ReGeo ISSN: 2177-3246

DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO DE MAPEAMENTO PREDIAL BASEADO EM GÊMEO DIGITAL E RFID PARA GESTÃO DE PATRIMÔNIO

DEVELOPMENT OF A BUILDING MAPPING MODULE BASED ON DIGITAL TWIN AND RFID FOR ASSET MANAGEMENT

DESARROLLO DE UN MÓDULO DE MAPEO DE EDIFICIOS BASADO EN GEMELO DIGITAL Y RFID PARA LA GESTIÓN DE PATRIMONIO

https://doi.org/10.56238/revgeov17n11-143

Data de submissão: 25/10/2026 **Data de publicação:** 25/11/2026

Gabriel Albuquerque Andruchevitz
Cursando Superior em Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)
E-mail: gabriel.andruchevitz@estudante.ifro.edu.br
Lattes: http://lattes.cnpq.br/8446092497688155

Floriano Vieira Araujo Neto
Cursando Superior em Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)
E-mail: f.araujo@estudante.ifro.edu.br
Lattes: http://lattes.cnpq.br/2722578278100368

Carolina Barros da Costa
Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE (PPG-BIONORTE)
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)
E-mail: carolinabc962@gmail.com
Lattes: http://lattes.cnpq.br/3580340685505356

Marcio Rodrigues Miranda
Doutorado em Ciências Biológicas
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)
E-mail: marcio.miranda@ifro.edu.br
Lattes: http://lattes.cnpq.br/5986723019605368

Diana Ketlem Paula do Nascimento
Mestre em Letras
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)
E-mail: diana.nascimento@ifro.edu.br
Lattes: http://lattes.cnpq.br/3017014051352927

Ricardo Agum Ribeiro
Doutorado em Ciência Política
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)
E-mail: ricardo.ribeiro@ifro.edu.br
Lattes: http://lattes.cnpq.br/9872755223785433

ReGeo

ISSN: 2177-3246

Kaio Alexandre da Silva
Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia pelo programa em REDE BIONORTE
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO)
E-mail: kaio.silva@ifro.edu.br
Lattes: http://lattes.cnpq.br/0943321240537948

RESUMO
A gestão do patrimônio público constitui um desafio recorrente para as entidades governamentais, frequentemente agravado pela dependência de processos manuais, falhas na atualização cadastral e pela movimentação informal de ativos sem a devida comunicação ao setor competente. Essa lacuna operacional favorece a ocorrência de perdas, extravios e inconsistências contábeis. Nesse cenário, o objetivo deste estudo é propor e desenvolver um módulo de mapeamento predial 2D para a gestão de patrimônio público, integrado a um webservice de inventário via Identificação por Radiofrequência (RFID). Quanto aos meios, a pesquisa caracteriza-se como aplicada e de desenvolvimento tecnológico, estruturando-se sob a abordagem da prototipagem. Como principais resultados, o sistema permitiu a modelagem da hierarquia espacial da unidade por meio de um Gêmeo Digital simplificado, possibilitando a representação estrutural de prédios, pisos, blocos, setores e conexões, além da indicação visual e dinâmica do estado e da localização dos ativos a partir dos eventos capturados pelas antenas RFID. Os testes foram realizados em ambiente controlado. Conclui-se que a integração entre tecnologias de identificação automática e representações virtuais espaciais constitui uma alternativa viável para o apoio à gestão de bens no setor público.

Palavras-chave: Rastreabilidade Patrimonial. Gêmeo Digital. RFID.

ABSTRACT
The management of public assets poses a recurring challenge for government entities, often exacerbated by a reliance on manual processes, shortcomings in maintaining accurate records, and the informal movement of assets without proper notification to the relevant department. This operational gap increases the risk of losses, misplacements, and accounting inconsistencies. Given this context, the objective of this study is to propose and develop a 2D building-mapping module for public asset management, integrated with an inventory web service that utilizes Radio-Frequency Identification (RFID). In terms of methodology, this research is classified as applied, technology-development-oriented work, structured around a prototyping approach. The primary results include a system capable of modeling the spatial hierarchy of a facility through a simplified “Digital Twin”, enabling the structural representation of buildings, floors, blocks, sectors, and connections, while providing a dynamic, visual indication of the status and location of assets based on events captured by RFID antennas. Testing was conducted in a controlled environment. It is concluded that the integration of automatic identification technologies with virtual spatial representations offers a viable alternative for supporting asset management in the public sector.

Keywords: Asset Traceability. Digital Twin. RFID.

RESUMEN
La gestión del patrimonio público constituye un desafío recurrente para las entidades gubernamentales, a menudo agravado por la dependencia de procesos manuales, fallos en la actualización de los registros y el movimiento informal de activos sin la debida notificación al sector competente. Esta carencia operativa propicia la aparición de pérdidas, extravíos e inconsistencias contables. En este contexto, el objetivo de este estudio es proponer y desarrollar un módulo de mapeo de edificaciones en 2D para la

gestión del patrimonio público, integrado con un servicio web de inventario basado en la Identificación por Radiofrecuencia (RFID). En cuanto a la metodología, la investigación se clasifica como aplicada y de desarrollo tecnológico, estructurándose bajo un enfoque de prototipado. Como resultados principales, el sistema permitió modelar la jerarquía espacial de la unidad mediante un «gemelo digital» simplificado, facilitando la representación estructural de edificios, plantas, bloques, sectores y conexiones; asimismo, ofrece una indicación visual y dinámica del estado y la ubicación de los activos a partir de los eventos captados por las antenas RFID. Las pruebas se llevaron a cabo en un entorno controlado. Se concluye que la integración de tecnologías de identificación automática y representaciones espaciales virtuales constituye una alternativa viable para apoyar la gestión de bienes en el sector público.

Palabras clave: Trazabilidad de Activos. Gemelo Digital. RFID.

1 INTRODUÇÃO

As entidades públicas, como instituições federais de ensino ou órgãos da administração pública, detém uma grande quantidade de bens materiais que precisam ser registrados e avaliados periodicamente, para garantir seu pleno funcionamento e atender às necessidades da sociedade. Nesse cenário, é indispensável realizar uma gestão patrimonial eficaz para evitar perdas, roubos e o uso inadequado do bem, com o intuito de minimizar custos operacionais e garantir o correto uso do bem público (Souza, 2022). Contudo, quando esse controle depende de registros e conferências manuais, ele fica sujeito a falhas e à desatualização, o que dificulta saber onde cada bem realmente está (Rodrigues, 2021).

Essa lacuna gerencial é evidenciada pela pesquisa de Sá (2024) na Reitoria de uma Instituição Federal de Ensino (IFE), na qual mais de 4.000 bens móveis permanentes foram classificados como "não localizados" no inventário de 2023, resultando em um patrimônio perdido avaliado em R$ 1.826.493,49. Segundo a autora, apenas 64,54% dos bens foram inventariados/encontrados, valor estimado em R$ 3.324.757,00, enquanto 35,46% permaneceram sem localização. Entre as causas apontadas, destaca-se a movimentação de bens pelos detentores de carga patrimonial sem a devida comunicação prévia à Coordenação de Patrimônio, fator que a autora considera extremamente prejudicial ao controle patrimonial e à rastreabilidade dos ativos.

Embora a adoção de sistemas informatizados seja fundamental para a modernização da gestão pública (Thomé; Carvalho, 2023), as soluções legadas frequentemente carecem de mecanismos automatizados para a captura de eventos físicos de movimentação e de interfaces espaciais intuitivas para localização visual dos itens.

Para mitigar essas limitações, emerge a necessidade de incorporar arquiteturas tecnológicas emergentes, como a Internet das Coisas (IoT) e os Gêmeos digitais (Digital Twin). Conceituado por Grieves (2014), o Gêmeo Digital consiste na representação virtual de um sistema físico real, estruturado em três elementos centrais: o espaço real, o espaço virtual e a conexão bidirecional dos dados entre ambos. O valor dessa abordagem reside na sincronização em tempo real, permitindo que o modelo digital reflita dinamicamente o estado do objeto físico. Por sua vez, a tecnologia de IoT viabiliza essa dinâmica ao estender a conectividade de rede a objetos diversos, capacitando-os a coletar, transmitir e gerenciar dados remotamente com o mínimo de intervenção humana (Rose; Eldridge; Chapin, 2015).

Diante disso, surge a seguinte pergunta de pesquisa: é possível representar digitalmente uma unidade pública por meio de um modelo 2D simplificado, sem o uso de plantas arquitetônicas complexas, e rastrear a localização de bens de forma automatizada? Para responder a essa questão, o

presente trabalho tem como objetivo geral propor e desenvolver um módulo de mapeamento predial 2D para gestão de patrimônio público, integrado a um webservice de inventário via RFID. Especificamente, o trabalho busca: (i) modelar a estrutura física da unidade (Gêmeo Digital 2D) considerando a hierarquia de prédios, pisos, blocos, setores e conexões; e (ii) integrar as leituras e requisições RFID à interface para a indicação dinâmica do estado e localização do bem. Aliando a tecnologia RFID e o Gêmeo Digital da unidade, espera-se contribuir para o controle e o monitoramento contínuo do patrimônio público.

O trabalho organiza-se da seguinte forma: a Seção 2 sintetiza o referencial teórico; a Seção 3 apresenta os procedimentos metodológicos; a Seção 4 traz o desenvolvimento e a arquitetura geral da solução; a Seção 5 traz os resultados e a respectiva discussão; e a Seção 6 conclui o texto com as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GESTÃO PATRIMONIAL E CONTROLE INTERNO NO SETOR PÚBLICO

A gestão patrimonial no setor público compreende os procedimentos de registro, guarda, movimentação e controle dos bens sob responsabilidade de órgãos e entidades públicas, com o propósito de evitar perdas e uso inadequado e de assegurar o correto emprego do bem público (Souza, 2022). Nesse conjunto, o controle patrimonial interno, operacionalizado majoritariamente por meio do inventário, é o procedimento responsável por assegurar a transparência, verificar o estado de conservação e promover a conciliação entre os registros contábeis e a realidade física dos bens. O inventário recai prioritariamente sobre os bens permanentes, entendidos como aqueles que, em razão de seu uso corrente, não perdem a identidade física e/ou têm durabilidade superior a dois anos (Brasil, 2002).

A exigência de registro e inventário dos bens permanentes tem previsão legal na Lei nº 4.320/1964, que determina a manutenção de registros analíticos de todos os bens de caráter permanente, com a caracterização de cada um e dos agentes responsáveis por sua guarda e administração (art. 94), e estabelece que o levantamento geral dos bens móveis e imóveis tenha por base o inventário analítico de cada unidade administrativa e a escrituração sintética da contabilidade (art. 96) (Brasil, 1964). No plano constitucional, a fiscalização patrimonial da União e de suas entidades é exercida também pelo sistema de controle interno de cada Poder (art. 70), ao qual cabe avaliar, quanto à eficácia e à eficiência, à gestão orçamentária, financeira e patrimonial (art. 74, II) (Brasil, 1988). Em termos conceituais, o sistema de controle interno é aquele planejado, implementado e mantido pela governança e pela administração para fornecer segurança razoável quanto à

confiabilidade dos relatórios financeiros, à efetividade e eficiência das operações e à conformidade com leis e regulamentos (Conselho Federal de Contabilidade, 2021).

Apesar desse arcabouço, os métodos tradicionais de controle, baseados em registros manuais, relatórios estáticos e conferências visuais periódicas, frequentemente enfrentam gargalos de integração e dificuldade de acompanhar as movimentações patrimoniais, o que reforça a necessidade de mecanismos que registrem a movimentação dos bens de forma automática.

2.2 TECNOLOGIA GÊMEO DIGITAL

Para mitigar essas fragilidades na gestão física, o uso de tecnologias de mapeamento avançado surge como uma possível solução. Conforme apontam Grieves e Vickers (2017), a evolução tecnológica permitiu a dissociação da informação de seu objeto físico por meio de Gêmeos Digitais, transformando modelos estáticos em representações dinâmicas e acionáveis. Complementando essa perspectiva, Wang (2020) define o modelo de Gêmeo digital como uma representação virtual que corresponde de forma consistente às entidades físicas do mundo real, capaz de reconstruir seus elementos e simular seus comportamentos e desempenhos em tempo real.

Ademais, convém ressaltar que, contrariando concepções equivocadas frequentes na literatura sobre a obrigatoriedade de representações gráficas tridimensionais complexas, o Gêmeo Digital não se restringe a uma modelagem 3D (Fuller *et al*., 2020). No contexto de rastreabilidade e gestão de ativos patrimoniais públicos, o valor do Gêmeo Digital reside na precisão da informação e na dinâmica de atualização dos dados, tornando o uso de plantas ou mapeamentos bidimensionais (2D) uma abordagem mais eficiente, direcionada e alinhada às reais necessidades operacionais do gestor público, que foca na localização rápida e na transparência, em detrimento de simulações físicas avançadas típicas da engenharia construtiva.

Para que essa representação virtual deixe de ser estática e passe a refletir dinamicamente a realidade do ambiente construído, Attaran e Celik (2023) destacam que o Gêmeo Digital depende de tecnologias habilitadoras fundamentais, com destaque para a IoT. Por meio de sensores e dispositivos conectados, a IoT viabiliza a aquisição de dados do ambiente físico, sendo os sensores elementos fundamentais dessa tecnologia (Viel *et al*., 2018, p. 909-911), coletando informações contínuas do mundo físico e alimentando o modelo digital para garantir a visibilidade e o monitoramento em tempo real.

Sob essa ótica, a integração de ambientes virtuais com tecnologias como o RFID, pode atuar não apenas como ferramenta de monitoramento, mas como um mecanismo para suprir ineficiências informacionais e garantir a rastreabilidade contínua de ativos em ambientes prediais.

2.3 TECNOLOGIA RFID PARA RASTREABILIDADE E INVENTÁRIO

A tecnologia de Identificação por Radiofrequência (*Radio Frequency Identification* ou RFID) tem forte potencial para o gerenciamento de estoques e para a logística, sendo uma alternativa promissora para o controle de inventários em instituições públicas devido à sua elevada capacidade de captura automatizada de dados. Por meio de ondas de rádio, os sistemas RFID possibilitam a leitura simultânea e à distância de múltiplos itens sem a necessidade de intervenção humana direta ou de contato visual direto (Want, 2006).

No que tange à sua arquitetura física e operacional, Want (2006) subdivide a tecnologia em duas categorias principais: ativas e passivas. As tags ativas contam com uma fonte de energia própria, como uma bateria integrada, o que lhes confere maior alcance de sinal, já as tags passivas não dependem de baterias, elas são constituídas por uma estrutura composta por uma antena, um microchip semicondutor e um invólucro de proteção, sendo energizadas diretamente pelo campo eletromagnético gerado pelo leitor.

Em termos sistêmicos, um ambiente operacional de RFID é constituído por três elementos essenciais: os *transponders* (etiquetas ou tags RFID), que identificam de forma única cada bem por meio de códigos como o EPC (*Electronic Product Code*); os leitores e antenas, responsáveis pela emissão de rádio e leitura dos dados; e o *middleware*, camada de software que realiza a intermediação em tempo real entre a leitura física e o banco de dados (Chetouane, 2015).

Conforme destacam Williams (2012) e Meza e Fijor (2013), a utilização da tecnologia RFID para a identificação de ativos públicos mostra-se superior em eficiência quando comparada ao emprego de plaquetas numéricas e códigos de barras. Embora apresente maior custo inicial de implementação, a dependência de processos manuais inerente às plaquetas e códigos de barras revela-se ineficiente para assegurar o correto controle de movimentação e o rastreamento dos bens. Silva (2022) corrobora esses benefícios ao afirmar que, quando implementada adequadamente no ambiente organizacional, a tecnologia RFID tem potencial para reduzir custos operacionais e otimizar o monitoramento contínuo dos recursos de forma automatizada.

Estudos indicam que a adoção do RFID pode tornar o inventário patrimonial mais ágil. Rodrigues (2021) comparou o inventário manual com o realizado por coletor RFID portátil na Secretaria de Administração e Finanças de Indaial (SC), em uma sala com 232 bens cadastrados. No levantamento manual, apenas 110 bens (47,41%) foram localizados e outros 67 foram encontrados no local sem registro nessa localização, o que evidencia inconsistências cadastrais. O inventário com RFID foi 91,24% mais rápido, e 97,18% dos dados obtidos coincidiram com os do levantamento manual.

Nesse contexto, a combinação entre etiquetas e leitores RFID e representações virtuais possibilita superar a dependência de processos manuais. Leituras automáticas via antenas RFID eliminam a necessidade de comunicações formais a cada movimentação de bens, enquanto o Gêmeo Digital, combinado ao RFID, atua como uma interface gráfica intuitiva para a visualização espacial desses dados.

3 METODOLOGIA

Quanto à sua natureza, este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, pois busca gerar uma solução tecnológica e prática para o problema da rastreabilidade e do controle de bens patrimoniais no setor público. Em relação aos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva, uma vez que detalha a modelagem arquitetural, o funcionamento e a integração do módulo de mapeamento predial 2D com a tecnologia RFID. Quanto aos meios, a pesquisa fundamenta-se no desenvolvimento experimental de software por meio da abordagem de prototipação, conforme descrito por Pressman e Maxim (2021).

De acordo com esses autores, o benefício da prototipação está na redução do tempo de desenvolvimento, na avaliação precoce de ideias e na correção de falhas antes da entrega do produto final, o que permite verificar a viabilidade da solução proposta. A abordagem se estrutura em quatro etapas: Comunicação, Planejamento e Projeto Rápido, Construção do Protótipo e Entrega e Feedback.

Com base nessa abordagem, o levantamento dos requisitos e o projeto rápido resultaram em um protótipo das interfaces, construído na ferramenta Figma. Em seguida, iniciou-se a codificação do sistema, acompanhada pelo orientador do trabalho, que revisou as funcionalidades implementadas ao longo do desenvolvimento e orientou ajustes. Não foi realizada avaliação formal de usabilidade com especialistas ou usuários finais.

Concluído o desenvolvimento, realizou-se um teste funcional em ambiente controlado, com uma infraestrutura fictícia, inspirada na organização de uma instituição federal de ensino, cadastrada no sistema, incluindo a hierarquia espacial e a alocação das antenas. O teste utilizou uma antena RFID física e requisições simuladas para as demais antenas (Seção 4.3), com o objetivo de verificar a atualização da localização do item na interface.

4 DESENVOLVIMENTO E ARQUITETURA DA SOLUÇÃO

Esta seção apresenta o desenvolvimento do módulo de mapeamento predial e detalha a arquitetura de comunicação entre os eventos das antenas RFID e a interface de visualização em formato de Gêmeo Digital. Conforme destacado anteriormente, o presente trabalho atua como um módulo

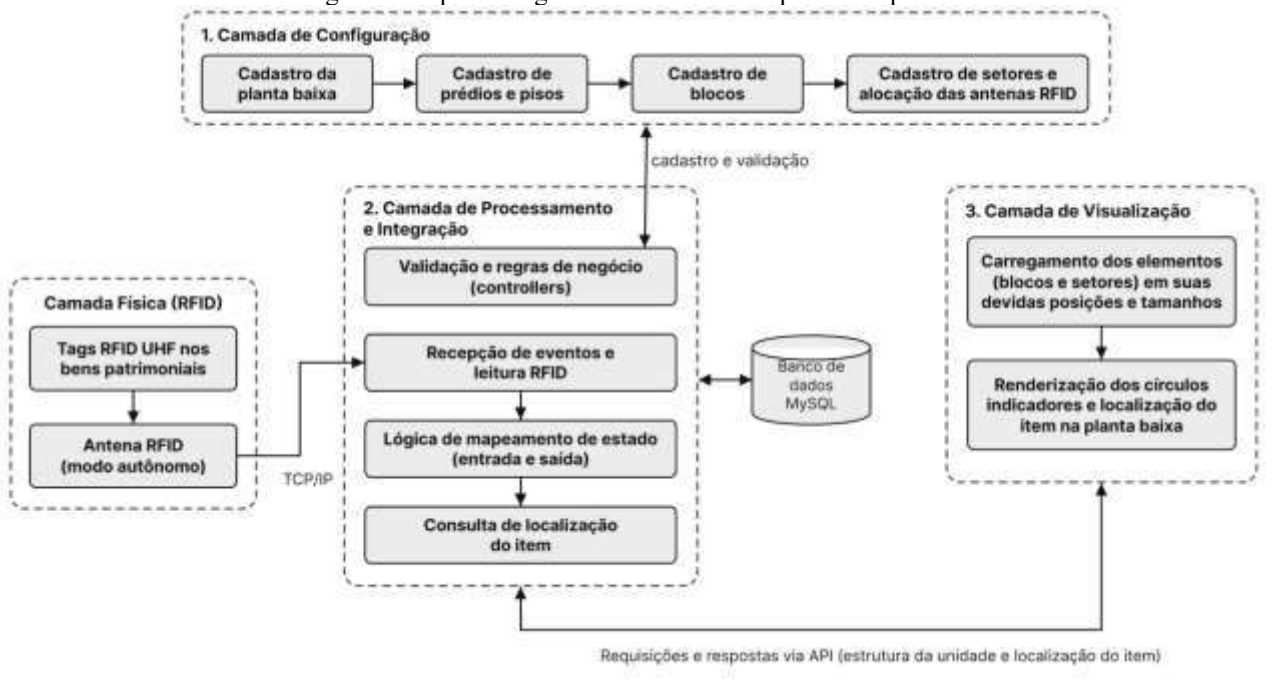
complementar a um sistema de gerenciamento de inventário via RFID já existente, estendendo suas capacidades por meio da integração de recursos de localização espacial automatizada.

4.1 VISÃO GERAL DA ARQUITETURA

O sistema foi desenvolvido como uma aplicação web baseada no padrão arquitetural Model-View-Controller (MVC), utilizando o framework PHP Laravel no backend. A camada de visualização (*view*), construída com React e TypeScript, disponibiliza as interfaces para o cadastro estrutural da unidade, compreendendo prédios, blocos, pisos, setores e suas respectivas conexões, além da renderização gráfica da localização dos bens. A camada de controle (*controller*) gerencia as regras de negócio, o processamento de requisições e a validação dos dados, enquanto a camada de persistência (*model*) gerencia o armazenamento relacional das informações no banco de dados MySQL.

A Figura 1 ilustra a arquitetura geral do módulo e o fluxo de integração entre seus componentes. Na Camada de Configuração, o usuário define a planta baixa e efetua o cadastro hierárquico das estruturas e a alocação das antenas nos setores. Os dados inseridos são submetidos à Camada de Processamento e Integração, responsável pela validação das regras de negócio, persistência no banco de dados MySQL e recepção contínua de requisições provenientes da Camada Física (RFID) via comunicação TCP/IP. Essa camada intermediária executa a lógica de mapeamento de estado dos bens (identificando eventos de entrada e saída) e responde às consultas de localização solicitadas. Por fim, a Camada de Visualização consome os dados expostos via APIs HTTP para buscar as coordenadas estruturais e renderizar dinamicamente os elementos na planta baixa 2D, destacando a localização do item no nível do setor por meio de círculos indicadores de estado quando acionados pelo usuário.

Figura 1. Arquitetura geral do módulo de mapeamento predial



Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026

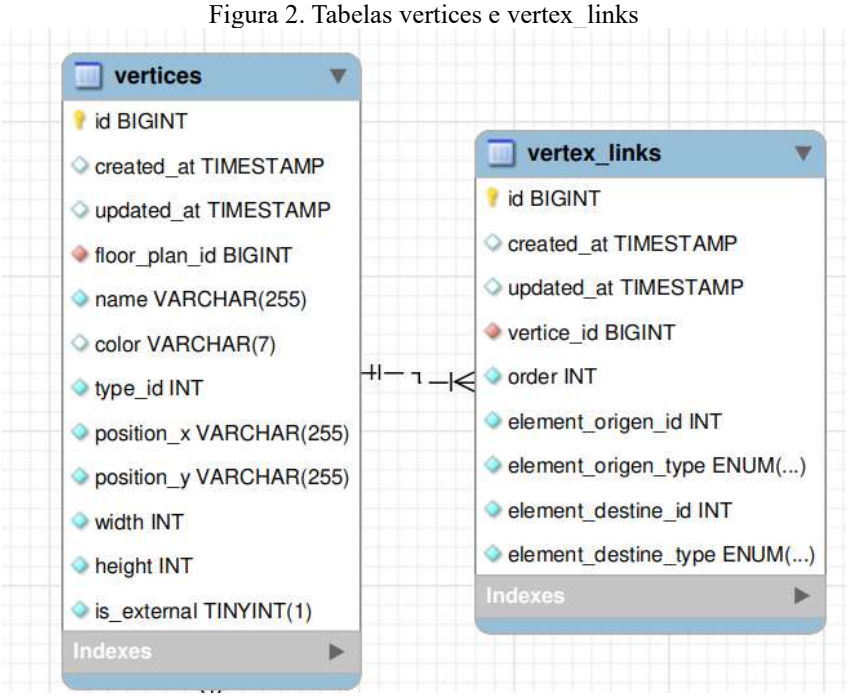
4.2 MODELAGEM DAS CONEXÕES

Para representar as conexões e a navegabilidade entre as diferentes estruturas da unidade pública (pisos e corredores), a modelagem de dados evoluiu de uma abordagem estática para uma estrutura flexível baseada em uma estrutura de dados em grafos.

Inicialmente, a ligação entre estruturas era armazenada em uma tabela de conexões que associava diretamente um piso de origem a um piso de destino. Essa modelagem não comportava ligações que partissem de uma conexão ou chegassem a outra, pois cada nova combinação exigiria uma tabela específica, por exemplo, conexão-conexão ou conexão-piso, o que tornava o modelo pouco extensível. Para superar essa restrição, adotou-se uma estrutura de grafo, composta pelas tabelas vertices e vertex_links, em que cada ligação é definida por um nó de origem e um de destino, de qualquer tipo (piso ou vértice).

Nessa arquitetura, a tabela de vértices armazena as coordenadas de renderização no modelo 2D e os identificadores dos elementos mapeados. A tabela vertex_links (Figura 2) estabelece as relações direcionais entre um nó de origem e um nó de destino, parametrizada pelo tipo de entidade conectada (piso ou vértice). Essa abstração possibilita conectar recursivamente diferentes componentes físicos da unidade, permitindo que o usuário consiga se movimentar pela planta baixa.

Figura 2. Tabelas vertices e vertex_links



Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026

4.3 CAPTURA E PROCESSAMENTO DAS LEITURAS RFID

Para os testes de renderização de movimentação dos itens entre setores, utilizou-se o leitor RFID UHF modelo M-ID10W e tags, operando na frequência de 902–928 MHz, configurado em "Modo Autônomo" para envio de dados via rede (TCP/IP). Como havia apenas uma antena física, utilizou-se também a ferramenta Postman para enviar requisições que simulam leituras de antenas associadas a outros setores, no mesmo formato das leituras do leitor real, permitindo testar a atualização da localização do item entre setores.

O leitor funciona sem intervenção do usuário: ao detectar uma etiqueta, envia ao webservice uma requisição HTTP, pela rede Wi-Fi, com os dados da leitura em JSON (Figura 3). Esses dados trazem o código EPC da etiqueta, o identificador da instituição, a data e a hora da leitura, a chave da antena e o endereço IP do leitor. A lógica de leitura baseia-se em eventos de entrada ("I") e saída ("O") entre setores. Ao cadastrar um item, vincula-se a ele uma tag RFID. Ao cadastrar uma antena, é informado o setor em que ela está alocada e a conexão que ela atende, isto é, o local onde o item passa a ser considerado após uma saída. Para fins de registro de localização, o corredor é tratado pelo sistema como um tipo de setor.

Figura 3. Exemplo de leitura enviada pelo leitor ao webservice



Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados do desenvolvimento das interfaces do módulo de mapeamento predial e da visualização da movimentação de itens entre setores a partir das leituras das antenas RFID. Salienta-se que a validação funcional foi conduzida em ambiente controlado, com a infraestrutura cadastrada em ambiente de teste, uma antena RFID física e requisições simuladas para as demais antenas.

As interfaces foram projetadas para reduzir a necessidade de conhecimentos técnicos na criação do Gêmeo Digital da unidade e oferecer ao usuário uma visão abrangente de toda a infraestrutura. O cadastro pode ser realizado de forma interativa, por meio da funcionalidade *drag and drop* (arrastar e soltar), com a qual o usuário posiciona prédios, conexões, blocos e setores, ou por meio de formulários, nos quais a representação visual é gerada automaticamente, exigindo apenas o redimensionamento e o posicionamento dos elementos na planta baixa. O Quadro 1 sintetiza as telas desenvolvidas, indicando as entidades cadastradas, a função de cada uma no módulo e o objetivo específico a que se relaciona.

Quadro 1. Disposição das interfaces

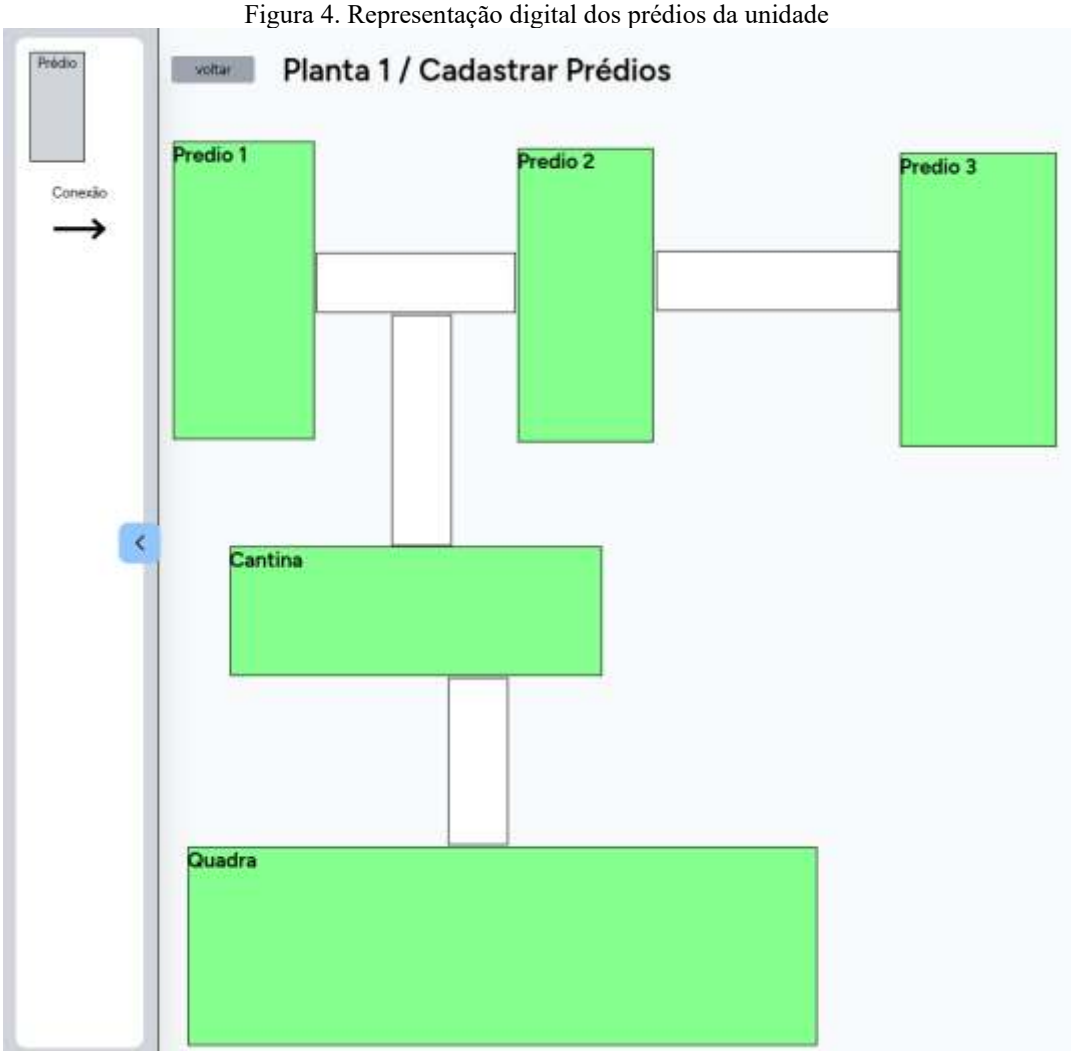
FIGURA	TELA	ENTIDADE CADASTRADA	FUNÇÃO NO MÓDULO	RELAÇÃO COM O OBJETIVO
4	Edição de prédios e conexões	Prédios, conexões externas	Visão geral da unidade em um mapa único	(i)
5	Conexão selecionada	Conexões internas (Escadas e elevadores)	Navegar entre pisos de prédios conectados e outras conexões	(i)
6	Edição de blocos	Blocos, conexões internas	Distribuir os blocos em cada piso	(i)
7	Setores	Setores, antenas, portas	Definir a localização e posicionar antenas, portas e setores	(i) e (ii)
8	Localização do item	Itens (apenas consulta)	Exibir a localização do item e o estado que se encontra	(ii)

Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026

O fluxo de cadastro inicia-se com a abertura da planta baixa vinculada à unidade, seguida da tela de edição de prédios e conexões (Figura 4), que oferece uma visão geral da infraestrutura e permite visualizar, cadastrar e posicionar os prédios e suas conexões.

Na Figura 4, os prédios e as conexões são representados por retângulos simples, o que oferece uma visão geral da unidade em um único mapa. Essa abstração em 2D, coerente com a perspectiva de que o Gêmeo Digital não se restringe à modelagem 3D (Fuller *et al*., 2020), permite acomodar estruturas distintas (prédios, cantina e quadra) sem depender de uma planta arquitetônica complexa, o que simplifica o cadastro.

Figura 4. Representação digital dos prédios da unidade



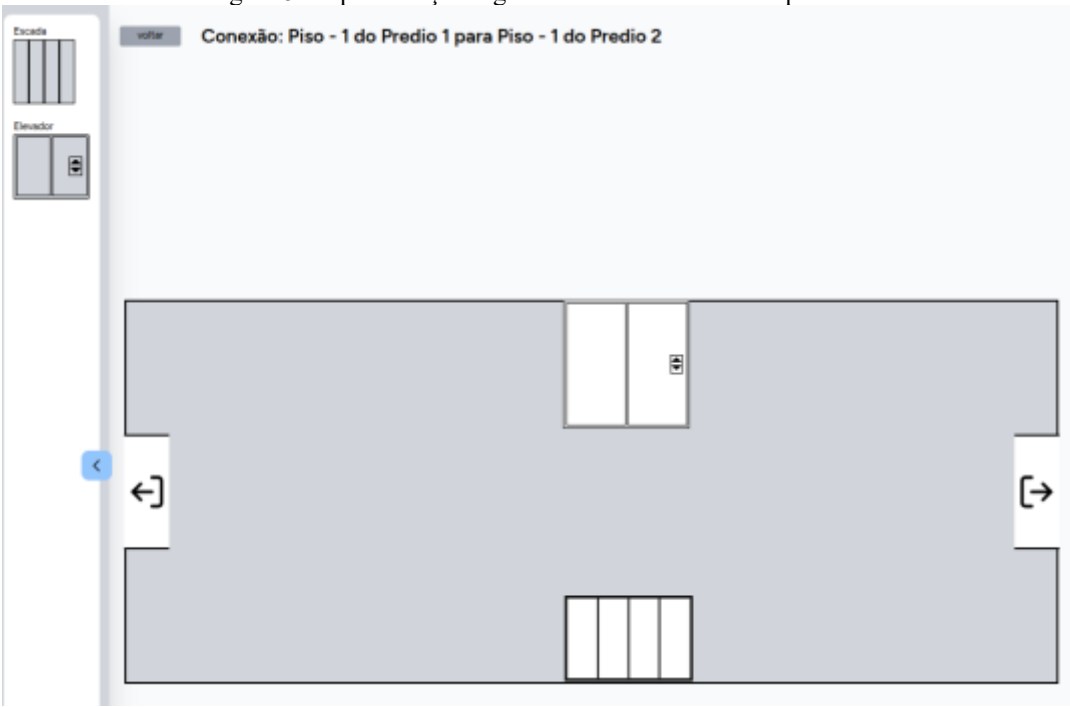
Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026

O cadastro das conexões segue a lógica de arrastar e soltar: o elemento “conexão” é inserido no prédio ou no vértice gerado e, em seguida, selecionam-se os vértices de origem e destino. Conforme apresentado na Seção 4.2, as conexões que ligam dois prédios são telas navegáveis. Como mostra a

Figura 5, botões nas bordas, próximos aos prédios conectados, permitem ao usuário transitar entre pisos e conexões, e a paleta lateral permite inserir escadas e elevadores.

A tela de edição dos blocos (Figura 6) é acessada ao selecionar o prédio e o piso desejados. O cabeçalho “Prédio 1 / Piso 1” e os botões “Acessar Bloco” evidenciam a hierarquia navegável e indicam o nível em que o usuário se encontra. Nessa tela, é possível posicionar os blocos, inserir as conexões internas (escadas e elevadores) e visualizar as conexões externas do piso, o que permite ao gestor compreender a distribuição dos ambientes.

Figura 5. Representação digital da conexão entre dois prédios



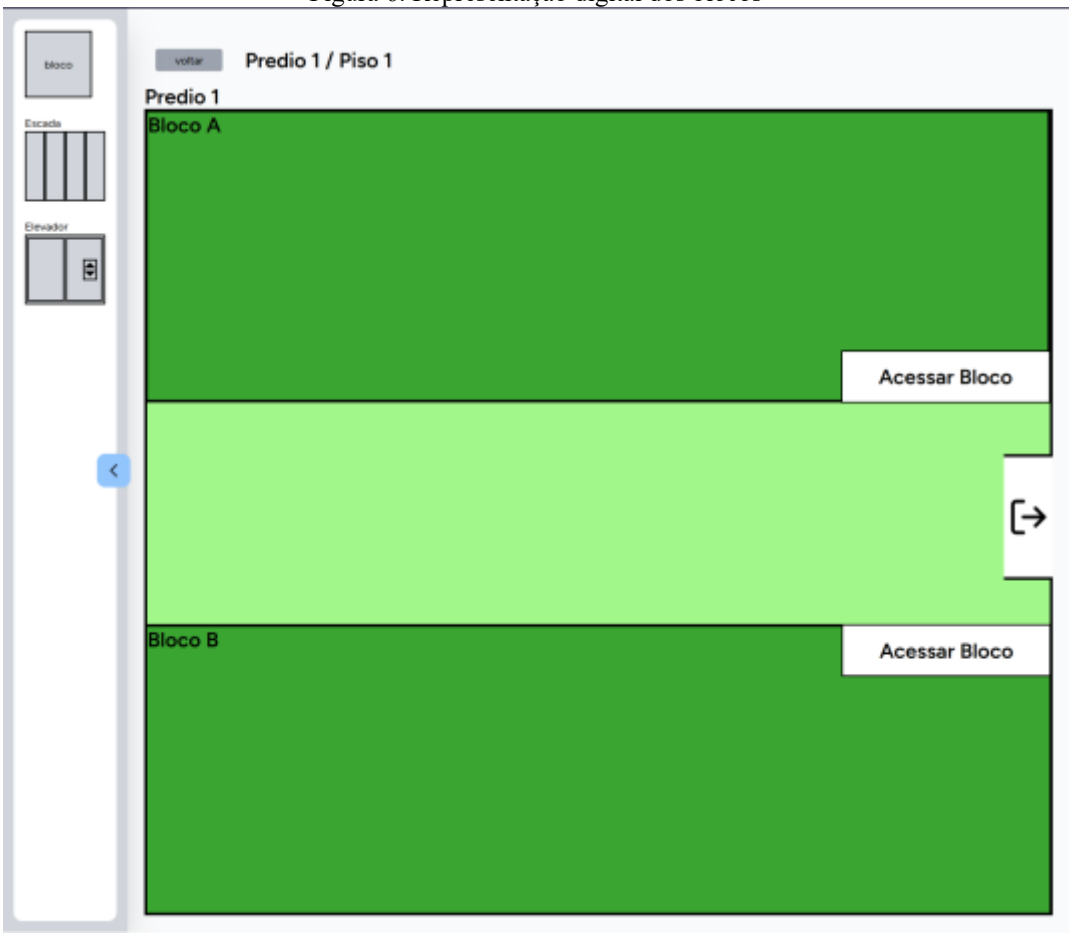
Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026

Ao selecionar um bloco, o usuário acessa a tela de edição dos setores (Figura 7), na qual cadastra e posiciona os setores a partir de *layouts* pré-definidos ou customizados. É nessa tela que antenas e portas são posicionadas em cada setor, o que define a granularidade da localização no sistema (o setor) e o destino do item após uma saída, como o corredor, tratado como um tipo de setor (Seção 4.3). Essa etapa é, portanto, o ponto em que o modelo espacial se conecta ao rastreamento por RFID.

Em conjunto, as Figuras 4 a 7 indicam ser viável modelar a estrutura física da unidade (Gêmeo Digital 2D) de forma integrada, considerando a hierarquia de prédios, blocos, pisos, conexões e setores, o que atende, no escopo do protótipo, ao primeiro objetivo específico. Uma vez modelada a unidade, verificou-se o segundo objetivo específico: a integração das leituras RFID à interface gráfica para a indicação dinâmica do estado e da localização do item.

Em ambiente de teste, a localização dos itens foi conferida com base nas leituras de uma antena RFID física, instalada em um único setor. Para consultar a posição de um item, o usuário acessa a lista de itens cadastrados, já integrada ao sistema de gerenciamento de inventário, e seleciona a opção “localizar item”, sendo direcionado à planta baixa com a indicação do prédio, piso, bloco e setor em que ele se encontra.

Figura 6. Representação digital dos blocos



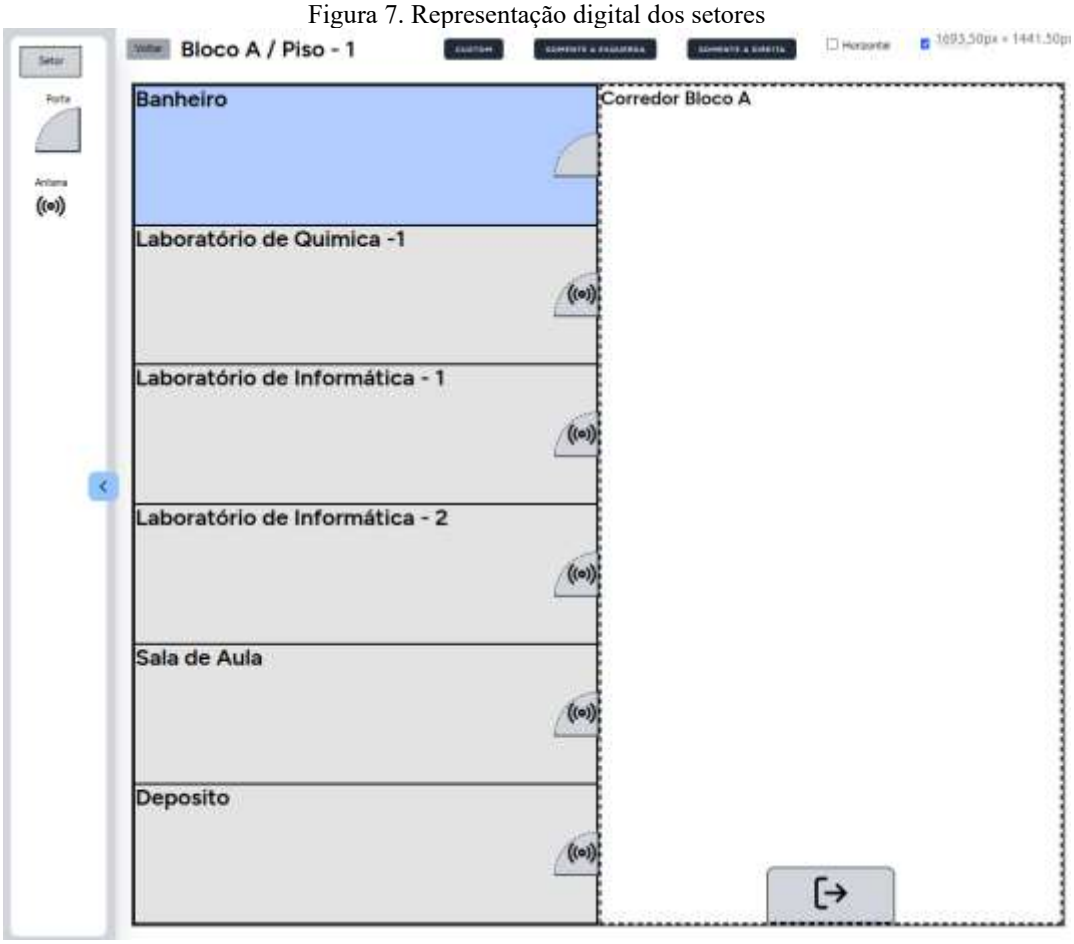
Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026

O estado do item é sinalizado por marcadores visuais (Figura 8). Na primeira consulta, após a leitura de entrada, o item foi localizado em seu setor de origem, indicado por um círculo verde (Figura 8a). Após a leitura seguinte, registrada como saída, uma nova consulta confirmou a atualização da localização: o item passou a ser indicado por um círculo vermelho no destino cadastrado na antena, isto é, o corredor, o que sinaliza que o item se encontra fora do setor de origem (Figura 8b).

Como havia apenas uma antena física, as leituras de antenas associadas a outros setores foram simuladas por meio de requisições enviadas pela ferramenta Postman, no mesmo formato das leituras reais. A partir dessas requisições, o sistema registrou a entrada do item no novo setor e atualizou sua

localização, o que permitiu verificar a lógica de movimentação entre setores, ainda que sem a variabilidade de um ambiente operacional real.

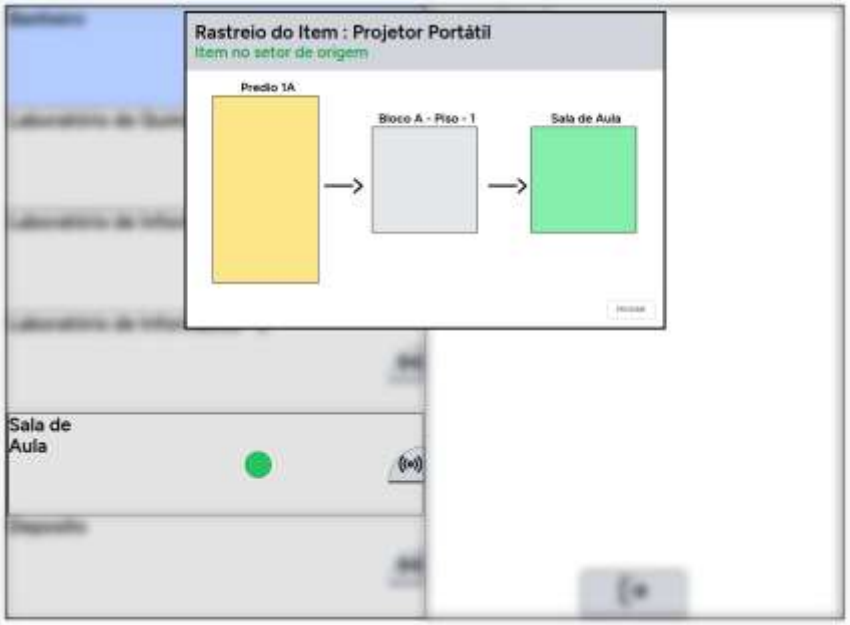
Figura 7. Representação digital dos setores



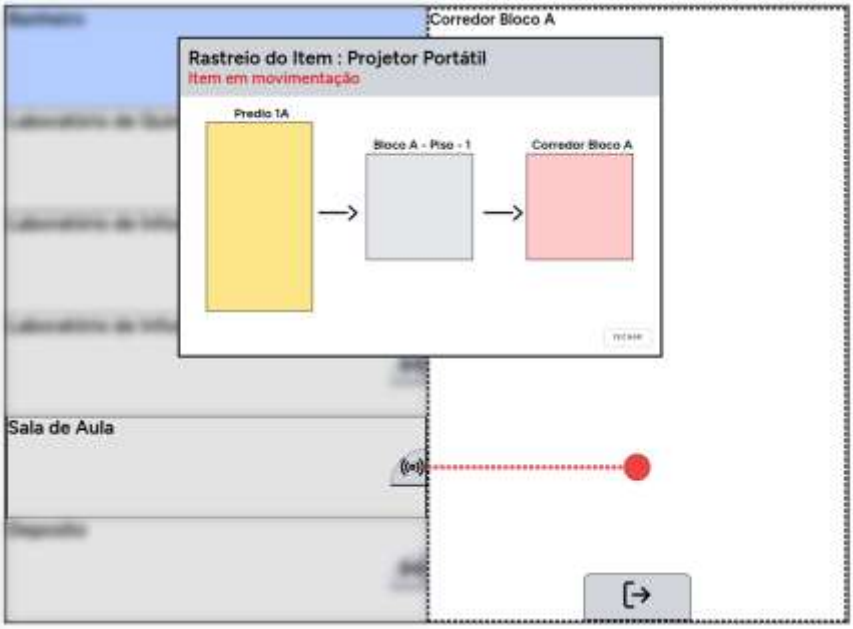
Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026

Os resultados indicam que o módulo atendeu, no escopo do protótipo, ao segundo objetivo específico: no cenário testado, as leituras da antena física e as requisições simuladas foram suficientes para atualizar a localização do item na camada de visualização 2D, tornando visível ao gestor a saída do item de seu setor de origem. Esse comportamento dialoga com a causa apontada por Sá (2024), a movimentação de bens sem comunicação prévia, pois o marcador vermelho torna o deslocamento perceptível ao gestor no momento em que ele consulta a localização do item. Rodrigues (2021) demonstrou ganhos de agilidade no inventário com coletor RFID portátil, e sugeriu, como trabalho futuro, a adoção de antenas fixas para inventários sem deslocamento humano. O presente módulo caminha nessa direção, ao associar antenas a setores e exibir a localização do item na planta, mas atua em outra frente: a localização espacial, e não a conferência do inventário. As contribuições são, portanto, complementares.

Figura 8. Tela de localização do item.
(a) após a leitura de entrada



(b) após a leitura de saída



Fonte: Elaborada pelos próprios autores, 2026

Em conjunto, a modelagem da estrutura física e a localização dos itens indicam a viabilidade de implementação do módulo e o potencial de representar uma unidade pública por meio de um modelo 2D simplificado, oferecendo aos gestores uma alternativa automatizada de apoio ao controle patrimonial. Ressalta-se que esses resultados se limitam ao ambiente controlado: foram utilizados uma única antena física, um item de teste e conferência visual da localização, sendo as demais antenas

simuladas. Não foram avaliadas a usabilidade com gestores, a ocorrência de leituras duplicadas nem a interferência em ambiente real, o que deve orientar estudos futuros.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o módulo de mapeamento predial para rastreabilidade patrimonial, parte de um sistema de gerenciamento de inventário via RFID, com o intuito de contribuir para uma gestão patrimonial mais transparente. No escopo do protótipo, os objetivos propostos foram atendidos: o sistema permitiu criar o Gêmeo Digital simplificado da unidade e localizar os itens a partir das leituras RFID.

Ao unir essas tecnologias, obtém-se uma ferramenta capaz de auxiliar os gestores de patrimônio a acompanhar a movimentação dos bens. Buscou-se ainda uma modelagem simplificada, que dispensa a elaboração de uma planta arquitetônica complexa e idêntica ao local de implementação, exigindo apenas a representação digital necessária ao rastreio dos bens.

Reconhecem-se, contudo, limitações. Os testes foram realizados em ambiente controlado, com uma antena física e leituras de outros setores simuladas, e não houve validação nem testes de usabilidade com usuários reais. Por isso, os resultados não permitem inferir o impacto do sistema sobre extravios ou movimentações não autorizadas.

Como trabalhos futuros, sugere-se a realização de um estudo de caso em uma instituição federal de ensino ou órgão público, com o objetivo de analisar se a adoção do sistema reduz a quantidade de itens não localizados e evita extravios e movimentações não autorizadas. Sugerem-se também testes de usabilidade com gestores e responsáveis por carga patrimonial.

NOTA SOBRE O USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Durante a elaboração deste trabalho, os autores utilizaram a ferramenta de Inteligência Artificial Claude (Anthropic), para auxílio na revisão textual, no aprimoramento da clareza e coesão da escrita. Todo o conteúdo técnico, científico e as conclusões apresentadas são de inteira responsabilidade dos autores, que revisaram e validaram integralmente o texto final e as figuras.

REFERÊNCIAS

ATTARAN, M.; CELIK, G. B. Digital twin: benefits, use cases, challenges, and opportunities. Decision Analytics Journal, v. 6, 2023. DOI: 10.1016/j.dajour.2023.100165. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100165. Acesso em: 26 ago. 2026.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 26 ago. 2026.

BRASIL. Lei nº 4.320, de 17 de março de 1964. Estatui normas gerais de direito financeiro para elaboração e controle dos orçamentos e balanços da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal. Brasília, DF: Presidência da República, 1964. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4320.htm. Acesso em: 16 ago. 2026.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Secretaria do Tesouro Nacional. Portaria nº 448, de 13 de setembro de 2002. Divulga o detalhamento das naturezas de despesas 339030, 339036, 339039 e 449052. Brasília, DF: STN, 2002. Disponível em: https://www.ifpb.edu.br/pro-reitoria/praf/patrimonio/documentos-e-manuais/portaria-stn-448-2002.pdf. Acesso em: 26 ago. 2026.

CHETOUANE, F. An overview on RFID technology instruction and application. IFAC-PapersOnLine, v. 48, n. 3, p. 382-387, 2015. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.06.111. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.111. Acesso em: 26 ago. 2026.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE (Brasil). Norma Brasileira de Contabilidade, NBC TA 315 (R2), de 19 de agosto de 2021. Identificação e avaliação dos riscos de distorção relevante. Brasília: CFC, 2021. Disponível em: https://www1.cfc.org.br/sisweb/SRE/docs/NBCTA315(R2).pdf. Acesso em: 24 ago. 2026.

FULLER, A. *et al.* Digital twin: enabling technologies, challenges and open research. IEEE Access, v. 8, p. 108952-108971, 2020. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2998358. Disponível em: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358. Acesso em: 20 out. 2026.

GRIEVES, M. Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/275211047_Digital_Twin_Manufacturing_Excellence_through_Virtual_Factory_Replication. Acesso em: 14 jun. 2026.

GRIEVES, M.; VICKERS, J. Digital twin: mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In: KAHLEN, J.; FLUMERFELT, S.; ALVES, A. (ed.). Transdisciplinary perspectives on complex systems. Cham: Springer, 2017. p. 85-113. DOI: 10.1007/978-3-319-38756-7_4. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4. Acesso em: 20 out. 2026.

MEZA, M. L. F. G. de; FIJOR, T. F. A. Análise comparativa das tecnologias empregadas no controle patrimonial na administração pública. In: CONGRESSO LATINO-IBEROAMERICANO DE GESTÃO DE TECNOLOGIA (ALTEC), 15., 2013, Porto. Anais [...]. 2013. Disponível em: https://www.altec2013.org/programme_pdf/1089.pdf. Acesso em: 24 ago. 2026.

PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. R. Engenharia de software: uma abordagem profissional. 9. ed. Porto Alegre: AMGH, 2021.

RODRIGUES, P. H. Uma solução computacional para controle patrimonial em órgão público com tecnologia RFID. 2021. Monografia (Graduação em Engenharia de Software) – Universidade do Estado de Santa Catarina, 2021. Disponível em: https://repositorio.udesc.br/handle/UDESC/15437. Acesso em: 7 set. 2026.

ROSE, K.; ELDRIDGE, S.; CHAPIN, L. The Internet of Things: an overview: understanding the issues and challenges of a more connected world. Reston: Internet Society (ISOC), 2015. Disponível em: https://www.internetsociety.org/resources/doc/2015/iot-overview/. Acesso em: 8 jul. 2026.

SÁ, R. G. de. Desafios na gestão patrimonial: investigação em uma instituição federal de ensino. 2024. 124 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2024. Disponível em: https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/20609. Acesso em: 17 ago. 2026.

SILVA, M. C. da. O sistema de monitoramento por tecnologia RFID como melhoria da eficiência logística e segurança: um estudo bibliográfico. 2022. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Distrito Industrial, Manaus, 2022. Disponível em: https://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/1353. Acesso em: 20 ago. 2026.

SOUZA, T. R. de. Os desafios da gestão patrimonial na administração pública federal. 2022. 130 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Instituto Brasileiro de Ensino, Desenvolvimento e Pesquisa, Brasília, 2022.

THOMÉ, A. C. T.; CARVALHO, C. S. de. Tecnologia e inovação na administração pública: desafios e oportunidades. In: ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA: teorias e fundamentos em pesquisa. [S. l.]: Científica Digital, 2023. cap. 14, p. 270-282. DOI: 10.37885/230412852. Disponível em: https://doi.org/10.37885/230412852. Acesso em: 19 ago. 2026.

VIEL, F. *et al.* Internet of Things: concepts, architectures and technologies. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRY APPLICATIONS (INDUSCON), 13., 2018, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: IEEE, 2018. DOI: 10.1109/INDUSCON.2018.8627298. Disponível em: https://doi.org/10.1109/INDUSCON.2018.8627298. Acesso em: 30 out. 2026.

WANG, Z. Digital twin technology. In: BÁNYAI, T.; PETRILLO, A.; DE FELICE, F. (ed.). Industry 4.0: impact on intelligent logistics and manufacturing. London: IntechOpen, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.80974. Disponível em: https://doi.org/10.5772/intechopen.80974. Acesso em: 30 out. 2026.

WANT, R. An introduction to RFID technology. IEEE Pervasive Computing, v. 5, n. 1, p. 25-33, 2006. DOI: 10.1109/MPRV.2006.2. Disponível em: https://doi.org/10.1109/MPRV.2006.2. Acesso em: 30 out. 2026.

WILLIAMS, G. Radio frequency identification. In: TEICHOLZ, E. (ed.). Technology for facility managers: the impact of cutting-edge technology on facility management. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012. p. 75-83.