa de atuar apenas como ferramenta informativa e passa a incorporar dados provenientes de dispositivos conectados, evidenciando diferentes possibilidades de aplicação do modelo proposto: enquanto o monitoramento do Barco-Escola demonstra o acompanhamento de um ativo institucional, o monitoramento dos tanques evidencia o potencial de uso de sensores para apoiar atividades de ensino, pesquisa e experimentação na aquicultura. Em ambos os casos, dados de contextos distintos deixam de ser tratados de forma isolada e passam a compor uma arquitetura comum de integração, armazenamento, consulta e visualização.

3.2.7 Componentes utilizados

As aplicações de monitoramento integradas ao site informativo utilizaram dois dispositivos IoT distintos: o Dragino TrackerD-LS, aplicado ao monitoramento da localização do Barco-Escola, e o NIT 21LI, aplicado ao monitoramento de temperatura no ambiente da estufa e do tanque. Ambos os dispositivos utilizam comunicação baseada em LoRa, por meio do protocolo LoRaWAN, permitindo a transmissão dos dados coletados para a infraestrutura de rede e, posteriormente, sua integração ao banco de dados, à API REST e ao site informativo.

O Dragino TrackerD-LS é um rastreador de ativos com comunicação LoRaWAN e localização por GPS. De acordo com a fabricante, o equipamento é um dispositivo *open source* baseado em microcontrolador ESP32 e chip LoRa Semtech, capaz de obter dados de localização via GPS e encaminhá-los a um servidor IoT por meio de uma rede LoRa. Essa característica torna o equipamento adequado para aplicações de rastreamento de ativos, como o monitoramento do Barco-Escola apresentado neste trabalho.

O dispositivo possui suporte ao padrão LoRaWAN 1.0.3 Classe A, utiliza o microcontrolador ESP32 PICO D4 e chip sem fio SX1276/78, além de apresentar

recursos como rastreamento GPS, detecção de movimento, acelerômetro de três eixos, monitoramento de energia e *data/log*. A alimentação é realizada por bateria Li-ion recarregável de 3000 mAh, com possibilidade de carregamento via USB (*Universal Serial Bus*, Barramento Serial Universal) e painel solar integrado, conforme especificação da fabricante.

A Imagem 4 apresenta o dispositivo Dragino TrackerD-LS utilizado na aplicação prática de monitoramento do Barco-Escola.

Imagem 4 – Dispositivo Dragino TrackerD-LS utilizado no protótipo de monitoramento do Barco-Escola



Fonte: DRAGINO TECHNOLOGY CO., [202-])

O segundo dispositivo utilizado foi o NIT 21LI, da Khomp, aplicado ao monitoramento de temperatura de dois tanques com água, um dentro da estufa e outro fora dela, ambos no câmpus. Esse dispositivo é um *endpoint* LoRa voltado a aplicações de sensoriamento sem fio, operando com rádio LoRa e protocolo LoRaWAN. Na aplicação apresentada neste trabalho, o NIT 21LI foi instalado na estrutura da estufa, próximo ao tanque monitorado, permitindo a coleta de dados relacionados à temperatura do ambiente e da água.

O NIT 21LI possui sensor integrado de temperatura e umidade e permite a conexão de sondas externas de temperatura. Na aplicação do tanque, foram utilizadas sondas DS18B20 para realizar medições em pontos distintos, possibilitando o acompanhamento da temperatura d'água associada a cada tanque. Dessa forma, enquanto o Dragino TrackerD-LS demonstrou o monitoramento de localização de um ativo institucional, o NIT 21LI permitiu demonstrar o monitoramento ambiental em um espaço físico do câmpus.

A Imagem 5 apresenta o NIT 21LI instalado na estufa, com a sonda de temperatura posicionada para coleta dos dados relacionados ao tanque.

Imagem 5 – Ilustração do NIT 21LI instalado na estufa para monitoramento de temperatura d'água dos tanques



Fonte: KHOMP ([202-]).

3.2.8 Desenvolvimento do site informativo

O desenvolvimento do site informativo foi realizado após a consolidação dos conceitos, pilares e soluções propostas para o modelo de *Smart Campus*. Essa escolha ocorreu porque o site deveria funcionar não apenas como uma página informativa, mas como uma ferramenta de divulgação estruturada da proposta desenvolvida no TCC. Assim, antes da construção das páginas, foram definidos os principais conteúdos a serem apresentados, incluindo o conceito de *Smart Campus*, os cinco pilares da estrutura proposta, os benefícios esperados, a participação da comunidade acadêmica, a aplicação prática relacionada ao Barco-Escola, as referências utilizadas e os canais de contato.

O site foi desenvolvido como uma aplicação *front-end* estática e responsiva, utilizando o editor de código Visual Studio Code. Foram empregadas as linguagens HTML (*HyperText Markup Language*, Linguagem de Marcação de Hipertexto), CSS (*Cascading Style Sheets*, Folhas de Estilo em Cascata) e JavaScript. O HTML5 foi utilizado para estruturar o conteúdo das páginas, como seções, textos, botões, menus, imagens, *cards* e divisões do site. O CSS3 foi utilizado para definir a identidade visual, o layout, as cores, os alinhamentos, as sombras, as animações, a responsividade, os

gradientes, os efeitos de interação e a aparência geral da interface. Já o JavaScript foi empregado para implementar comportamentos dinâmicos, como menu *mobile*, controle de exibição da navegação em dispositivos menores, carrossel de imagens/textos e interações básicas da interface.

A estrutura do projeto foi organizada de forma modular, separando arquivos principais e recursos auxiliares. O projeto contém um arquivo principal *index.html*, páginas internas organizadas no diretório *areas/* e uma pasta *assets/*, responsável por armazenar arquivos de estilo, scripts e imagens. Dentro dessa estrutura, o arquivo *styles.css* concentra a maior parte da estilização visual, enquanto o arquivo *main.js* reúne os comportamentos dinâmicos do site. Essa organização facilita a manutenção do projeto e permite sua expansão futura, caso novas páginas, serviços, *dashboards* ou integrações sejam adicionados.

A página inicial apresenta a proposta geral do *Smart Campus*, a explicação do conceito, os cinco pilares definidos no trabalho, uma seção de benefícios, a área de participação da comunidade acadêmica, a seção de referências e os canais de contato. A partir dela, o usuário pode acessar páginas específicas relacionadas a cada pilar do modelo: Infraestrutura e Operação, Dados e Governança, Ensino Inteligente, Pesquisa e Inovação e Transparência e Serviços. Essa organização foi adotada para facilitar a navegação e permitir que cada eixo da proposta fosse apresentado de forma individualizada.

No desenvolvimento visual e estrutural, foram utilizados conceitos modernos de desenvolvimento web, como *Responsive Web Design*, CSS Grid, *Flexbox*, *Media Queries*, variáveis CSS, gradientes e efeitos de interação. Esses recursos permitiram criar uma interface adaptável a diferentes tamanhos de tela, como computadores, notebooks, tablets e celulares. Além disso, foram aplicados princípios de UI (*User Interface*, Interface do Usuário) e UX (*User Experience*, Experiência do Usuário), como hierarquia visual, contraste, navegação simples, leitura intuitiva, organização por eixos temáticos, uso de *cards* e separação clara das informações, buscando tornar o conteúdo mais acessível e compreensível para diferentes perfis de usuários.

A navegação do site foi estruturada de duas formas: por âncoras internas, permitindo acesso direto a seções da página principal, e por navegação multipágina, possibilitando acesso a páginas específicas relacionadas aos pilares do modelo. Essa combinação permite que o usuário navegue rapidamente pelos principais conteúdos

da página inicial e, quando desejar, acesse explicações mais detalhadas sobre cada pilar. O site também utiliza imagens em diferentes formatos, como JPG, JPEG, PNG, AVIF, WEBP e JFIF, empregadas na composição de banners, cards, elementos visuais e ambientação institucional.

Do ponto de vista funcional, o site foi concebido como um recurso de divulgação, comunicação e participação: apresenta informações sobre a proposta de *Smart Campus* e disponibiliza uma seção de participação com acesso a um formulário desenvolvido por meio do Google Forms, no qual estudantes, servidores e demais membros da comunidade acadêmica podem sugerir ideias, demandas ou problemas relacionados ao câmpus. As respostas são armazenadas na nuvem vinculada à conta Google utilizada no projeto, permitindo consulta e análise posteriores das contribuições recebidas.

O site também traz seções voltadas às aplicações práticas integradas ao modelo, contemplando o monitoramento da localização do Barco-Escola e da temperatura associada aos tanques d'água. Essas seções foram planejadas como demonstrações práticas do modelo, conectando coleta de dados, monitoramento de ativos e ambientes institucionais, armazenamento, consulta via API e visualização das informações dentro do próprio site.

O site foi publicado por meio do GitHub Pages, permitindo que pessoas com o link possam acessá-lo publicamente⁷. Assim, o projeto não se limita a um protótipo local, pois já se encontra disponível em ambiente web. No entanto, por se tratar de uma aplicação *front-end* estática, o site ainda não possui *backend* próprio, sistema de login, autenticação ou banco de dados interno. Sua estrutura, entretanto, foi planejada de forma expansível, permitindo que futuras versões possam integrar banco de dados, APIs, *dashboards*, mapas em tempo real e outros serviços inteligentes associados ao *Smart Campus*.

Metodologicamente, o site desempenha três funções principais no trabalho: divulgação, ao apresentar de forma acessível o conceito de *Smart Campus*, seus pilares, benefícios e exemplos de aplicação; participação, ao disponibilizar um formulário para envio de sugestões pela comunidade acadêmica; e demonstração prática, ao prever a visualização da localização do Barco-Escola em mapa. Assim, o site se conecta diretamente aos pilares de Transparência e Serviços, Dados e

⁷ Futuramente, será trasladado para domínio fornecido pelo setor de TI do câmpus.

Governança, Pesquisa e Inovação e Infraestrutura e Operação, funcionando como uma interface inicial entre o modelo proposto, os usuários do câmpus e futuras aplicações inteligentes

3.3 SÍNTESE DO PERCURSO METODOLÓGICO

O percurso metodológico adotado neste trabalho foi desenvolvido de forma gradual, partindo da observação do contexto do IFSC Câmpus Itajaí e da identificação de possibilidades de melhoria relacionadas ao conceito de *Smart Campus*. Essa percepção inicial foi complementada por uma revisão da literatura sobre câmpus inteligentes, Transformação Digital, Internet das Coisas, infraestrutura digital, governança de dados e serviços inteligentes.

A partir dessa base teórica, foi construído o modelo proposto para o IFSC Câmpus Itajaí, organizado em pilares, camadas e soluções exemplo. Em seguida, a proposta foi aproximada de uma aplicação prática por meio de dois protótipos de monitoramento, utilizando a comunicação LoRaWAN como meio de transmissão, a TTN como plataforma de rede, o banco de dados do câmpus como componente de armazenamento, a API REST como interface de integração e o site como ambiente de visualização e divulgação.

Dessa forma, o percurso pode ser sintetizado na sequência: observação do contexto do câmpus, revisão da literatura, construção do modelo, definição dos pilares e camadas, proposição de soluções, desenvolvimento do protótipo e criação do site informativo. Essa trajetória permitiu unir fundamentação teórica, demandas observadas no câmpus e demonstração prática de uma aplicação IoT, resultando em uma proposta adaptada ao contexto do IFSC Câmpus Itajaí.

4 RESULTADOS

4.1 PROPOSTA DO MODELO DE CÂMPUS INTELIGENTE

4.1.1 Definição de *Smart Campus* no contexto do IFSC Câmpus Itajaí

Nesta pesquisa, o conceito de *Smart Campus* é compreendido como uma aplicação da Transformação Digital no contexto do IFSC Câmpus Itajaí. Essa compreensão parte da premissa de que a transformação digital não se limita à adoção de tecnologias isoladas, mas envolve mudanças em processos, estruturas organizacionais, formas de gestão, cultura institucional e mecanismos de criação de valor. Assim, o *Smart Campus* é entendido como um modelo institucional orientado à articulação entre infraestrutura física, infraestrutura digital, soluções baseadas em IoT, gestão de dados, serviços digitais, gestão institucional e participação da comunidade acadêmica. Desse modo, as informações produzidas no ambiente do câmpus serão coletadas, organizadas e utilizadas para apoiar decisões e aprimorar serviços acadêmicos, administrativos e operacionais.

Essa definição parte do pressuposto de que a infraestrutura tecnológica (sensores, redes, plataformas digitais e sistemas de visualização) constitui apenas a base operacional do modelo; a dimensão inteligente emerge quando essa base é conectada a práticas de governança de dados, indicadores, participação da comunidade acadêmica e melhoria contínua dos processos institucionais. Isso reforça a necessidade de distinguir a infraestrutura tecnológica da dimensão estratégica dos dados e da governança, uma vez que dispor de recursos digitais não garante, por si só, que o câmpus os utilize de modo planejado, seguro e orientado a resultados. Um ambiente verdadeiramente inteligente deve, portanto, ser analisado criticamente, considerando também governança, participação, inclusão social, sustentabilidade e capacidade de resposta aos problemas reais do contexto em que está inserido.

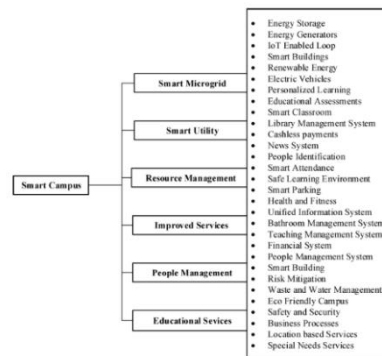
Portanto, para este TCC, **o conceito de *Smart Campus* aplicado ao IFSC Itajaí é definido como uma estratégia de transformação digital institucional que integra infraestrutura, tecnologias digitais, dados, serviços e participação dos *stakeholders*, com o objetivo de melhorar a eficiência administrativa, apoiar a tomada de decisão, promover sustentabilidade, ampliar a segurança e o**

monitoramento, qualificar a experiência de estudantes e servidores e criar bases para o planejamento futuro do câmpus. Essa definição orienta a construção dos pilares do modelo proposto, organizados de forma a representar tanto as dimensões técnicas quanto as dimensões administrativas, acadêmicas, sociais e estratégicas do câmpus.

4.1.2 Origem e construção dos pilares do modelo

A construção dos pilares partiu da análise de quatro referências centrais, apresentadas na Imagem 6, cada uma organizando o conceito de *Smart Campus* por meio de uma estrutura própria: domínios, camadas, dimensões ou áreas de serviço. Dong *et al.* (2020) propõem uma organização centrada nos *stakeholders*, com camadas de infraestrutura, tecnologia e serviços; Polin *et al.* (2023) estruturam o conceito em quatro dimensões (sociedade, economia, governança e meio ambiente), articuladas por tecnologia e dados; Min-Allah e Alrashed (2020) organizam o *Smart Campus* em seis áreas de serviço, com foco na integração entre infraestrutura física e digital; e Silva-da-Nóbrega, Chim-Miki e Castillo-Palacio (2022) apresentam uma estrutura multidimensional voltada à sustentabilidade, à inclusão e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

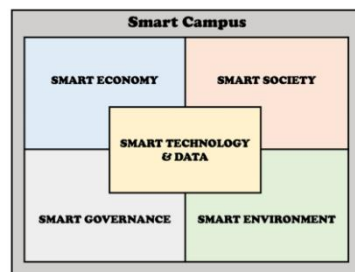
Imagem 6 - Modelos de referência utilizados na construção dos pilares do modelo de Smart Campus



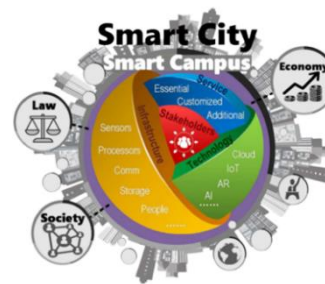
Min-Allah e Alrashed (2020)



Silva-da-Nóbrega et al. (2022)



Polin et al. (2023)



Dong et al. (2020)

Fonte: adaptado de Dong *et al.* (2020), Polin *et al.* (2023), Min-Allah e Alrashed (2020) e Silva-da-Nóbrega, Chim-Miki e Castillo-Palacio (2022).

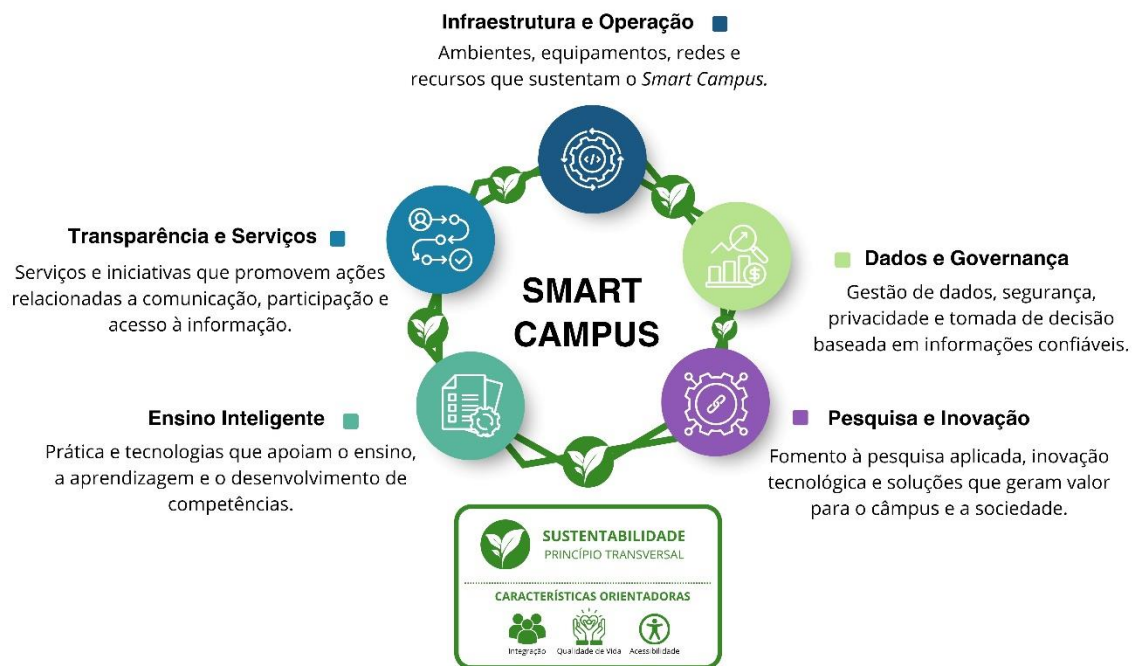
A partir dessa análise, os elementos recorrentes identificados na literatura foram reorganizados e adaptados à realidade do IFSC Câmpus Itajaí. Assim, neste trabalho optou-se pelo uso do termo **pilares**, pois eles representam os grandes eixos estratégicos de sustentação do modelo proposto, indicando as áreas em que o *Smart Campus* pode gerar valor para a instituição. Diferentemente das camadas, que explicam o fluxo funcional de implementação das soluções, os pilares organizam as áreas de atuação, os setores envolvidos, os benefícios esperados e as possibilidades de integração entre tecnologia, dados, pessoas e serviços.

Com base nessa síntese, foram definidos cinco pilares para o modelo de *Smart Campus* do IFSC Câmpus Itajaí: **Infraestrutura e Operação, Dados e Governança, Ensino Inteligente, Pesquisa e Inovação e Transparência e Serviços**. Esses pilares representam uma adaptação dos temas recorrentes na literatura à realidade institucional do câmpus, permitindo organizar as áreas de aplicação, os setores envolvidos e os benefícios esperados.

Nesse processo, também foi considerada a necessidade de diferenciar a infraestrutura tecnológica da dimensão estratégica dos dados e da governança. Essa separação é relevante porque um *Smart Campus* não se constitui apenas pela existência de sensores, redes, servidores ou dispositivos IoT. A infraestrutura é a base que permite coletar e transmitir informações, mas a inteligência do câmpus depende da capacidade de transformar esses dados em indicadores, decisões, serviços e melhorias institucionais. Por essa razão, o modelo proposto separa o pilar Infraestrutura e Operação do pilar Dados e Governança, evidenciando que conectividade e tomada de decisão são dimensões complementares, mas não equivalentes.

A Imagem 7 apresenta, de forma sintética, os pilares que estruturam a proposta de *Smart Campus* desenvolvida neste trabalho.

Imagem 7 – Pilares do modelo de *Smart Campus* proposto para o IFSC Câmpus Itajaí



Fonte: elaborada pela própria autora (2026)

Já o Quadro 3 apresenta a relação entre os principais elementos recorrentes identificados na literatura sobre *Smart Campus* e os pilares definidos para este trabalho.

Quadro 3 – Relação entre os elementos recorrentes na literatura sobre *Smart Campus* e os pilares propostos para o IFSC Câmpus Itajaí

Temas identificados na literatura	Pilar proposto para o IFSC Itajaí	Justificativa
Gestão operacional, eficiência no uso de recursos, manutenção, conectividade, monitoramento de ativos, modernização de ambientes e sustentabilidade operacional.	Infraestrutura e Operação	Representa a área voltada à eficiência operacional do câmpus, à organização da infraestrutura física, dos espaços, equipamentos e condições de acessibilidade, e à continuidade dos serviços institucionais.
Governança, gestão, indicadores, <i>dashboards</i> , dados, segurança da informação, transparência e tomada de decisão.	Dados e Governança	Evidencia que a inteligência do câmpus depende da transformação de dados em informações estratégicas para a gestão, envolvendo também registro histórico, rastreabilidade e segurança dos dados.
<i>Smart education</i> , aprendizagem personalizada, salas inteligentes, ambientes acadêmicos e experiência de estudantes e professores.	Ensino Inteligente	Relaciona o modelo à melhoria dos processos de ensino, aprendizagem e uso dos espaços acadêmicos.
Inovação, pesquisa, empreendedorismo, replicabilidade, experimentação, tecnologias emergentes e <i>Living Lab</i> .	Pesquisa e Inovação	Trata o câmpus como ambiente de desenvolvimento, teste e validação de soluções inteligentes.
Acesso à informação, comunicação institucional, participação social, inclusão digital, acessibilidade e serviços digitais.	Transparência e Serviços	Reforça a dimensão social, acessível, participativa e pública do <i>Smart Campus</i> , relacionando tecnologia, comunicação e melhoria dos serviços oferecidos à comunidade acadêmica.

Fonte: elaboração própria (2026)

A partir da relação apresentada no Quadro 2, cada pilar foi definido para representar uma dimensão específica do modelo proposto. O pilar Infraestrutura e Operação representa uma área estratégica de atuação voltada à melhoria da gestão operacional do câmpus. Esse pilar envolve ações relacionadas ao uso eficiente de recursos, à manutenção preventiva, ao acompanhamento de ativos institucionais, à modernização de ambientes, à conectividade, à segurança operacional e à

continuidade dos serviços essenciais. Diferentemente da camada de infraestrutura⁸, que trata dos recursos físicos, digitais e operacionais necessários para implementar uma solução específica, este pilar organiza as iniciativas voltadas à operação do câmpus como dimensão estratégica do *Smart Campus*.

O pilar Dados e Governança foi separado da infraestrutura para evidenciar que a existência de sensores, redes e dispositivos não torna o câmpus automaticamente inteligente: a infraestrutura permite coletar e transmitir informações, mas é a governança que organiza, protege, interpreta e transforma esses dados em indicadores, decisões e planejamento institucional. No contexto do câmpus, essa separação também se relaciona à possibilidade de evolução de bancos de dados e sistemas existentes para *dashboards* integrados, capazes de apresentar informações unificadas para gestores, servidores e setores responsáveis.

O pilar Ensino Inteligente representa as soluções voltadas diretamente à experiência acadêmica de estudantes e docentes. Esse pilar envolve recursos que podem facilitar o estudo, melhorar o uso dos espaços, apoiar aulas práticas, ampliar experiências educacionais e tornar os ambientes de ensino mais acessíveis, eficientes e interativos. Exemplos relacionados a esse pilar incluem visualização de salas disponíveis, ambientes virtuais, recursos digitais, simulações, realidade aumentada, monitoramento de conforto ambiental e apoio à gestão acadêmica.

O pilar Pesquisa e Inovação foi mantido separado do Ensino Inteligente porque possui uma função diferente dentro do modelo. Enquanto o Ensino Inteligente está voltado à melhoria da experiência educacional cotidiana, Pesquisa e Inovação trata do câmpus como ambiente de experimentação, desenvolvimento de protótipos e projetos aplicados. No IFSC Câmpus Itajaí, essa distinção é relevante porque há setores e atividades específicas de pesquisa, inovação e extensão, além da possibilidade de envolver estudantes em projetos extracurriculares, TCCs, iniciação científica e soluções voltadas à melhoria do próprio câmpus.

O pilar Transparência e Serviços foi definido como dimensão própria em razão da necessidade de tratar de forma mais explícita aspectos relacionados a comunicação, participação e acesso à informação. Durante a construção do modelo, observou-se que dificuldades de localização, compreensão dos serviços, acesso a informações institucionais e comunicação com setores do câmpus podem impactar

⁸ A estrutura em camadas do modelo é detalhada na seção 4.1.3 deste trabalho.

especialmente estudantes ingressantes, visitantes e pessoas que ainda não conhecem bem a estrutura institucional. Assim, esse pilar reforça a dimensão social do *Smart Campus*, relacionando tecnologia, comunicação e melhoria dos serviços oferecidos à comunidade acadêmica.

No modelo proposto, a sustentabilidade não foi definida como um pilar isolado, mas como um princípio transversal que permeia todos os pilares do *Smart Campus*. Essa escolha se justifica porque, no contexto de um câmpus inteligente, a sustentabilidade não se restringe apenas à dimensão ambiental, como economia de energia ou redução do consumo de água. Ela também envolve aspectos sociais, institucionais, econômicos e educacionais, como inclusão, uso eficiente de recursos públicos, melhoria da qualidade de vida, participação da comunidade acadêmica, inovação aplicada e apoio à tomada de decisão.

Dessa forma, entende-se que a sustentabilidade é exercida à medida que os pilares do modelo são implementados. No pilar de Infraestrutura e Operação, ela se manifesta por meio do monitoramento de energia, água, manutenção, uso de fontes renováveis, eficiência predial e redução de desperdícios. No pilar de Dados e Governança, aparece na criação de indicadores, *dashboards* e mecanismos de decisão que permitem planejar melhor o uso dos recursos institucionais. No pilar de Ensino Inteligente, relaciona-se à melhoria dos ambientes acadêmicos, ao conforto, à qualidade do ensino, à saúde e ao uso mais eficiente de salas e laboratórios. No pilar de Pesquisa e Inovação, fortalece-se por meio do desenvolvimento de projetos, protótipos e soluções tecnológicas voltadas a problemas reais do câmpus. Por fim, no pilar de Transparência e Serviços, a sustentabilidade assume uma dimensão social, ao promover acessibilidade, comunicação, participação, inclusão digital e melhoria dos serviços oferecidos à comunidade acadêmica.

Assim, a sustentabilidade não é tratada como uma área separada do *Smart Campus*, mas como resultado da integração entre infraestrutura, dados, ensino, inovação, Transparência e Serviços. Essa abordagem dialoga com os referenciais analisados, que, em conjunto, compreendem o *Smart Campus* como uma estrutura multidimensional apoiada por tecnologias digitais, infraestrutura, dados, serviços inteligentes, participação dos *stakeholders*, sustentabilidade, governança e melhoria da experiência no ambiente acadêmico (Dong *et al.*, 2020; Min-Allah; Alrashed, 2020; Silva-da-Nóbrega, Chim-Miki e Castillo-Palacio, 2022; Polin *et al.*, 2023).

A adoção desses cinco pilares permite que o modelo proposto seja compreendido como uma estrutura institucional e não apenas tecnológica. Cada pilar representa uma dimensão de aplicação do *Smart Campus* no IFSC Itajaí e permite relacionar a literatura científica com os setores reais do câmpus. Além disso, essa organização contribui para orientar a apresentação da infraestrutura prevista, das tecnologias associadas, dos serviços inteligentes, dos benefícios esperados, dos *stakeholders* envolvidos e dos setores atendidos. Dessa forma, os pilares funcionam como base conceitual para estruturar a proposta de *Smart Campus* desenvolvida neste trabalho.

4.1.2.1 Características consideradas para o modelo proposto

A definição dos pilares do modelo proposto também exigiu a identificação das características que tornam um câmpus efetivamente "inteligente". De acordo com Dong *et al.* (2020), o termo "*smart*" está associado à capacidade de aprender, tomar decisões e reagir de forma eficiente diante de problemas: um sistema inteligente não se caracteriza apenas pela presença de tecnologias digitais, mas por sua capacidade de oferecer serviços autônomos, responsivos e adaptados às necessidades dinâmicas dos usuários. Aplicado ao contexto educacional, esse entendimento permite compreender o *Smart Campus* como uma evolução do câmpus tradicional, no qual infraestrutura, tecnologias, dados, serviços e pessoas são articulados para melhorar a experiência acadêmica e institucional.

A literatura analisada indica que diferentes modelos buscam caracterizar o *Smart Campus* por meio de dimensões, pilares ou taxonomias. Um exemplo relevante é o framework *iCampus* proposto por Dong *et al.* (2020), que organiza o câmpus inteligente em seis pilares de inteligência: *iLearning*, *iGovernance*, *iGreen*, *iHealth*, *iSocial* e *iManagement*. Esses pilares evidenciam que a inteligência de um câmpus não se limita à infraestrutura tecnológica, mas envolve aprendizagem, governança, sustentabilidade, saúde, interação social e gestão. Entretanto, os autores observam que muitas dessas dimensões não são exclusivas do ambiente universitário, pois aparecem igualmente em iniciativas de *Smart Cities*. Por isso, ao propor um modelo para o IFSC Câmpus Itajaí, essas características foram reinterpretadas conforme a

missão educacional, a estrutura organizacional e as necessidades específicas do câmpus.

Outro aspecto relevante apontado por Dong *et al.* (2020) é a integração entre tecnologias emergentes e serviços educacionais. Tecnologias como Internet das Coisas, computação em nuvem, inteligência artificial, realidade aumentada, realidade mista e sistemas baseados em aprendizado de máquina podem apoiar a construção de ambientes mais responsivos, integrados e orientados por dados. Contudo, a adoção dessas tecnologias não garante, por si só, a existência de um *Smart Campus*, já que essa inteligência depende também da capacidade de apoiar decisões, reagir a eventos e adaptar os serviços às necessidades reais dos usuários.

Neste trabalho, essa compreensão é interpretada em diferentes níveis de maturidade: em um primeiro nível, as tecnologias permitem coletar dados do ambiente e disponibilizá-los para visualização em *dashboards*; em níveis mais avançados, esses dados podem ser utilizados para gerar alertas, identificar anomalias, apoiar decisões e acionar respostas automáticas ou semiautomáticas, reduzindo a dependência de intervenção humana contínua.

Desse modo, o modelo proposto considera como característica central a superação de uma abordagem exclusivamente tecnológica. Embora sensores, redes, plataformas digitais e sistemas de monitoramento sejam componentes importantes, eles devem estar subordinados às necessidades dos usuários e aos objetivos institucionais, o que reforça que a inteligência do câmpus emerge da articulação entre tecnologia, dados, governança, serviços e participação da comunidade acadêmica.

Com base nessas considerações, foram adotadas para o presente trabalho as seguintes características orientadoras do modelo: **centralidade nos usuários, orientação à aprendizagem, integração entre infraestrutura física e digital, uso estratégico de dados, oferta de serviços responsivos, multidimensionalidade e possibilidade de evolução gradual.**

Essas características orientam a aplicação dos cinco pilares definidos neste trabalho e ajudam a diferenciar um câmpus apenas digitalizado de um câmpus efetivamente inteligente. Por exemplo, uma solução de monitoramento de consumo de energia no câmpus pode envolver a centralidade nos usuários ao considerar as demandas de gestores, servidores e estudantes; a integração entre infraestrutura física e digital ao conectar medidores, rede de comunicação, banco de dados e

interface de visualização; o uso estratégico de dados ao transformar medições em indicadores; a oferta de serviço responsivo ao permitir acompanhamento e alertas; e a possibilidade de evolução gradual ao iniciar por um setor específico e, posteriormente, expandir para outros ambientes do câmpus.

4.1.3 Estrutura do modelo em camadas

Para organizar funcionalmente o modelo proposto, adotou-se uma estrutura em camadas adaptada a partir do framework HLSC apresentado por Dong *et al.* (2020). Essa abordagem permite compreender como os diferentes elementos do *Smart Campus* se relacionam, desde a identificação das demandas dos *stakeholders* até a entrega de serviços capazes de gerar valor ao câmpus.

No framework de Dong *et al.* (2020), os *stakeholders* ocupam posição central e a camada de serviços aparece mais próxima deles, seguida pelas camadas de tecnologia e infraestrutura, evidenciando que os serviços produzem efeitos diretos sobre os usuários. No modelo proposto neste trabalho, no entanto, essa estrutura foi adaptada para representar uma lógica diferente: os *stakeholders* permanecem no centro, mas não se relacionam apenas com a camada de serviços, e sim com todas as camadas do modelo, pois participam da identificação dos problemas, da formulação das soluções, da escolha das tecnologias, da utilização ou adaptação da infraestrutura e do uso dos serviços entregues.

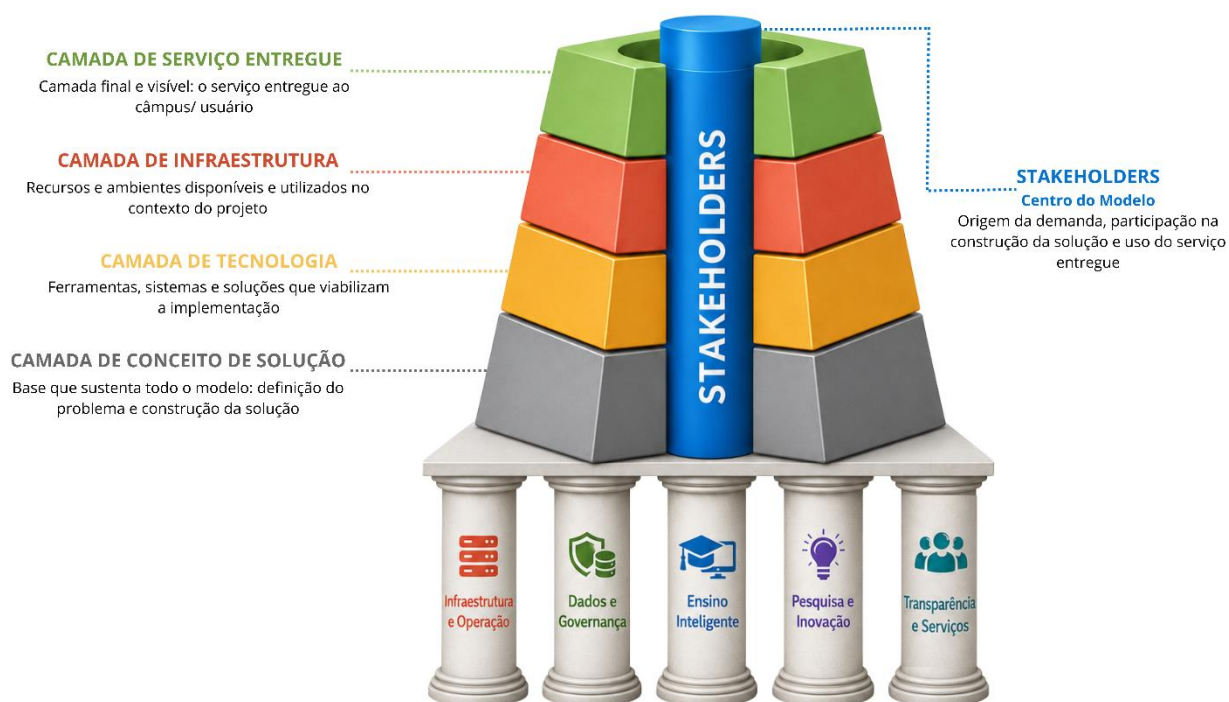
Dessa forma, o modelo proposto para o IFSC Câmpus Itajaí foi organizado a partir dos *stakeholders* como eixo central e das camadas de conceito de solução, tecnologia, infraestrutura e serviço entregue. A camada de conceito de solução representa o ponto de partida do modelo, pois nenhuma solução inteligente deve ser pensada apenas a partir da tecnologia, mas sim a partir de uma necessidade real do câmpus. A camada de tecnologia reúne os recursos, sistemas e ferramentas que viabilizam a solução proposta. A camada de infraestrutura representa os ambientes, equipamentos, redes e recursos físicos ou digitais necessários para implementar a solução no contexto real. Por fim, a camada de serviço entregue representa o resultado disponibilizado aos usuários e ao câmpus.

Essa estrutura permite evidenciar que a inteligência do modelo não está apenas na presença de sensores, sistemas ou redes de comunicação, mas na

articulação entre demandas institucionais, participação dos *stakeholders*, definição de soluções, escolha tecnológica, infraestrutura disponível e serviços capazes de gerar benefícios acadêmicos, administrativos, operacionais e sociais.

A Imagem 8 apresenta a estrutura em camadas do modelo proposto para o IFSC Câmpus Itajaí. A representação em formato de pirâmide evidencia um percurso de construção de valor, no qual a identificação do problema e da solução sustenta a definição das tecnologias, a organização da infraestrutura e a entrega do serviço final. No modelo proposto, os *stakeholders* também podem compor a infraestrutura humana e organizacional das soluções, pois setores, servidores, estudantes, coordenações, comissões e colegiados podem ser necessários para sua implantação, uso, validação, operação e continuidade. Assim, a imagem reforça que todas as camadas dependem da participação dos *stakeholders* e se articulam para transformar demandas reais em soluções aplicáveis ao câmpus.

Imagem 8 – Estrutura em camadas do modelo de *Smart Campus* proposto para o IFSC Câmpus Itajaí



Fonte: elaborada pela própria autora (2026)

4.1.3.1 Stakeholders no centro do modelo

Na proposta adaptada do modelo em camadas, os *stakeholders* ocupam posição central porque o *Smart Campus* deve ser orientado pelas necessidades reais

dos usuários, setores e agentes institucionais. Dong *et al.* (2020) destacam que o planejamento, a construção, a implantação, a execução, a manutenção e o uso de um câmpus inteligente envolvem a participação e o compromisso de múltiplos *stakeholders*, como estudantes, docentes, técnicos administrativos, familiares e equipes de gestão, cada grupo com necessidades e contribuições específicas.

Retomando a adaptação já apresentada, esses agentes não atuam apenas como usuários finais, mas também como participantes do processo: estudantes, docentes, técnicos administrativos, gestores, equipes de Tecnologia da Informação, infraestrutura, coordenações, núcleos institucionais, biblioteca, comunicação e comunidade externa contribuem em diferentes momentos da implantação e execução das soluções voltadas ao *Smart Campus*.

Nesse sentido, os *stakeholders* são responsáveis por identificar problemas, relatar dificuldades, propor demandas, contribuir para a definição de soluções, apoiar a escolha de tecnologias, utilizar ou manter a infraestrutura disponível, bem como implantar e executar os serviços desenvolvidos. Essa compreensão evita que o *Smart Campus* seja tratado apenas como uma arquitetura tecnológica e reforça seu caráter institucional, participativo e centrado na comunidade acadêmica.

A centralidade dos *stakeholders* também permite compreender que os serviços entregues não possuem o mesmo impacto para todos os grupos. Um *dashboard* de gestão, por exemplo, pode beneficiar diretamente a Direção e os setores administrativos; sensores de ocupação e conforto ambiental podem atender estudantes, docentes e coordenações; já serviços de acessibilidade, comunicação integrada e rotas inteligentes podem beneficiar estudantes, visitantes, servidores e comunidade externa. Assim, cada solução deve ser analisada considerando quais *stakeholders* serão beneficiados, como eles participam de sua construção e de que forma o serviço entregue melhora a comunicação, a gestão ou a experiência no câmpus.

Dessa forma, no modelo proposto para o IFSC Câmpus Itajaí, **os *stakeholders* são posicionados no centro porque suas necessidades orientam a definição dos pilares, a identificação dos problemas, a construção, implantação e execução das soluções, a escolha das tecnologias, a organização da infraestrutura, a priorização dos serviços e a avaliação dos benefícios esperados.**

Além disso, foram identificados os principais grupos envolvidos no contexto do instituto, considerando sua relação com o uso dos espaços, dos serviços, da infraestrutura e das informações institucionais. Essa identificação é importante porque o modelo proposto depende da participação de diferentes atores para reconhecer problemas, propor melhorias, apoiar a implementação das soluções e avaliar os serviços entregues. Assim, os *stakeholders* relevantes para a construção do modelo foram apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Levantamento inicial dos *stakeholders* no contexto do IFSC Câmpus Itajaí

Stakeholder no IFSC Itajaí	Necessidades no <i>Smart Campus</i>	Possíveis contribuições
Estudantes	Ambientes acadêmicos confortáveis, serviços acessíveis, comunicação clara, apoio à aprendizagem e uso eficiente dos espaços	Fornecer feedback, sugerir melhorias, participar, desenvolver, implantar e executar projetos e utilizar os serviços inteligentes
Docentes	Dados sobre uso dos espaços, apoio ao ensino, pesquisa, extensão, inovação, histórico acadêmico docente, laboratórios adequados, recursos tecnológicos e ambientes mais eficientes	Aplicar soluções em práticas pedagógicas, orientar projetos e avaliar impactos educacionais
Técnicos administrativos em educação (TAE)	Ferramentas para otimizar rotinas, manutenção, atendimento, gestão de recursos e processos institucionais	Apoiar a operação dos serviços, indicar demandas reais e contribuir para melhoria dos processos
Gestores, Colegiados e Comissões	Indicadores, <i>dashboards</i> , dados confiáveis, apoio à decisão e planejamento estratégico	Priorizar investimentos, coordenar setores, definir políticas e avaliar resultados
TI e Infraestrutura	Informações sobre rede, equipamentos, sensores, manutenção, integração e segurança	Implantar, manter e integrar soluções tecnológicas e operacionais
Coordenações de curso e núcleos pedagógicos	Dados sobre salas, laboratórios, demandas de cursos e uso dos ambientes	Apoiar a priorização de soluções e conectar o modelo às necessidades acadêmicas
Setor da biblioteca e comunicação	Serviços acessíveis, informação integrada, inclusão digital e melhoria da	Identificar demandas de acessibilidade, participação, comunicação e atendimento

	comunicação institucional	
Comunidade externa	Acesso a informações, serviços públicos, eventos, projetos e interação com o câmpus	Participar de ações de extensão, sugerir demandas e colaborar com projetos institucionais

Fonte: elaboração própria (2026)

4.1.3.2 Camada de conceito de solução

A camada de conceito de solução representa o ponto de partida do modelo proposto. Essa camada foi incluída para evidenciar que uma iniciativa de *Smart Campus* não deve começar pela escolha de uma tecnologia, mas pela identificação de uma necessidade real, dificuldade, oportunidade de melhoria ou demanda institucional. Assim, antes de definir sensores, sistemas, redes ou plataformas, é necessário compreender qual problema se pretende resolver, quem é afetado por ele e qual valor a solução poderá entregar ao câmpus.

No contexto do IFSC Câmpus Itajaí, essa camada está diretamente relacionada à participação dos *stakeholders*, pois são eles que vivenciam os problemas do cotidiano acadêmico, administrativo, operacional e social. Estudantes podem identificar dificuldades de acesso à informação, localização ou uso dos espaços; docentes podem apontar necessidades relacionadas a ambientes de ensino, laboratórios e recursos pedagógicos; técnicos administrativos e gestores podem indicar demandas de gestão, manutenção, comunicação e planejamento; e setores como TI e infraestrutura podem contribuir para avaliar a viabilidade das soluções.

A definição da solução ocorre a partir da análise dessas demandas e da compreensão dos benefícios esperados. Uma solução pode envolver monitoramento, automação, visualização de dados, integração de sistemas, melhoria de comunicação, apoio à tomada de decisão ou oferta de novos serviços digitais. Para apoiar esse processo, sugere-se a existência de uma ferramenta unificada de levantamento de necessidades, capaz de centralizar percepções, dificuldades e sugestões dos *stakeholders*. No contexto deste trabalho, essa função é exemplificada pelo site informativo apresentado mais à frente, que disponibiliza um formulário colaborativo para coleta de contribuições da comunidade acadêmica. Portanto, essa camada funciona como base do modelo, pois orienta todas as etapas seguintes: a escolha das tecnologias, a organização da infraestrutura e a entrega do serviço final.

4.1.3.3 Camada de tecnologias associadas

As tecnologias associadas ao modelo de *Smart Campus* devem ser compreendidas como recursos habilitadores, e não como finalidade em si mesmas. Elas são definidas após a identificação do problema e da solução pretendida, pois sua função é indicar quais recursos tecnológicos serão necessários para viabilizar aquilo que se deseja implementar. Nesse sentido, a camada de tecnologia orienta a escolha das tecnologias de comunicação, integração, processamento, armazenamento, segurança e visualização de dados necessárias para transformar uma demanda em solução aplicável.

Min-Allah e Alrashed (2020) destacam que o *Smart Campus* combina espaços físicos e cibernéticos, nos quais sensores, atuadores, dispositivos móveis, RFID (*Radio Frequency Identification*), câmeras inteligentes e outros dispositivos conectados podem gerar dados para análise e apoio à tomada de decisão. No modelo proposto neste trabalho, a camada de tecnologias associadas reúne os recursos funcionais escolhidos para viabilizar uma solução, como Internet das Coisas, LoRaWAN, GPS, *The Things Network*, APIs, bancos de dados, *dashboards* e mecanismos de segurança da informação. Esses recursos indicam quais tecnologias podem ser utilizadas para coletar, transmitir, integrar, armazenar, tratar, visualizar e proteger dados, conforme o problema identificado e o serviço que se pretende entregar.

No contexto do IFSC Câmpus Itajaí, a camada de tecnologias associadas pode ser organizada em diferentes grupos: comunicação, plataformas, integração, armazenamento, tratamento, segurança e visualização. No grupo de comunicação, destacam-se tecnologias como LoRaWAN, Wi-Fi e outras formas de conectividade aplicáveis conforme a solução proposta. No grupo de plataformas, situam-se os Sistemas Integrados de Gestão, como o SIGAA, o SIGRH e o SIPAC. No grupo de integração, destaca-se a *The Things Network*. No grupo de armazenamento, tratamento e segurança, incluem-se bancos de dados, computação em nuvem e mecanismos de segurança da informação. Por fim, no grupo de visualização e apoio à decisão, destacam-se interfaces web, mapas interativos e *dashboards*.

Essas tecnologias permitem que dados provenientes de diferentes ambientes, dispositivos e equipamentos sejam transmitidos, tratados, armazenados, integrados,

visualizados e utilizados para apoiar decisões acadêmicas, administrativas e operacionais. No entanto, sua escolha deve estar relacionada ao problema identificado e ao serviço que se pretende entregar. Por exemplo, uma solução de monitoramento ambiental pode exigir tecnologia IoT, comunicação LoRaWAN, banco de dados, API e interface de visualização, enquanto uma solução de comunicação institucional pode exigir site, formulário, banco de dados, painel de gestão e mecanismos de organização das informações recebidas.

Também se destacam tecnologias de análise de dados, inteligência artificial e aprendizado de máquina, que podem ser utilizadas futuramente para identificar padrões, emitir alertas e apoiar decisões preditivas, auxiliando na previsão de demanda energética, na identificação de anomalias ambientais, na análise de ocupação de espaços e na recomendação de ações de gestão. No modelo proposto, porém, essas tecnologias são compreendidas como possibilidades de evolução futura, uma vez que sua adoção exige maturidade de dados, infraestrutura adequada, critérios de segurança e capacidade institucional de operação.

Por fim, tecnologias relacionadas à segurança e governança dos dados devem acompanhar qualquer proposta de *Smart Campus*. A adoção de soluções que envolvam dados institucionais, monitoramento de ambientes ou participação dos usuários deve considerar requisitos legais, éticos e institucionais, especialmente em relação à privacidade, à proteção de dados, ao controle de acesso e à transparência no uso das informações.

4.1.3.4 Camada de infraestrutura

A camada de infraestrutura corresponde aos recursos físicos, digitais, operacionais e humanos necessários para que as tecnologias definidas anteriormente possam ser aplicadas no ambiente real do câmpus. No modelo proposto, essa camada não representa a tecnologia em si, mas a materialização concreta da solução. Dessa forma, após a definição das tecnologias associadas, a camada de infraestrutura permite identificar quais recursos já estão disponíveis no IFSC Câmpus Itajaí e quais precisam ser adaptados, ampliados ou adquiridos para viabilizar a implementação.

A diferença entre as camadas de tecnologia e infraestrutura está no papel que cada uma exerce no modelo. A camada de tecnologia define o que será utilizado do

ponto de vista tecnológico e funcional; já a camada de infraestrutura define como essas tecnologias serão materializadas no câmpus, considerando os recursos concretos necessários para sua instalação, operação, manutenção e continuidade.

No contexto do IFSC Câmpus Itajaí, essa camada envolve tanto a infraestrutura física existente quanto os recursos que podem ser incorporados gradualmente. Entre os elementos previstos estão sensores, atuadores, dispositivos IoT, *gateways*, servidores, rede elétrica, *backbone* de rede, laboratórios, ambientes técnicos, equipamentos institucionais e espaços físicos de instalação. Ela também inclui a dimensão humana e organizacional envolvida no desenvolvimento, implantação, operação, uso, avaliação e manutenção das soluções propostas, já que os mesmos *stakeholders* citados anteriormente também compõem essa infraestrutura humana necessária à execução e continuidade das soluções.

Assim, uma solução que utiliza a tecnologia LoRaWAN, por exemplo, pode exigir como infraestrutura um sensor instalado, um *gateway* LoRa disponível, conectividade, alimentação elétrica ou bateria, ambiente de instalação adequado, servidor ou banco de dados acessível e equipe responsável pela configuração e manutenção. Da mesma forma, uma solução baseada em *dashboard* pode depender de servidor, banco de dados, API, tela de visualização, rede de acesso e responsáveis pela atualização das informações. Portanto, a infraestrutura representa o conjunto de condições concretas que permite que as tecnologias escolhidas funcionem no ambiente institucional.

A adoção dessa camada deve considerar que o IFSC Câmpus Itajaí é um ambiente já existente, e não um câmpus projetado desde o início como *Smart Campus*. Por isso, a evolução para um câmpus inteligente tende a ocorrer por meio da modernização gradual da infraestrutura disponível, aproveitando recursos já existentes e priorizando soluções de maior impacto e menor custo inicial. Ao final da implementação, essa camada representa a infraestrutura estruturada da solução, composta pelos recursos disponíveis e incorporados, pelos ambientes de instalação, pela conectividade, pelos equipamentos e pelas equipes responsáveis por sua operação e manutenção.

4.1.3.5 Camada de serviço entregue

A camada de serviço entregue representa a aplicação final percebida pelos *stakeholders* e pelo câmpus. Enquanto a camada de conceito de solução define a necessidade a ser atendida, a tecnologia orienta o uso dos recursos e ferramentas necessárias e a infraestrutura permite sua implementação no ambiente real, o serviço entregue traduz esse percurso em benefício concreto para a comunidade acadêmica e para os setores institucionais.

De acordo com Dong *et al.* (2020), os serviços de um *Smart Campus* devem estar alinhados às necessidades dos *stakeholders* e podem ser classificados como essenciais, personalizados ou adicionais, conforme seu grau de abrangência e adaptação aos usuários. No modelo proposto para o IFSC Câmpus Itajaí, essa ideia é mantida, pois o serviço entregue precisa estar próximo dos *stakeholders* e responder às demandas que motivaram a construção da solução. No entanto, diferentemente de uma estrutura em que os *stakeholders* se relacionam apenas com a camada de serviços, este trabalho compreende que eles participam de todo o processo, desde a identificação do problema até o uso e a avaliação do serviço final.

Os serviços entregues devem ser organizados de acordo com os cinco pilares definidos neste trabalho. No pilar de Infraestrutura e Operação, podem ser previstos serviços como monitoramento de energia, consumo de água, detecção de vazamentos, acompanhamento de ativos, manutenção preditiva, monitoramento ambiental e alertas operacionais, contribuindo para reduzir desperdícios, melhorar o uso de recursos e apoiar a sustentabilidade do câmpus.

No pilar de Dados e Governança, destacam-se *dashboards* administrativos, indicadores de desempenho, relatórios automatizados, controle de acesso a informações, integração entre sistemas e mecanismos de apoio à tomada de decisão. Min-Allah e Alrashed (2020) destacam que *dashboards* integrados podem oferecer uma visão unificada do câmpus, permitindo que gestores acompanhem dados de energia, mobilidade, segurança, desempenho acadêmico, uso de recursos e sustentabilidade.

No pilar de Ensino Inteligente, os serviços podem envolver monitoramento de ocupação de salas e laboratórios, acompanhamento de conforto ambiental, apoio a ambientes híbridos de aprendizagem, recursos digitais de comunicação acadêmica e

uso de dados para melhorar o planejamento dos espaços de ensino. Tecnologias digitais também permitem novas formas de aprendizagem, incluindo ambientes virtuais, aprendizagem móvel, aprendizagem ubíqua e modelos híbridos, desde que sejam utilizadas para apoiar a experiência pedagógica e não apenas para automatizar rotinas.

No pilar de Pesquisa e Inovação, os serviços previstos incluem disponibilização de dados para projetos, uso do câmpus como laboratório vivo, desenvolvimento de protótipos, integração com atividades de ensino, pesquisa e extensão, além de experimentação de soluções baseadas em IoT, LoRaWAN, automação e inteligência artificial. Essa dimensão é importante porque transforma o câmpus em espaço de aprendizagem aplicada e inovação contínua.

Por fim, no pilar de Transparência e Serviços, podem ser previstos serviços como site informativo, comunicação integrada, dados públicos, rotas acessíveis, sinalização inteligente, inclusão digital, biblioteca digital e canais de participação da comunidade acadêmica. Esses serviços reforçam que o *Smart Campus* deve ser acessível, participativo e centrado nas pessoas, evitando que a transformação digital se limite à infraestrutura tecnológica.

Assim, os serviços entregues não devem ser entendidos como uma lista fechada de aplicações, mas como possibilidades de desenvolvimento gradual. Cada serviço precisa ser avaliado conforme sua viabilidade técnica, custo, impacto institucional, benefícios esperados, riscos de privacidade e alinhamento com as necessidades dos *stakeholders*. Dessa forma, o modelo proposto permite priorizar soluções compatíveis com a realidade do IFSC Câmpus Itajaí e expandi-las conforme a maturidade tecnológica e organizacional do câmpus.

4.1.4 Setores atendidos e relação com os pilares

Após a definição dos pilares, da estrutura em camadas e dos serviços inteligentes previstos, torna-se necessário relacionar o modelo proposto à estrutura organizacional do IFSC Câmpus Itajaí. Essa relação permite identificar quais setores podem ser diretamente beneficiados, quais áreas podem apoiar a implantação das soluções e como os pilares se articulam às demandas institucionais do câmpus.

A organização por pilares contribui para evitar que o *Smart Campus* seja tratado como um conjunto de iniciativas isoladas. Ao relacionar cada pilar aos setores atendidos, aos serviços inteligentes e ao valor entregue, torna-se possível compreender como a proposta pode apoiar o planejamento institucional, a priorização de projetos, a solicitação de recursos e a definição de responsabilidades em futuras etapas de implementação.

Quadro 5 – Exemplo de relação entre os pilares com alguns setores do câmpus

Pilar	Setores atendidos ou envolvidos	Serviços inteligentes previstos	Valor entregue
Infraestrutura e Operação	Coordenação de Infraestrutura, Coordenação de TI, Coordenação de Materiais e Finanças, setor de manutenção	Monitoramento de energia, água, ativos, sensores ambientais e manutenção preditiva	Eficiência operacional, sustentabilidade, redução de desperdícios, apoio à manutenção e à segurança patrimonial
Dados e Governança	Direção-Geral, Conselho de Gestão, Colegiado do Câmpus, Coordenação de TI e setores administrativos	<i>Dashboards</i> , indicadores, relatórios, controle de acesso, integração de dados, alertas e notificações	Apoio à decisão, transparência, planejamento institucional e resposta rápida a eventos
Ensino Inteligente	Departamento de Ensino, Coordenação Pedagógica, coordenações de curso, Registro Acadêmico, docentes e estudantes	Ocupação de salas, conforto ambiental, recursos digitais e ambientes híbridos	Melhoria da experiência acadêmica, uso eficiente dos espaços e apoio à gestão acadêmica
Pesquisa e Inovação	Coordenação de Pesquisa e Inovação, Coordenação de Extensão, cursos, laboratórios, docentes e estudantes	Dados para projetos, protótipos, <i>Living Lab</i> e automação	Pesquisa aplicada, extensão tecnológica, inovação contínua e uso do câmpus como laboratório vivo
Transparência e Serviços	NEAD, Biblioteca, Jornalismo, Relações Externas, núcleos institucionais e comunidade acadêmica	Site informativo, rotas acessíveis, sinalização inteligente, biblioteca digital e comunicação integrada	Acessibilidade, participação, inclusão digital e melhoria dos serviços à comunidade

Fonte: elaboração própria (2026)

Essa relação entre pilares, setores e serviços evidencia que o modelo proposto não se limita à dimensão tecnológica, mas busca organizar a aplicação do *Smart Campus* conforme as demandas institucionais do IFSC Câmpus Itajaí. Dessa forma, cada pilar atua como eixo de articulação entre necessidades reais do câmpus, possibilidades tecnológicas e benefícios esperados.

Além disso, a identificação dos setores envolvidos contribui para orientar futuras etapas de planejamento, priorização de projetos, solicitação de recursos e definição de responsabilidades na implantação gradual do modelo. Assim, a proposta permite que o *Smart Campus* seja compreendido como uma estratégia institucional integrada, capaz de conectar infraestrutura, dados, ensino, pesquisa, inovação, transparência e serviços à realidade organizacional do câmpus.

4.2 SOLUÇÕES EXEMPLO POR PILAR

A partir dos pilares definidos no modelo proposto, esta seção apresenta exemplos de soluções inteligentes que poderiam compor, de forma gradual, o processo de transformação do IFSC Câmpus Itajaí em um câmpus inteligente. As soluções descritas não devem ser compreendidas como uma lista fechada ou obrigatória de implementações, mas como possibilidades iniciais alinhadas às necessidades institucionais, à infraestrutura existente, aos setores atendidos e aos benefícios esperados.

A organização das soluções separadamente por pilar permite relacionar propostas individuais a uma dimensão estratégica do câmpus, facilitando a priorização de ações conforme custo, viabilidade técnica, impacto institucional, riscos associados, disponibilidade de dados e maturidade tecnológica. Dessa forma, os exemplos apresentados funcionam como desdobramentos práticos do modelo conceitual descrito anteriormente

4.2.1 Soluções para Infraestrutura e Operação

No pilar de Infraestrutura e Operação, as soluções de exemplo estão relacionadas ao monitoramento, à otimização e à manutenção dos recursos físicos e operacionais do câmpus, envolvendo elementos como energia elétrica, água, ativos

institucionais, ambientes técnicos, laboratórios, conectividade, sensores e equipamentos distribuídos. Seu objetivo principal é apoiar a eficiência operacional, a sustentabilidade, a redução de desperdícios, a manutenção preventiva e a segurança patrimonial.

Uma solução inicial seria o monitoramento de energia elétrica por setor, permitindo acompanhar o consumo em blocos, salas, laboratórios ou setores administrativos. Essa aplicação poderia utilizar medidores inteligentes, sensores de corrente e tensão, *dashboards* e alertas de consumo anormal. A partir desses dados, seria possível identificar horários de maior demanda, equipamentos com consumo elevado, desperdícios e oportunidades de eficiência energética. Além disso, esse tipo de solução poderia apoiar decisões futuras relacionadas à instalação de fontes renováveis, como sistemas fotovoltaicos em coberturas ou estacionamentos.

Outra possibilidade é o monitoramento do consumo de água e detecção de vazamentos. Por meio de sensores de fluxo, sensores de nível e alertas automáticos, o câmpus poderia identificar padrões incomuns de consumo, vazamentos ou falhas em reservatórios e tubulações, contribuindo para a manutenção preventiva, a redução de perdas e o uso mais responsável dos recursos hídricos, reforçando a dimensão sustentável do câmpus inteligente.

Também se destaca o monitoramento de ativos e equipamentos, especialmente aqueles utilizados em laboratórios, setores compartilhados ou atividades externas. Tecnologias como QR Code, RFID, GPS ou LoRa poderiam ser utilizadas para registrar movimentações, localização ou estado de determinados equipamentos, contribuindo para o controle patrimonial, a segurança, o planejamento de manutenção e a rastreabilidade de bens institucionais. O protótipo com GPS e LoRa desenvolvido neste trabalho pode ser compreendido como um exemplo prático inicial relacionado a essa categoria.

Essas soluções podem ser implementadas gradualmente, começando por pontos estratégicos do câmpus ou por equipamentos de maior criticidade, o que permite reduzir custos iniciais, testar a viabilidade técnica das tecnologias utilizadas e avaliar os benefícios antes de uma expansão para outras áreas.

4.2.2 Soluções para Dados e Governança

No pilar de Dados e Governança, as soluções de exemplo estão voltadas à transformação dos dados coletados no câmpus em informações úteis para planejamento, tomada de decisão, transparência e melhoria dos processos institucionais. Esse pilar reforça que um câmpus, para ser inteligente, não depende apenas da existência de sensores ou sistemas digitais, mas da capacidade de organizar, proteger, interpretar e utilizar os dados de forma estratégica.

Uma solução central seria a criação de um *dashboard* institucional de indicadores, reunindo informações sobre consumo de energia, uso de água, ocupação de salas, ativos monitorados, demandas de manutenção, dados ambientais e sugestões recebidas pela comunidade acadêmica. Esse painel poderia apoiar gestores e setores administrativos na identificação de padrões, gargalos e prioridades de intervenção, além de facilitar o acompanhamento da evolução do câmpus e a elaboração de relatórios para planejamento e solicitação de recursos.

Para que esse tipo de solução seja efetivo, torna-se necessário que os dados coletados não sejam apenas visualizados em tempo real, mas também armazenados de forma estruturada para consultas posteriores. Nesse sentido, o uso de um banco de dados associado ao modelo de *Smart Campus* permitiria registrar séries históricas, comparar medições ao longo do tempo, identificar padrões de comportamento e subsidiar análises futuras. No contexto deste trabalho, essa lógica é exemplificada pela utilização da base do banco de dados empregada para armazenar as informações geradas pelo protótipo, demonstrando que a retenção organizada dos dados é uma etapa importante para transformar medições pontuais em indicadores úteis à gestão institucional.

Outra solução importante seria o alinhamento das futuras aplicações de *Smart Campus* às políticas, normas e estruturas institucionais de governança de TI, gestão de dados, privacidade e segurança da informação já existentes no IFSC (IFSC, [202-]a). Assim, futuras soluções deverão observar critérios de coleta, armazenamento, acesso, compartilhamento, anonimização, descarte, rastreabilidade e segurança, em conformidade com as diretrizes institucionais vigentes.

Além disso, poderiam ser desenvolvidos sistemas de alertas e notificações para apoiar respostas rápidas a eventos relevantes, como consumo anormal de energia,

possível vazamento de água, movimentação inesperada de um ativo, falha em sensores, temperatura inadequada em determinado ambiente ou demandas registradas pela comunidade acadêmica. Dessa forma, o câmpus passaria a operar de maneira mais responsiva, reduzindo o tempo entre a identificação de um problema e a ação do setor responsável.

As soluções desse pilar devem ser implementadas de forma articulada com os demais pilares, pois os dados utilizados pela governança são gerados a partir da infraestrutura, dos ambientes acadêmicos, dos serviços digitais e dos projetos de inovação. Assim, a implantação deve priorizar dados confiáveis, integração entre sistemas e definição clara de responsabilidades.

4.2.3 Soluções para Ensino Inteligente

No pilar de Ensino Inteligente, os recursos de exemplo estão relacionados à melhoria dos ambientes acadêmicos, ao apoio à gestão pedagógica e à qualificação da experiência de estudantes e docentes. Esse pilar reforça que o câmpus inteligente deve contribuir diretamente para as atividades educacionais, e não apenas para a automação administrativa ou operacional.

Uma solução possível é o monitoramento de ocupação de salas e laboratórios. Por meio de sensores de presença, contadores de ocupação ou integração com sistemas de agendamento, seria possível comparar o uso real dos espaços com a grade horária planejada, auxiliando coordenações de curso e setores administrativos na alocação de salas, na identificação de espaços subutilizados, na redução de conflitos de uso e no melhor planejamento da infraestrutura acadêmica.

Outra solução relevante é o monitoramento de conforto ambiental em salas e laboratórios. Sensores de temperatura, umidade, luminosidade, ruído e qualidade do ar poderiam fornecer dados sobre as condições dos ambientes de ensino, ajudando a identificar salas com problemas de ventilação, excesso de calor, ruído ou baixa qualidade ambiental, e permitindo intervenções que favoreçam o conforto, a saúde e o desempenho acadêmico. Esses dados também poderiam ser utilizados para equilibrar conforto e eficiência energética.

Também podem ser considerados recursos digitais de apoio a ambientes híbridos e informativos de aprendizagem. Plataformas virtuais, sistemas de

comunicação, recursos audiovisuais, materiais digitais e integração com dados dos espaços físicos podem ampliar as possibilidades de ensino presencial, híbrido e remoto. No entanto, essas soluções devem ser orientadas por objetivos pedagógicos claros, evitando que a tecnologia seja adotada apenas como ferramenta operacional sem impacto real na aprendizagem.

A implementação dessas soluções deve ocorrer com participação dos docentes, estudantes, coordenações e setores pedagógicos, pois são esses grupos que vivenciam diretamente os ambientes acadêmicos. Dessa forma, o pilar de Ensino Inteligente pode contribuir para aproximar tecnologia, gestão acadêmica e melhoria da experiência educacional

4.2.4 Soluções para Pesquisa e Inovação

No pilar de Pesquisa e Inovação, as alternativas estão relacionadas ao uso do próprio câmpus como ambiente de experimentação, desenvolvimento e validação de tecnologias. Esse pilar permite compreender o IFSC Itajaí como um *Living Lab*, ou seja, um laboratório vivo em que problemas reais do câmpus podem ser transformados em projetos de pesquisa, extensão, ensino e inovação aplicada.

Uma solução inicial seria a criação de um *Living Lab* de IoT, utilizando a estrutura LoRa disponível no câmpus, bem como suas áreas internas e externas, para testar sensores, dispositivos conectados, comunicação de longo alcance, automação e *dashboards*. Esse ambiente poderia apoiar Trabalhos de Conclusão de Curso, projetos integradores, iniciação científica e atividades de extensão, com aplicações como monitoramento ambiental, rastreamento de ativos, controle de consumo energético e automação de espaços desenvolvidas de forma incremental.

Outra possibilidade é a criação de um repositório de dados do câmpus para pesquisa aplicada, contendo dados não sensíveis ou devidamente anonimizados, como medições ambientais, consumo energético agregado, ocupação de espaços, dados de sensores e registros de uso de serviços digitais. O acesso controlado a esse tipo de informação permitiria que estudantes e professores desenvolvessem análises, protótipos, algoritmos e soluções voltadas a problemas reais da instituição.

Também poderia ser criado um processo de chamadas internas para projetos-piloto, incentivando estudantes, docentes e técnicos a propor soluções alinhadas aos

pilares do *Smart Campus*. Essas chamadas poderiam selecionar projetos de baixo custo e alto impacto, permitindo testar soluções em pequena escala antes de uma possível expansão, favorecendo a inovação contínua e fortalecendo a integração entre ensino, pesquisa, extensão e gestão institucional.

As soluções desse pilar devem ser planejadas de forma colaborativa, envolvendo cursos, laboratórios, coordenações, setor de pesquisa e extensão, TI e infraestrutura. Assim, o *Smart Campus* deixa de ser apenas um objeto de implantação tecnológica e passa a funcionar como uma plataforma de aprendizagem, experimentação e produção de conhecimento aplicado.

4.2.5 Soluções para Transparência e Serviços

No pilar de Transparência e Serviços, as melhorias estão voltadas para o acesso à informação, à participação da comunidade acadêmica e à qualificação dos serviços institucionais. Esse pilar reforça que um *Smart Campus*, especialmente em uma instituição pública de ensino, deve ser também inclusivo, acessível e orientado às necessidades sociais da comunidade.

Uma solução central é o site informativo do *Smart Campus*, previsto neste trabalho como ferramenta de divulgação e participação. O site pode apresentar o conceito do modelo, seus pilares, exemplos de soluções, andamento de projetos e canais para envio de sugestões pela comunidade acadêmica, permitindo que estudantes, servidores e demais usuários indiquem problemas, proponham ideias e acompanhem o desenvolvimento de iniciativas inteligentes no câmpus.

Outra solução possível é o desenvolvimento de rotas acessíveis e sinalização inteligente, utilizando mapas digitais, QR Codes, sinalização física integrada a recursos digitais e informações sobre acessibilidade dos ambientes, com o objetivo de apoiar estudantes, servidores, visitantes e pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida na circulação pelo câmpus, indicando trajetos mais adequados, rampas, entradas acessíveis, banheiros adaptados e localização de setores.

Também se destaca a comunicação integrada de serviços, reunindo informações institucionais em canais digitais mais acessíveis, como horários de atendimento, serviços da biblioteca, eventos, notícias, manutenção programada, avisos institucionais e alertas. A centralização e organização dessas informações

reduziria ruídos de comunicação e facilitaria o acesso aos serviços oferecidos pelo câmpus.

Essas soluções podem ser implementadas de forma gradual, iniciando por recursos de baixo custo, como páginas informativas, formulários digitais e mapeamento básico de acessibilidade. Com o avanço da maturidade tecnológica e institucional, esses serviços podem evoluir para aplicações mais integradas, interativas e personalizadas

4.2.6 Síntese das soluções propostas

As soluções apresentadas nesta seção demonstram que a transformação do IFSC Câmpus Itajaí em um *Smart Campus* pode ocorrer de maneira gradual e orientada por prioridades institucionais. Cada pilar permite organizar um conjunto de aplicações possíveis, relacionando necessidades reais do câmpus a tecnologias, dados, serviços e benefícios esperados.

De modo geral, algumas soluções apresentam maior viabilidade inicial por exigirem menor infraestrutura técnica, como o site informativo, o mapeamento de rotas acessíveis e a organização de dados para *dashboards* simples. Outras, como monitoramento energético, sensores de ocupação, automação de ambientes e integração de múltiplos sistemas, demandam maior planejamento técnico, orçamento, governança de dados e participação dos setores responsáveis.

Nesse sentido, a implantação das soluções deve considerar critérios como custo, impacto institucional, disponibilidade de infraestrutura, riscos de privacidade, facilidade de manutenção e aderência aos objetivos do câmpus. Assim, evita-se que o *Smart Campus* seja desenvolvido por meio de iniciativas isoladas e desconectadas, favorecendo uma evolução planejada, sustentável e compatível com a realidade do IFSC Itajaí.

A seção seguinte apresenta uma aplicação prática relacionada ao modelo proposto, demonstrando o uso do sistema de posicionamento GPS e rede LoRa em uma solução baseada em IoT aplicável ao câmpus. Ressalta-se que, neste trabalho, a inteligência de uma solução é compreendida como um processo evolutivo: inicialmente, envolve a coleta, transmissão e visualização de dados; em estágios mais avançados, pode incorporar alertas, identificação de anomalias, tomada de decisão

assistida e respostas automáticas ou semiautomáticas. Nesse sentido, o protótipo apresentado tem caráter de prova de conceito inicial, com potencial de evolução para serviços mais autônomos e integrados ao modelo de *Smart Campus*

4.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA: MONITORAMENTO DO BARCO-ESCOLA E TANQUES D'ÁGUA

4.3.1 Relação com o modelo de *Smart Campus*

A aplicação prática relaciona-se diretamente ao modelo de *Smart Campus* proposto neste trabalho, ao demonstrar a integração entre infraestrutura, tecnologias digitais, dados e serviços. Os dispositivos realizam a coleta de dados em campo, enquanto LoRaWAN, *gateways*, TTN, *webhook*, banco de dados e API compõem a cadeia tecnológica responsável pela transmissão, armazenamento e disponibilização das informações.

O protótipo do Barco-Escola associa-se principalmente aos pilares de Infraestrutura e Operação, Dados e Governança e Pesquisa e Inovação. A aplicação possibilita o monitoramento de um ativo institucional, especialmente de sua localização, contribuindo para a segurança patrimonial e a gestão operacional. Ao mesmo tempo, evidencia a importância do armazenamento e da disponibilização estruturada dos dados para aplicações externas e futuras análises. Sob a perspectiva de Pesquisa e Inovação, o protótipo demonstra o potencial do câmpus como ambiente de experimentação, ao integrar uma solução já existente à proposta de *Smart Campus*. Há ainda uma relação indireta com o Ensino Inteligente, considerando o uso do Barco-Escola em atividades acadêmicas e práticas externas. Sua contribuição para Transparência e Serviços é secundária, ocorrendo principalmente pela disponibilização das informações no site.

O protótipo de monitoramento dos tanques, por sua vez, relaciona-se principalmente aos pilares de Infraestrutura e Operação, Ensino Inteligente e Pesquisa e Inovação. A solução reutiliza a mesma arquitetura tecnológica do monitoramento do Barco-Escola, evidenciando seu potencial de aplicação em diferentes contextos IoT do câmpus. No Ensino Inteligente, os dados coletados apoiam atividades práticas do curso técnico em Aquicultura, permitindo o acompanhamento das condições dos

tanques. Em Pesquisa e Inovação, possibilitam comparar o desenvolvimento de peixes de uma mesma espécie submetidos a diferentes condições de temperatura, nos ambientes interno e externo à estufa, subsidiando estudos conduzidos por professores e estudantes. O protótipo também se relaciona a Dados e Governança pelo armazenamento e disponibilização das informações na infraestrutura de banco de dados e API, enquanto sua relação com Transparência e Serviços ocorre de forma secundária por meio do site.

Assim, os protótipos demonstram que soluções de *Smart Campus* podem ser desenvolvidas a partir de necessidades específicas e de tecnologias já existentes na instituição. Mais do que aplicações finalizadas, constituem provas de conceito da coleta, transmissão, armazenamento e visualização de dados de ativos e ambientes reais do câmpus, com potencial de gerar valor para a gestão, o ensino, a pesquisa, a segurança patrimonial e a inovação. Além disso, ambos os protótipos refletem as características orientadoras do modelo apresentadas na seção 4.1.2.1, como a centralidade nos usuários, a integração entre infraestrutura física e digital, o uso estratégico de dados e a possibilidade de evolução gradual, ao partirem de demandas reais do câmpus e permitirem expansão futura para novos sensores e aplicações.

As aplicações também envolvem diferentes atores institucionais conforme sua finalidade e contexto de uso. Em ambos os casos, a comunidade acadêmica do câmpus figura como *stakeholder* indireto, na medida em que pode acessar as informações disponibilizadas no site desenvolvido neste trabalho. O Quadro 6 sintetiza essas relações, apresentando os pilares e os *stakeholders* associados a cada aplicação, bem como a concepção que motivou seu desenvolvimento.

Quadro 6 - Relação das aplicações práticas com os pilares e as camadas do modelo de *Smart Campus*

Aplicação	Pilares relacionados	Stakeholders Relacionados	Concepção
Localização do Barco-Escola	Infraestrutura e Operação; Dados e Governança (apoio)	Gestão, docentes e estudantes; Marinha do Brasil (comunidade externa)	Necessidade de acompanhar a localização do Barco-Escola e apoiar o monitoramento desse ativo institucional
Temperatura dos	Infraestrutura e	Estudantes e	Necessidade de

tanques	Operação; Ensino Inteligente; Pesquisa e Inovação	Docentes	acompanhar a temperatura da água e disponibilizar informações que possam auxiliar atividades de ensino e pesquisa relacionadas à piscicultura
---------	---	----------	---

Fonte: elaboração própria (2026)

4.3.2 Contextualização da aplicação prática

A aplicação prática apresentada neste trabalho consiste em dois monitoramentos. O primeiro refere-se ao monitoramento da localização do Barco-Escola do IFSC Câmpus Itajaí, utilizado como ativo institucional de apoio às atividades acadêmicas e práticas em ambiente aquático. Segundo o IFSC (2016), o Barco-Escola foi adquirido pelo Câmpus Itajaí para oferecer melhores condições de aprendizagem aos estudantes, especialmente em aulas práticas de pesca, sendo descrito como uma embarcação do tipo catamarã, com estrutura completa para navegação e capacidade para saídas de campo com estudantes. Quando não está em uso, a embarcação permanece ancorada em uma base da Marinha do Brasil em Itajaí, o que reforça sua característica de ativo externo ao espaço físico principal do câmpus.

A segunda aplicação prática contempla o monitoramento de temperatura e umidade de tanques utilizados no curso técnico em Aquicultura do Câmpus Itajaí. O projeto é desenvolvido principalmente pelos professores Leonardo, da área de Aquicultura, e Roddy Romero, de Engenharia Elétrica, juntamente com um aluno do curso, com o objetivo de facilitar o monitoramento de tanques localizados tanto no interior de uma estufa quanto em área externa a ela. Essa estrutura permite comparar o desenvolvimento de peixes de uma mesma espécie cultivados em condições distintas de temperatura, mais estável no ambiente interno da estufa e mais variável no ambiente externo, possibilitando estudos sobre o efeito dessa variação térmica no crescimento dos peixes.

Nesse contexto, o monitoramento de ambas as aplicações utiliza sensores conectados à rede LoRaWAN e transmitidos por meio da TTN. A principal diferença está no *gateway* utilizado em cada aplicação: o protótipo do Barco-Escola transmite seus dados por meio do *gateway* instalado nas dependências da Marinha do Brasil

em Itajaí, onde a embarcação permanece ancorada, enquanto os sensores dos tanques transmitem seus dados por meio do *gateway* instalado no próprio Câmpus Itajaí. Ambos pertencem à instituição, ainda que operem em ambientes físicos distintos, o que demonstra a capacidade da infraestrutura LoRaWAN do IFSC Itajaí de atender aplicações IoT tanto internas quanto externas ao espaço físico do câmpus.

Juntas, as duas aplicações contribuem para o rastreamento e o monitoramento ambiental de ativos institucionais, o apoio a atividades acadêmicas práticas e a visualização de informações em uma interface web unificada, evidenciando que a adoção de tecnologias inteligentes não precisa estar restrita a grandes problemas institucionais, podendo também apoiar demandas pontuais do cotidiano acadêmico e operacional.

4.3.3 Arquitetura da solução

A arquitetura da solução é composta por dois dispositivos: o dispositivo GPS Dragino TrackerD-LS, instalado no Barco-Escola, e o NIT 21LI, instalado na estufa do IFSC Câmpus Itajaí. Ambos utilizam comunicação baseada em LoRa, por meio do protocolo LoRaWAN, para a transmissão dos dados, diferenciando-se principalmente pelo tipo de informação coletada e pelo local de instalação, cada um associado ao respectivo *gateway* já descrito na seção anterior.

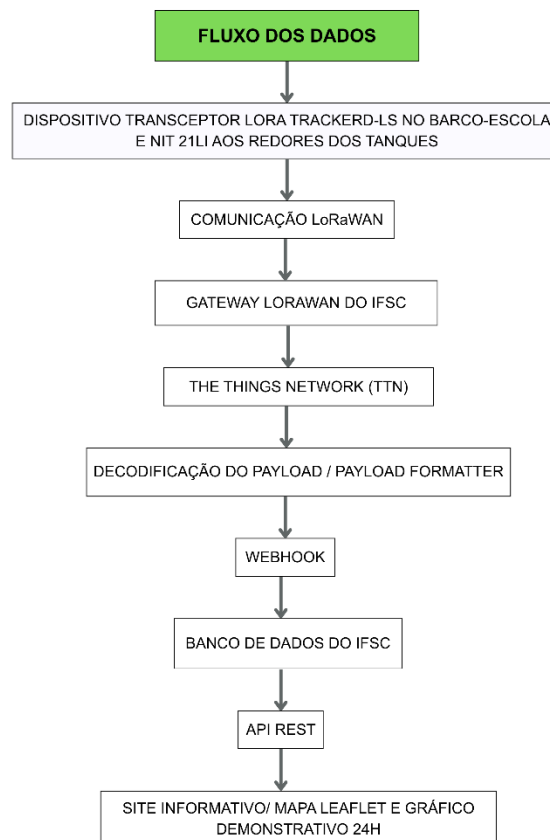
Após a recepção pelos respectivos *gateways*, os dados são encaminhados para a plataforma TTN, utilizada para integração de dispositivos LoRa (The Things Network, 2026). Nessa plataforma, o dispositivo foi configurado com parâmetros de ativação, como *AppEUI*, *DevEUI* e *AppKey*, permitindo sua comunicação com a aplicação LoRa. A partir da TTN, os dados são enviados por meio de *webhook* em formato JSON para o banco de dados do câmpus, responsável pelo armazenamento das informações recebidas.

Por fim, o site informativo desenvolvido neste trabalho consome os dados disponibilizados pelo banco de dados por meio de uma API. A interface web utiliza o mapa em Leaflet para apresentar a última localização registrada do Barco-Escola, permitindo que os dados coletados pelo dispositivo sejam visualizados de forma simples e acessível. Assim, a solução integra dispositivo IoT para coleta de dados, rede LoRa para transmissão, *gateway* LoRaWAN para recepção dos pacotes,

plataforma de rede (TTN) para armazenamento, API para disponibilização das informações e site para visualização dos resultados.

A Imagem 9 apresenta o fluxo geral das soluções de monitoramento apresentadas dentro deste trabalho.

Imagem 9 – Fluxo geral de integração das aplicações de monitoramento IoT/LoRa apresentadas no site informativo



Fonte: Autor (2026)

Esse fluxo evidencia a integração entre os dispositivos IoT, conectividade, plataforma de rede, armazenamento de dados e interface web, demonstrando uma aplicação prática do modelo de *Smart Campus* proposto.

4.3.4 Fluxo dos dados

O fluxo dos dados inicia-se no dispositivo GPS Dragino instalado no Barco-Escola. O dispositivo coleta informações de localização e demais dados associados ao seu estado de operação, como tensão da bateria, temperatura, umidade, condição

de transporte e status de alarme. Em seguida, esses dados são transmitidos através de modulação LoRa e protocolo LoRaWAN até o gateway do IFSC Câmpus Itajaí.

O gateway encaminha as informações para o TTN, onde os dados são processados pela aplicação configurada para o dispositivo. A partir dessa etapa, as informações são enviadas por *webhook* em formato JSON ao banco de dados banco de dados. Esse armazenamento permite que os dados não fiquem restritos apenas à visualização em tempo real, mas possam ser recuperados posteriormente por aplicações externas.

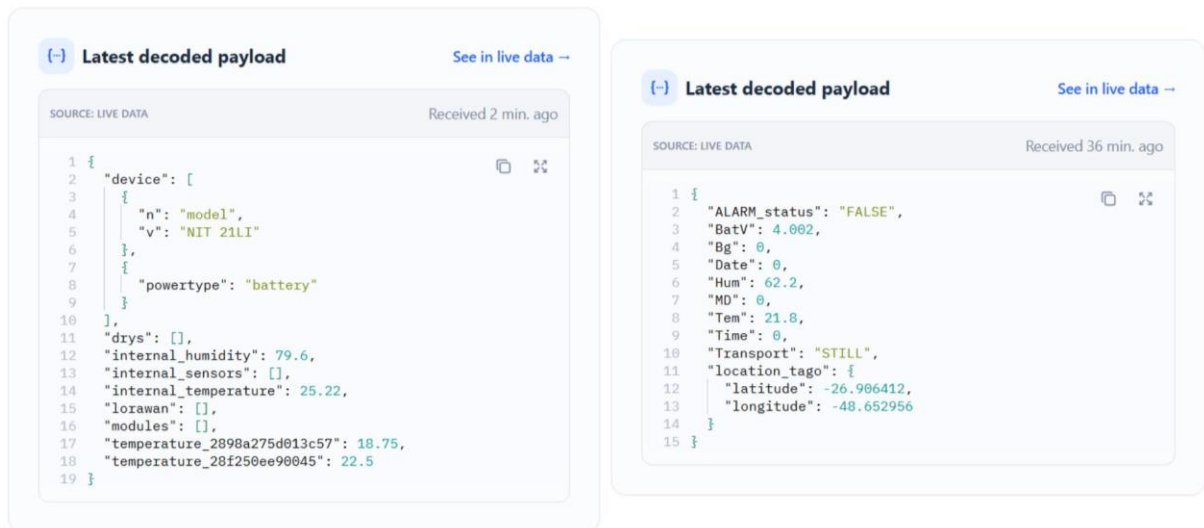
No site informativo, os dados armazenados são consultados por meio de uma API conectada ao banco de dados. A página apresenta a última localização disponível do Barco-Escola em um mapa interativo, permitindo que o usuário visualize a posição registrada pelo dispositivo. A interface também exibe informações textuais, como latitude, longitude e data/hora da última atualização. No estágio atual da aplicação, a visualização apresenta a localização mais recente recebida, e os dados são atualizados automaticamente em intervalos definidos, sem a necessidade de recarregamento manual da página.

4.3.5 Dados coletados e formato do *payload*

Os dados enviados pelo dispositivo são estruturados em formato JSON, permitindo sua integração com o banco de dados e posterior consumo pelo site.

A Imagem 10 apresenta um exemplo de *payload*⁹ recebido na plataforma The Things Network, contendo os dados enviados pelo dispositivo GPS instalado no Barco-Escola. A partir desse retorno, é possível verificar campos como localização, tensão da bateria, temperatura, umidade, estado de transporte e status de alarme.

⁹ *Payload* é o conteúdo de dados efetivamente transmitido por um dispositivo IoT em cada mensagem. No contexto deste trabalho, corresponde às informações coletadas pelos dispositivos, enviadas em formato binário pela rede LoRaWAN e posteriormente decodificadas pelo *Payload Formatter* da TTN.

Imagem 10 – *Payloads* recebidos na plataforma The Things Network

Fonte: elaborada pela autora (2026)

O campo *location_tago* contém os dados de localização geográfica, representados por latitude e longitude. Esses valores são utilizados pelo site para posicionar o Barco-Escola no mapa. O campo *BatV* indica a tensão da bateria do dispositivo, permitindo acompanhar sua condição de alimentação. Os campos *Tem* e *Hum* representam, respectivamente, a temperatura e a umidade registradas no local onde o sensor está instalado, ou seja, no próprio barco.

O campo *Transport* indica o estado de deslocamento do dispositivo, aparecendo no exemplo como *STILL*, isto é, parado. Essa informação está relacionada à capacidade do TrackerD-LS de detectar movimento, recurso previsto pelo fabricante para ajustar o comportamento de envio e apoiar aplicações de rastreamento de ativos. Já o campo *ALARM_status* representa o estado de alarme, podendo ser utilizado futuramente para indicar situações anormais ou eventos que exijam atenção. Dessa forma, o *payload* demonstra que a solução não se limita à localização, mas também pode apoiar o acompanhamento operacional do dispositivo e das condições associadas ao ambiente em que ele está instalado.

4.3.6 Integração com *dashboard* e banco de dados

A integração com o banco de dados e com a interface de visualização representa uma etapa essencial da aplicação prática, pois permite transformar os dados enviados pelos dispositivos em informações acessíveis aos usuários. Neste

trabalho, essa integração foi implementada para dois protótipos IoT desenvolvidos: o dispositivo GPS Dragino instalado no Barco-Escola e o sensor de temperatura e umidade instalado nos tanques da instituição. Ambos os protótipos seguem a mesma lógica de funcionamento e foram integrados ao site informativo de forma equivalente, evidenciando a possibilidade de reunir diferentes soluções IoT em uma mesma arquitetura de dados.

Nos protótipos, os dados recebidos pela TTN são encaminhados, por meio de *webhook*, para o banco de dados, ambiente utilizado para armazenar os *payloads* enviados pelos dispositivos.

O banco de dados registra os dados recebidos de cada dispositivo, incluindo os principais campos de seus respectivos *payloads*. No caso do GPS Dragino, esses campos incluem latitude, longitude, tensão da bateria, temperatura, umidade, estado de transporte e status de alarme. Esses dados são nativos do protocolo de comunicação do dispositivo. No caso do sensor instalado nos tanques, os campos armazenados incluem temperatura, umidade, modelo do dispositivo e tipo de alimentação.

No contexto deste projeto, contudo, nem todos os campos armazenados são relevantes para os objetivos propostos. Para o GPS do Barco-Escola, apenas os dados de localização (latitude, longitude e data/hora da última atualização) interessam ao monitoramento, uma vez que o foco do projeto é o acompanhamento da temperatura dos tanques para que os alunos possam realizar estudos sobre os peixes neles mantidos. Já para o sensor do tanque, é justamente a temperatura e a umidade que constituem as informações de interesse direto para esse objetivo. Dessa forma, embora armazenados no banco de dados para eventual uso futuro, os campos de tensão da bateria, temperatura, umidade, estado de transporte e status de alarme do GPS não são transmitidos à interface do site, por não impactarem o monitoramento a que o projeto se destina.

A partir desse armazenamento, as informações de ambos os protótipos são disponibilizadas por meio de uma API, permitindo que aplicações externas, como o site informativo desenvolvido neste TCC, consumam os dados de forma estruturada.

No site, a visualização foi implementada por meio do arquivo *main.js*, responsável por consultar a API, normalizar os dados recebidos e atualizar os elementos da interface de cada protótipo. Para o GPS do Barco-Escola, a aplicação

utiliza a biblioteca Leaflet para exibir a localização em um mapa interativo, apresentando também os valores de latitude, longitude e data/hora da última atualização. Para o sensor do tanque, a interface exibe indicadores visuais de temperatura, umidade, modelo do dispositivo, tipo de alimentação e os dados recebidos em formato JSON. Dessa forma, os dados técnicos recebidos de ambos os dispositivos são convertidos em visualizações compreensíveis e úteis para o usuário final.

A atualização dos dados no site ocorre de forma automática em intervalos definidos, permitindo que a interface consulte periodicamente a API e apresente as informações mais recentes disponíveis no banco de dados, tanto para o GPS quanto para o sensor do tanque. No caso do GPS, a versão atual exibe a última localização registrada do Barco-Escola, sem apresentar ainda o histórico de deslocamento ou rota percorrida. Mesmo assim, a estrutura implementada permite evoluções futuras, como visualização de trajetos, alertas automáticos, acompanhamento de múltiplos ativos e integração com dashboards institucionais.

Dessa forma, a integração entre TTN, banco de dados, API e site informativo evidencia o funcionamento de uma cadeia completa de dados no contexto do Smart Campus: os dispositivos coletam informações em campo, a rede LoRa realiza a transmissão, o banco de dados armazena os registros, a API disponibiliza as informações e o site transforma os dados em visualizações úteis para a comunidade acadêmica.

4.4 SITE INFORMATIVO DO *SMART CAMPUS*

4.4.1 Objetivo do site

O site informativo foi desenvolvido como uma interface de divulgação e participação relacionada à proposta de *Smart Campus* para o IFSC Câmpus Itajaí. Seu objetivo principal é apresentar, de forma acessível, o conceito de câmpus inteligente, o modelo em camadas, os pilares definidos neste trabalho, os valores agregados ao câmpus e exemplos de aplicações práticas associadas ao uso de tecnologias IoT e LoRa.

Além da função informativa, o site também atua como um canal de aproximação entre o modelo proposto e a comunidade acadêmica. Por meio dele, estudantes, docentes, técnicos administrativos, gestores e demais usuários do câmpus podem conhecer a proposta e acessar um formulário destinado ao envio de ideias, percepções e queixas relacionadas ao cotidiano institucional. Dessa forma, o site contribui para reunir informações e experiências individuais que podem apoiar a identificação de demandas reais e orientar futuras soluções inteligentes.

No contexto deste TCC, o site não deve ser compreendido apenas como uma página de apresentação, mas como um serviço digital associado ao próprio modelo de *Smart Campus*. Ele materializa a dimensão participativa da proposta, permitindo que a comunidade acadêmica seja envolvida no processo de construção do câmpus inteligente. Assim, sua função está diretamente relacionada à transparência, à comunicação, à participação e à criação de uma base inicial de sugestões para o desenvolvimento gradual de soluções alinhadas à realidade do IFSC Itajaí.

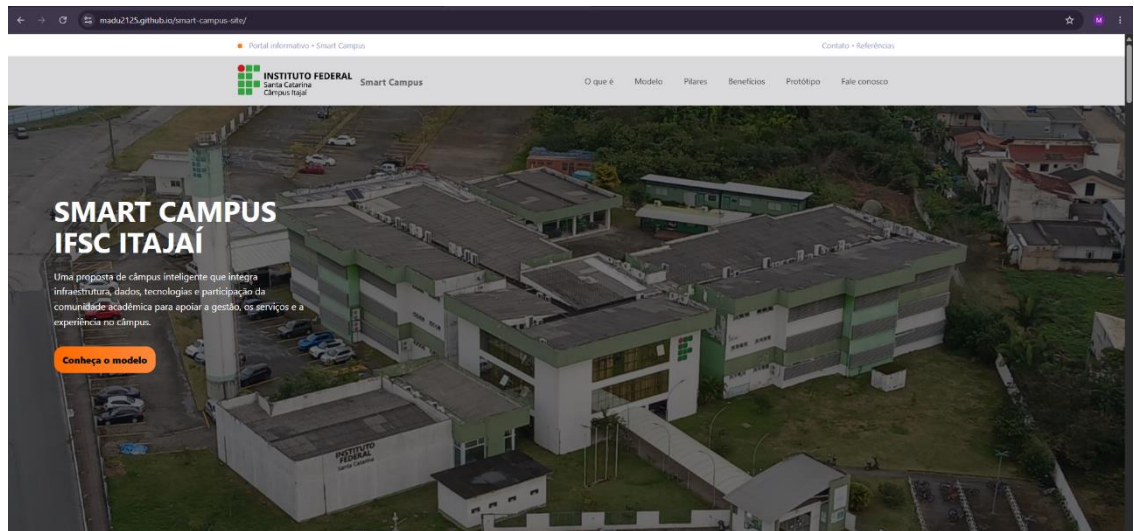
4.4.2 Estrutura e funcionalidades

O site¹⁰ foi desenvolvido com uma estrutura de navegação organizada em seções, permitindo ao usuário acessar diferentes partes da proposta de *Smart Campus*. A página inicial apresenta o conceito geral do projeto, destacando que o câmpus inteligente integra infraestrutura, dados, tecnologias e participação da comunidade acadêmica para apoiar a gestão, os serviços e a experiência no câmpus.

A Imagem 11 apresenta a página inicial do site informativo desenvolvido neste trabalho. A interface introduz a proposta de *Smart Campus* para o IFSC Câmpus Itajaí e direciona o usuário para conhecer o modelo, seus pilares, camadas, benefícios e aplicações práticas.

¹⁰ Disponível em: <https://madu2125.github.io/smart-campus-site/>. Acesso em: 21 jun. 2026.

Imagem 11 – Captura de tela da página inicial do site informativo *Smart Campus IFSC Itajaí*



Fonte: elaborada pela autora (2026)

Uma das seções principais do site apresenta o modelo em camadas, estruturado a partir dos *stakeholders*, da camada de conceito e solução, da camada de tecnologia, da camada de infraestrutura e da camada de serviço entregue. Essa parte do site funciona de forma interativa, permitindo que o usuário visualize a função de cada camada e compreenda como elas se relacionam dentro do modelo proposto. A camada de *stakeholders* destaca os usuários, setores e agentes institucionais envolvidos em todo o processo; a camada de conceito de solução evidencia a identificação das demandas e a definição das respostas possíveis; a camada de tecnologia reúne recursos como IoT, LoRaWAN, GPS, TTN, APIs, bancos de dados, *dashboards* e segurança da informação; a camada de infraestrutura apresenta os ambientes, equipamentos, redes, sensores, *gateways* e recursos necessários à implementação; e a camada de serviço entregue mostra as aplicações que geram valor ao cotidiano acadêmico, administrativo, operacional e social do câmpus.

O site também possui uma seção dedicada aos cinco pilares do *Smart Campus*: Infraestrutura e Operação, Dados e Governança, Ensino Inteligente, Pesquisa e Inovação e Transparência e Serviços. Cada pilar é apresentado na página principal com uma síntese de sua finalidade e possui uma página individual, na qual são detalhados suas aplicações possíveis, setores envolvidos, valor entregue e cuidados necessários. Essa organização permite que o visitante compreenda o papel de cada pilar de forma separada, mas também sua relação com o modelo geral.

Outra funcionalidade relevante é a seção de valor entregue ao câmpus, que sintetiza os benefícios esperados da proposta, como eficiência operacional, sustentabilidade institucional, apoio à tomada de decisão, melhoria da experiência acadêmica e participação da comunidade. Essa seção reforça que o *Smart Campus* não se resume à adoção de tecnologias, mas busca transformar dados, infraestrutura e participação em melhorias reais para o câmpus.

O site também apresenta uma seção de protótipos IoT/LoRa, organizada em formato de carrossel, contemplando dois exemplos práticos. O primeiro corresponde ao monitoramento por geolocalização do Barco-Escola, no qual a localização atual é exibida em um mapa interativo desenvolvido com Leaflet, juntamente com os valores de latitude, longitude e horário da última atualização. O segundo protótipo apresenta a leitura do sensor de temperatura e umidade instalado em um tanque da instituição, exibindo indicadores visuais de temperatura, umidade, modelo do dispositivo, tipo de alimentação e dados recebidos em formato JSON.

A integração desses protótipos ocorre por meio de uma API conectada ao banco de dados. No código do site, os dados são buscados a partir dos identificadores dos dispositivos cadastrados, sendo um destinado ao GPS do Barco-Escola e outro aos sensores dos tanques. Após a consulta, os dados são normalizados e apresentados na interface web. No caso do GPS, a visualização ocorre por meio de mapa e marcador geográfico; no caso do tanque, os dados são exibidos por meio de indicadores circulares e campos informativos. Além disso, a página foi estruturada para atualizar periodicamente os dados dos protótipos, permitindo que a interface consulte a API e apresente as informações mais recentes disponíveis.

Por fim, o site possui uma seção de participação, na qual diferentes perfis da comunidade acadêmica são direcionados para um formulário externo, sendo eles: gestão/administração, professores, estudantes, técnicos/operação e acessibilidade/serviços. Esse formulário tem como objetivo coletar relatos, ideias e dificuldades vivenciadas no câmpus, contribuindo para que futuras soluções sejam orientadas por demandas reais dos usuários.

Em suma, além de atuar como ferramenta de divulgação e participação, o site foi desenvolvido de forma que possa ser ampliado futuramente e, caso haja interesse institucional, hospedado em um servidor do próprio IFSC Câmpus Itajaí. Essa possibilidade permitiria maior vinculação da plataforma ao ambiente institucional,

facilitando sua continuidade, atualização e utilização como espaço de acompanhamento das iniciativas relacionadas ao *Smart Campus*.

4.4.3 Relação com os pilares do modelo

O site possui relação direta com os cinco pilares definidos no modelo de *Smart Campus*, pois funciona tanto como ferramenta de divulgação quanto como ponto de integração entre conceitos, soluções, protótipos e participação da comunidade acadêmica.

No pilar de Infraestrutura e Operação, o site apresenta exemplos de aplicações relacionadas ao monitoramento de recursos, ativos e condições operacionais do câmpus. A visualização dos protótipos, como o monitoramento GPS do Barco-Escola e os sensores de temperatura dos tanques, demonstra como dados provenientes de dispositivos físicos podem ser integrados ao ambiente digital e apresentados de forma compreensível aos usuários. Dessa forma, o site contribui para evidenciar a importância da infraestrutura física e digital como base para a coleta, transmissão e visualização de dados no contexto do *Smart Campus*.

No pilar de Dados e Governança, o site contribui ao evidenciar a importância da organização, visualização e uso dos dados para tomada de decisão. A integração com a API do banco de dados e a apresentação de dados em formato JSON exemplificam como informações coletadas por dispositivos ou sistemas podem ser armazenadas, disponibilizadas e transformadas em visualizações úteis. Além disso, o formulário de participação pode gerar uma base de dados com sugestões e demandas da comunidade, apoiando processos futuros de análise, priorização e planejamento.

No pilar de Ensino Inteligente, o site atua como recurso informativo e educativo, apresentando de forma didática o conceito de *Smart Campus*, suas camadas, seus pilares e suas possibilidades de aplicação. Dessa forma, pode ser utilizado por estudantes e docentes como material de apoio para compreensão do modelo, discussão em projetos acadêmicos e desenvolvimento de novas soluções relacionadas ao câmpus.

No pilar de Pesquisa e Inovação, o site reforça a ideia do câmpus como *Living Lab*, pois apresenta protótipos reais e abre espaço para que novas ideias possam ser propostas pela comunidade acadêmica. As informações divulgadas no site podem

estimular projetos de TCC, iniciação científica, extensão, automação, IoT, LoRa e análise de dados, conectando problemas reais do câmpus a oportunidades de desenvolvimento tecnológico.

Por fim, no pilar de Transparência e Serviços, o site possui papel especialmente relevante por ampliar o acesso à informação e possibilitar a participação da comunidade acadêmica. Ao centralizar informações sobre o modelo e disponibilizar um canal para envio de sugestões, ele contribui para tornar a proposta mais transparente, acessível e colaborativa. Assim, embora o site dialogue com todos os pilares, sua contribuição mais direta está relacionada à comunicação, participação e melhoria dos serviços institucionais.

4.4.4 Participação da comunidade acadêmica

A participação da comunidade acadêmica constitui uma das funções centrais do site informativo. Embora o envio de sugestões não ocorra diretamente em uma área interna do site, a página disponibiliza um acesso direto a um formulário externo, permitindo que usuários interessados contribuam com ideias, percepções e relatos sobre problemas observados no cotidiano do câmpus. Dessa forma, o site atua como uma ponte entre a proposta de *Smart Campus* e os diferentes públicos que utilizam os espaços e serviços do IFSC Câmpus Itajaí.

O formulário, apresentado no Apêndice A, pode ser acessado por qualquer pessoa que tenha acesso ao site, incluindo estudantes, docentes, técnicos administrativos, gestores, servidores terceirizados, visitantes e comunidade externa. Essa abertura é coerente com a proposta de um *Smart Campus* centrado nos *stakeholders*, pois permite reunir experiências individuais de diferentes perfis de usuários. As informações solicitadas incluem identificação do papel do respondente no câmpus, nome, e-mail, setor ou curso, rotina no câmpus, atividades realizadas no dia a dia, problemas ou dores identificadas, percepção sobre facilidade de acesso ao Wi-Fi e às informações institucionais, além de sugestões de melhoria.

As respostas do formulário são armazenadas na nuvem, por meio das ferramentas do Google, permitindo posterior organização e análise. No escopo deste trabalho, o formulário foi estruturado como mecanismo inicial de levantamento de demandas, ainda sem análise quantitativa das respostas, pois a divulgação à

comunidade ocorrerá posteriormente, com apoio do professor orientador. Assim, sua contribuição principal está na criação de um canal de escuta e participação, capaz de reunir dados qualitativos sobre a experiência dos usuários e apoiar futuras decisões sobre soluções inteligentes a serem priorizadas.

É importante destacar que o formulário não tem como objetivo substituir canais institucionais formais de atendimento, ouvidoria ou solicitação de manutenção. Sua finalidade é funcionar como uma ferramenta de aproximação, levantamento de ideias e estímulo à participação da comunidade acadêmica no processo de construção do *Smart Campus*. Dessa forma, as sugestões coletadas poderão servir como insumo para projetos futuros, ações de pesquisa e extensão, definição de prioridades e identificação de problemas recorrentes no câmpus.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo elaborar uma análise da literatura científica sobre câmpus inteligentes, visando propor um modelo unificado de integração de soluções baseadas em IoT para o IFSC Câmpus Itajaí. A partir da revisão de estudos sobre *Smart Campus*, Transformação Digital, Internet das Coisas, infraestrutura digital, governança de dados e serviços inteligentes, foi possível estruturar uma proposta adaptada à realidade institucional do câmpus e às possibilidades de aplicação gradual de soluções tecnológicas.

Ao longo da pesquisa, foi desenvolvido um modelo de *Smart Campus* organizado em cinco pilares: Infraestrutura e Operação; Dados e Governança; Ensino Inteligente; Pesquisa e Inovação; e Transparência e Serviços. Além disso, o modelo foi estruturado em camadas, com os *stakeholders* posicionados no centro da proposta, evidenciando que a transformação digital do câmpus depende da articulação entre pessoas, processos, dados, infraestrutura e serviços, e não apenas da adoção de tecnologias.

Como forma de aproximar o modelo conceitual de uma aplicação prática, foi desenvolvido um protótipo de monitoramento da localização do Barco-Escola utilizando GPS e comunicação LoRaWAN. A aplicação demonstrou a integração entre o dispositivo Dragino TrackerD-LS, a plataforma The Things Network, o banco de dados, uma API REST e o site informativo desenvolvido neste trabalho. Os dados foram recebidos, armazenados e visualizados em tempo real no site, por meio de um mapa interativo.

Também foi desenvolvido um site informativo com o objetivo de divulgar a proposta de *Smart Campus*, apresentar os pilares, camadas, benefícios, soluções de exemplo e protótipos, além de possibilitar a participação da comunidade acadêmica por meio de um formulário de sugestões. Dessa forma, o trabalho buscou propor um modelo conceitual e, ao mesmo tempo, demonstrar caminhos iniciais para sua implementação e continuidade no contexto do IFSC Câmpus Itajaí.

As subseções seguintes apresentam as principais contribuições do trabalho, as limitações identificadas durante o desenvolvimento da pesquisa e as possibilidades de trabalhos futuros.

5.1 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho apresenta, como principal contribuição, a proposição de um modelo de *Smart Campus* adaptado ao contexto do IFSC Câmpus Itajaí, estruturado a partir da literatura científica e das possibilidades reais de aplicação no ambiente institucional. Ao reunir conceitos de Transformação Digital, Internet das Coisas, governança de dados, serviços inteligentes e participação da comunidade acadêmica, a pesquisa contribui para ampliar a compreensão sobre como um câmpus inteligente pode ser planejado de forma gradual, integrada e alinhada às necessidades dos seus usuários.

Nesse sentido, uma contribuição relevante deste trabalho está na sistematização e adaptação de diferentes ideias, conceitos e estruturas presentes na literatura sobre *Smart Campus*. A proposta não adotou integralmente um único modelo existente, mas reuniu contribuições de diferentes referenciais, como a centralidade dos *stakeholders*, a organização em camadas, a multidimensionalidade do câmpus inteligente e a relação com sustentabilidade, inclusão, governança, serviços inteligentes e experimentação aplicada. Esses elementos foram adaptados à estrutura organizacional, às possibilidades tecnológicas e às demandas observadas no câmpus, resultando em um modelo próprio e contextualizado.

Uma das contribuições do trabalho está na organização do modelo nos cinco pilares apresentados anteriormente. Essa organização permite compreender que a transformação de um câmpus em *Smart Campus* não depende apenas da implantação de sensores ou sistemas digitais, mas da articulação entre infraestrutura, dados, pessoas, processos, serviços e objetivos institucionais. Além disso, a sustentabilidade foi tratada como um princípio transversal, presente em todos os pilares, reforçando que soluções inteligentes devem contribuir para o uso eficiente de recursos, a melhoria dos serviços e o desenvolvimento institucional.

Outra contribuição relevante consiste na estruturação do modelo em camadas, adaptada a partir do *framework* HLSC de Dong *et al.* (2020) e ajustada à realidade do câmpus. Essa adaptação manteve a centralidade dos *stakeholders* e a organização em camadas de infraestrutura, tecnologia e serviços, mas reorganizou sua representação para evidenciar o percurso de desenvolvimento das soluções: identificação das necessidades, elaboração de uma proposta de solução, definição

das tecnologias associadas, análise da infraestrutura disponível ou necessária e entrega de serviços inteligentes.

No campo prático, o trabalho contribui ao desenvolver e integrar uma aplicação baseada em IoT e rede LoRa para o monitoramento da localização do Barco-Escola, conforme descrito anteriormente. O protótipo demonstra, em escala inicial, como tecnologias digitais podem ser aplicadas ao monitoramento de ativos institucionais.

O site informativo também representa uma contribuição importante do trabalho, pois atua como ferramenta de divulgação, demonstração e participação, permitindo que a comunidade acadêmica compreenda melhor a proposta. Além disso, o acesso ao formulário informativo possibilita que estudantes, professores, servidores e demais interessados registrem sugestões, problemas e ideias de cenários inteligentes, contribuindo para aproximar o modelo das demandas reais do câmpus.

Do ponto de vista institucional, o trabalho contribui ao oferecer uma base inicial para futuras implementações de soluções inteligentes no IFSC Câmpus Itajaí. O modelo proposto pode apoiar o planejamento estratégico, a priorização de projetos, a solicitação de recursos, a integração de iniciativas existentes e o desenvolvimento de novos protótipos por estudantes e servidores. Assim, além de apresentar uma proposta conceitual, o trabalho busca facilitar a continuidade de ações relacionadas à inovação, à pesquisa aplicada e ao uso de tecnologias abertas, escaláveis e integráveis no câmpus.

Dessa forma, as contribuições deste trabalho estão relacionadas tanto à construção de um modelo teórico-organizacional quanto à demonstração prática de sua aplicação, oferecendo um ponto de partida para que o IFSC Câmpus Itajaí possa avançar, de forma progressiva e participativa, na construção de um ambiente mais conectado, eficiente, informativo e preparado para incorporar novas tecnologias em benefício da comunidade acadêmica e da sociedade.

5.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Apesar das contribuições apresentadas, esta pesquisa possui limitações relacionadas ao processo de construção e validação do modelo proposto. A primeira limitação refere-se ao fato de não ter sido realizada uma etapa formal de interação com representantes de todos os setores do IFSC Câmpus Itajaí para avaliar a

compreensão do modelo, validar seus pilares e camadas ou contribuir diretamente com o levantamento de dificuldades, demandas e exemplos de soluções. Embora a vivência acadêmica da autora, a análise da estrutura institucional e as conversas realizadas durante o desenvolvimento do trabalho tenham contribuído para aproximar a proposta da realidade do câmpus, uma escuta mais ampla com *stakeholders* poderia ter enriquecido a identificação de necessidades e a priorização das soluções.

Outra limitação está relacionada ao fato de a pesquisa não ter realizado uma revisão sistemática da literatura em sentido formal. Uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) caracteriza-se por um método rigoroso de identificação, seleção, avaliação e síntese de todas as pesquisas relevantes disponíveis sobre uma questão específica, conduzido a partir de um protocolo predefinido de busca, critérios de inclusão e exclusão e etapas estruturadas de planejamento, execução e apresentação dos resultados (Kitchenham, 2004; Kitchenham *et al.*, 2009). A revisão bibliográfica desta pesquisa, por sua vez, foi conduzida a partir de um levantamento e análise de materiais relacionados a *Smart Campus*, Transformação Digital, Internet das Coisas, governança de dados, sustentabilidade, infraestrutura digital e serviços inteligentes, sem seguir esse protocolo formal. Por essa razão, é possível que nem todas as publicações relevantes sobre o tema tenham sido identificadas ou analisadas. Essa escolha esteve relacionada ao tempo disponível para o desenvolvimento do TCC e ao caráter propositivo e aplicado da pesquisa.

Também se reconhece como limitação o fato de o modelo ter sido proposto em uma etapa inicial, sem validação institucional formal ou aplicação completa em todos os setores do câmpus. Os projetos de monitoramento implementados no site informativo demonstram possibilidades práticas de integração de dados, mas não representam a implantação integral do modelo. Dessa forma, a proposta deve ser compreendida como uma base para planejamento, discussão e evolução futura, e não como um modelo definitivo ou plenamente validado.

Por fim, o formulário informativo foi desenvolvido como instrumento de participação, mas sua divulgação e a análise das respostas não fizeram parte do escopo final deste trabalho. Uma etapa de aplicação mais ampla da enquête poderia ter contribuído para compreender melhor como estudantes, servidores, gestores e demais *stakeholders* percebem o modelo, quais dificuldades identificam no cotidiano

do câmpus e quais demandas consideram prioritárias para futuras soluções inteligentes.

5.3 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, recomenda-se realizar uma etapa de validação e discussão do modelo proposto junto à comunidade acadêmica e aos setores institucionais do IFSC Câmpus Itajaí. Essa etapa poderia ocorrer por meio da apresentação do modelo em eventos científicos internos, reuniões de conselho de gestão, encontros com coordenações, setores administrativos, núcleos institucionais, docentes, técnicos administrativos e estudantes. Essa aproximação permitiria coletar percepções sobre a compreensão dos pilares, camadas e soluções de exemplo, além de identificar novas demandas, dificuldades e possibilidades de aplicação do *Smart Campus*.

Recomenda-se também o desenvolvimento de uma metodologia para aplicação do modelo em outros câmpus ou instituições de ensino. Embora este trabalho tenha proposto um modelo adaptado ao contexto do IFSC Câmpus Itajaí, uma pesquisa futura poderia estruturar um procedimento metodológico mais amplo, com etapas definidas para diagnóstico institucional, identificação de *stakeholders*, levantamento de necessidades, análise da infraestrutura disponível, definição de tecnologias, priorização de soluções, implementação piloto e avaliação dos serviços entregues. Essa metodologia poderia utilizar o modelo proposto neste TCC como estudo de caso inicial, ampliando sua aplicação para outros contextos e permitindo comparar diferentes realidades institucionais.

Outra recomendação é a disseminação do formulário informativo desenvolvido neste trabalho, de modo a ampliar a participação da comunidade acadêmica na identificação de dificuldades, oportunidades de melhoria e sugestões relacionadas ao cotidiano institucional. As respostas poderiam ser integradas a uma base de dados estruturada, permitindo classificar as contribuições por tipo de usuário, setor, problema identificado, localização no câmpus ou relação com os pilares do modelo. Essa organização poderia apoiar a elaboração de relatórios para gestão, pesquisa, extensão e planejamento institucional.

Sugere-se ainda a elaboração de diretrizes, modelos e boas práticas para a integração de dispositivos, conectividade, dados e serviços digitais em soluções baseadas em IoT no IFSC Câmpus Itajaí. Essas diretrizes poderiam orientar futuras implementações quanto à escolha de dispositivos, padrões de comunicação, eficiência energética, flexibilidade, integração entre sistemas e centralização do gerenciamento de dados, permitindo que novas soluções sejam planejadas de maneira mais padronizada, escalável e alinhada à infraestrutura disponível e às necessidades institucionais do câmpus.

Outro desdobramento futuro consiste na definição de indicadores e critérios de acompanhamento para avaliar a contribuição das soluções de *Smart Campus* na gestão institucional, retomando a discussão de Hood (1991) sobre a importância de práticas gerenciais orientadas por desempenho, metas, monitoramento contínuo e responsabilização no setor público. O autor destaca que boa parte das doutrinas do Novo Gerencialismo Público está diretamente relacionada à gestão de pessoas. A partir dessa perspectiva, futuras pesquisas poderiam propor indicadores que considerem não apenas eficiência e economia de recursos, mas também transparência, conformidade, segurança, resiliência e qualidade dos serviços entregues à comunidade acadêmica.

Além disso, a discussão de Hood (1991) permite refletir sobre como a adoção de tecnologias e práticas orientadas por dados no âmbito do *Smart Campus* pode impactar a cultura organizacional, a atuação e a autonomia dos servidores do IFSC Câmpus Itajaí. Assim, o modelo poderia evoluir para apoiar a implantação de soluções tecnológicas, sua avaliação contínua e sua adequação aos valores, às prioridades e ao capital humano da instituição pública.

Recomenda-se, ainda, atualizar o mapeamento de iniciativas brasileiras de *Smart Campus*, considerando instituições públicas e privadas, projetos de pesquisa, iniciativas institucionais e planos de implantação. Essa atualização permitiria comparar o modelo proposto para o IFSC Câmpus Itajaí com experiências nacionais, identificar boas práticas, reconhecer desafios comuns e verificar como o conceito vem sendo adaptado à realidade brasileira.

Por fim, em relação ao site informativo, uma possibilidade relevante seria sua migração para um domínio institucional e sua hospedagem em servidor vinculado ao câmpus, caso haja interesse da instituição, evoluindo para uma plataforma

institucional de acompanhamento que reúna informações sobre os pilares, projetos em desenvolvimento, protótipos ativos, sugestões recebidas, soluções implementadas e indicadores institucionais. Essa evolução contribuiria para fortalecer a transparência, a participação e a continuidade do modelo, permitindo que o *Smart Campus* seja atualizado progressivamente conforme novas demandas, tecnologias e projetos sejam incorporados ao IFSC Câmpus Itajaí.

REFERÊNCIAS

BANDEIRA, Lucilene Klenia Rodrigues; BANDEIRA, Bruno Kevin Vasconcelos; ARAÚJO NETO, Mario de Sousa; CASIMIRO, Adelaide Helena Targino. **Smart Campus no Brasil: um estudo exploratório**. In: CONGRESSO DO INSTITUTO FRANCO-BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS, 11., 2022, Rennes, França. Anais [...]. Rennes: IFBAE, 2022. p. 1-16.

BRANDÃO, Carlos Rodrigues. **Paulo Freire: educar para transformar: fotobiografia**. São Paulo: Mercado Cultural, 2005. Disponível em: https://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/video/livro_fotobiografico.pdf. Acesso em: 20 jun. 2026.

CARAGLIU, Andrea; DEL BO, Chiara; NIJKAMP, Peter. **Smart Cities in Europe**. Journal of Urban Technology, v. 18, n. 2, p. 65-82, 2011.

DELAZARI, Luciene Stamato; MENDONÇA, André Luiz de Alencar; SCHMIDT, Marcio Augusto Reolon; RODRIGUES, Tiago Lima; ERCOLIN FILHO, Leonardo. **Smart Campus: how we get there? A study case at Federal University of Paraná**. *Abstracts of the International Cartographic Association*, v. 6, artigo 51, 2023. DOI: 10.5194/ica-abs-6-51-2023.

DOMÍNGUEZ-BOLAÑO, Tomás; BARRAL, Valentín; ESCUDERO, Carlos J.; GARCÍA-NAYA, José A. **An IoT open platform to improve occupational safety and health in universities**. Journal of Network and Computer Applications, v. 233, p. 103632, 2024.

DONG, ZhaoYang; ZHANG, Yuchen; YIP, Christine; SWIFT, Sharon; BESWICK, Kim. **Smart Campus: definition, framework, technologies, and services**. *IET Smart Cities*, v. 2, n. 1, p. 1-12, 2020. DOI: 10.1049/iet-smc.2019.0072.

DRAGINO TECHNOLOGY CO., LIMITED. **TrackerD-LS LoRaWAN Asset Tracker: datasheet**. Shenzhen: Dragino Technology Co., Limited, [202-]. Disponível em: <https://www.dragino.com/products/tracker/item/316-trackerd-ls.html>. Acesso em: 11 jun. 2026.

GUPTA, Hari Prabhat. **Lessons learned: a Smart Campus environment using LoRaWAN**. arXiv, 2024. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2410.09927>. Acesso em: 08 set. 2025.

HAFFKE, Ingmar; KALGOVAS, Bradley; BENLIAN, Alexander. **The transformative role of bimodal IT in an era of digital business**. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 2017, Waikoloa Beach. Proceedings [...]. Waikoloa Beach: HICSS, 2017. p. 5460-5469.

HELFAT, Constance E.; RAUBITSCHKE, Ruth S. Dynamic and integrative capabilities for profiting from innovation in digital platform-based ecosystems. *Research Policy*, v. 47, n. 8, p. 1391-1399, 2018.

HOLLANDS, Robert G. **Will the real Smart City please stand up?** Intelligent, progressive or entrepreneurial? City, v. 12, n. 3, p. 303-320, 2008.

HOOD, Christopher. A public management for all seasons? Public Administration, v. 69, n. 1, p. 3-19, 1991.

HESS, Thomas; MATT, Christian; BENLIAN, Alexander; WIESBÖCK, Florian. **Options for formulating a digital transformation strategy.** MIS Quarterly Executive, v. 15, n. 2, p. 123-139, 2016.

IFSC. **Câmpus Itajaí inaugura barco escola “Aprendendo com o Mar”.** Portal do IFSC, Florianópolis, 28 mar. 2016. Disponível em: <https://www.ifsc.edu.br/web/noticias/w/campus-itajai-inaugura-Barco-Escola-aprendendo-com-o-ma-2>. Acesso em: 11 jun. 2026.

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA (IFSC). **Estrutura Organizacional** – Câmpus Itajaí. [S. d.]. Disponível em: <https://www.ifsc.edu.br/web/campus-itajai/estrutura-organizacional>. Acesso em: 6 ago. 2026.

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Gestão e Governança de TI.** [S. l.], [202-]a. Disponível em: <https://www.ifsc.edu.br/web/portal-do-servidor/gestao-e-governanca-de-ti>. Acesso em: 19 ago. 2026.

KANE, Gerald C.; PALMER, Doug; NGUYEN-PHILLIPS, Anh; KIRON, David; BUCKLEY, Natasha. **Achieving digital maturity.** Cambridge: MIT Sloan Management Review, 2017.

KITCHENHAM, B. Procedures for Performing Systematic Reviews. Joint Technical Report, Keele, UK, 2004.

KITCHENHAM, B. *et al.* Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. Information and Software Technology, [S. l.], v. 51, n. 1, p. 7-15, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>. Acesso em: 15 de ago de 2026.

KHOMP. **NIT Sensor/transmissor de temperatura e umidade LoRa.** [S. l.], [202-]. Disponível em: <https://app.khomp.com/iot/pt/produto/endpoint-lora-nit-sensor-transmissor/>. Acesso em: 02 jun. 2026.

LEAFLET. **Leaflet:** an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps. [S. l.], 2026. Disponível em: <https://leafletjs.com/index.html>. Acesso em: 20 maio 2026.

LEGNER, Christine; EYMANN, Torsten; HESS, Thomas; MATT, Christian; BÖHMANN, Tilo; DREWS, Paul; MÄDCHÉ, Alexander; URBACH, Nils; AHLEMANN, Frederik. **Digitalization:** opportunity and challenge for the business and information systems engineering community. Business & Information Systems Engineering, v. 59, n. 4, p. 301-308, 2017.

MATT, Christian; HESS, Thomas; BENLIAN, Alexander. **Digital transformation strategies**. Business & Information Systems Engineering, v. 57, n. 5, p. 339-343, 2015.

MIN-ALLAH, Nasro; ALRASHED, Sawsan. **Smart Campus: a sketch**. Sustainable Cities and Society, v. 59, p. 102231, 2020.

MINGCHUAN, Meng; FELIX, Amarachukwu. **Toward an integrated smart-learning campus: a review**. Peta International Journal of Social Science and Humanity, v. 3, n. 2, p. 79-101, 2025.

NAMBISAN, Satish; LYYTINEN, Kalle; MAJCHRZAK, Ann; SONG, Michael. **Digital innovation management: reinventing innovation management research in a digital world**. MIS Quarterly, v. 41, n. 1, p. 223-238, 2017.

NEWELL, Sue; MARABELLI, Marco. **Strategic opportunities and challenges of algorithmic decision-making: a call for action on the long-term societal effects of datification**. The Journal of Strategic Information Systems, v. 24, n. 1, p. 3-14, 2015.

POLIN, Ken; YIGITCANLAR, Tan; LIMB, Mark; WASHINGTON, Tracy. **The making of Smart Campus: a review and conceptual framework**. Buildings, v. 13, n. 4, artigo 891, 2023. DOI: 10.3390/buildings13040891.

REIS, João; AMORIM, Marlene; MELÃO, Nuno; MATOS, Patrícia. **Digital transformation: a literature review and guidelines for future research**. In: WORLD CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES, 2018. Proceedings [...]. Cham: Springer, 2018.

SCHILKE, Oliver; HU, Songcui; HELFAT, Constance E. **Quo vadis, dynamic capabilities? A content-analytic review of the current state of knowledge and recommendations for future research**. Academy of Management Annals, v. 12, n. 1, p. 390-439, 2018.

SEBASTIAN, Ina M.; ROSS, Jeanne W.; BEATH, Cynthia; MOCKER, Martin; MOLONEY, Kate G.; FONSTAD, Nils O. **How big old companies navigate digital transformation**. MIS Quarterly Executive, v. 16, n. 3, p. 197-213, 2017.

SILVA-DA-NÓBREGA, Pedro Ivo; CHIM-MIKI, Adriana Fumi; CASTILLO-PALACIO, Marysol. **A Smart Campus framework: challenges and opportunities for education based on the Sustainable Development Goals**. Sustainability, v. 14, n. 15, artigo 9640, 2022. DOI: 10.3390/su14159640.

THE THINGS NETWORK. **The Things Network**. [S. l.], 2026. Disponível em: <https://www.thethingsnetwork.org/>. Acesso em: 11 maio 2026.

THE THINGS INDUSTRIES. **Webhooks: The Things Stack for LoRaWAN**. [S. l.], 2026. Disponível em: <https://www.thethingsindustries.com/docs/integrations/Webhooks/>. Acesso em: 11 maio 2026.

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects 2025:** summary of results. New York: United Nations, 2025. UN DESA/POP/2025/TR/NO. 12. Disponível em: <https://population.un.org/wup/>. Acesso em: 11 jun. 2026.

VIAL, Gregory. **Understanding digital transformation:** a review and a research agenda. The Journal of Strategic Information Systems, v. 28, n. 2, p. 118-144, 2019.

WACKER, John G. **A theory of formal conceptual definitions:** developing theory-building measurement instruments. Journal of Operations Management, v. 22, n. 6, p. 629-650, 2004.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO INFORMATIVO PARA SUGESTÕES DE CENÁRIOS INTELIGENTES

Este apêndice apresenta o formulário informativo desenvolvido como parte do site *Smart Campus* IFSC Itajaí. O formulário tem como objetivo coletar sugestões, percepções e demandas da comunidade acadêmica relacionadas à proposta de construção de um câmpus inteligente no IFSC Câmpus Itajaí.

A ferramenta foi disponibilizada por meio do site informativo desenvolvido neste trabalho, permitindo que estudantes, docentes, técnicos administrativos, gestores e demais participantes da comunidade acadêmica contribuam com ideias, problemas observados e possibilidades de aplicação de tecnologias inteligentes no câmpus.

O formulário busca aproximar o modelo proposto das demandas reais dos usuários, possibilitando a identificação de cenários que possam ser relacionados aos pilares do *Smart Campus*, como Infraestrutura e Operação, Dados e Governança, Ensino Inteligente, Pesquisa e Inovação, e Transparência e Serviços.

As principais informações solicitadas no formulário são:

- a) identificação do perfil do participante no câmpus;
- b) nome e e-mail, quando informados pelo participante;
- c) setor, curso ou área de atuação;
- d) identificação dos espaços, serviços ou situações do câmpus em que o participante percebe dificuldades;
- e) descrição de problemas, dificuldades, incômodos ou oportunidades de melhoria observadas no câmpus;
- f) indicação do local, setor ou serviço em que a situação ocorre;
- g) percepção sobre a frequência e os impactos dessas dificuldades na rotina acadêmica, administrativa ou institucional;
- h) percepção sobre aspectos como acesso à informação, conectividade, infraestrutura, serviços digitais, acessibilidade e comunicação;
- i) indicação do que o participante gostaria que melhorasse, sem a necessidade de propor uma solução tecnológica específica;
- j) comentários adicionais relacionados à proposta de *Smart Campus*.

Imagem 12 – Captura de tela do formulário informativo para sugestões de cenários inteligentes

Ajude no Projeto Smart Campus – IFSC Itajaí

Este formulário faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “Smart Campus: Modelo Conceitual para Integração de Tecnologias IoT, Dados e Serviços no Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Itajaí”. A pesquisa tem como objetivo propor um modelo de Smart Campus para o IFSC Câmpus Itajaí, considerando a integração entre infraestrutura, tecnologias digitais, dados, serviços institucionais e participação da comunidade acadêmica. A proposta busca identificar possibilidades de uso de tecnologias inteligentes para melhorar a gestão, a sustentabilidade, a inovação, os serviços e a experiência dos usuários no campus. Com este formulário, pretende-se coletar sugestões, percepções e demandas de estudantes, servidores, gestores e demais participantes da comunidade acadêmica, a fim de aproximar o modelo proposto das necessidades reais do IFSC Câmpus Itajaí.

Suas respostas contribuirão para a construção da proposta de um *Smart Campus*, ajudando a identificar problemas reais do cotidiano antes da definição de soluções tecnológicas.

Não há respostas certas ou erradas. O objetivo é compreender sua realidade no câmpus.

O preenchimento é voluntário, e as informações fornecidas serão utilizadas apenas para fins acadêmicos e institucionais.

maria.sj@aluno.ifsc.edu.br [Mudar de conta](#)



 Não compartilhado

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Qual é seu papel no câmpus? *

Fonte: Elaborado pela autora (2026).