UTFPR

Engenharia de Computação - Oficina de Intergração 2

Plano de Projeto

Sistema Inteligente de Monitoramento Patrimonial

Codinome: SIMPAT

Equipe: Matheus Cruz da Silva - 2306352

Omar Zagonel El Laden - 2505649

Orientação: Daniel Rossato

Data: 8 de abril de 2026

Sumário

1 Título e codinome do projeto **2**

2 Site **2**

3 Equipe **2**

4 Declaração do escopo de alto nível **2**
4.1 Objetivo geral . . . 3
4.2 Objetivos específicos . . . 3
4.3 Delimitação do escopo . . . 4
4.4 Regras operacionais do protótipo . . . 5
4.5 Arquitetura de alto nível . . . 5
4.6 Arquitetura de baixo nível do dispositivo . . . 6
4.7 Fluxo lógico de detecção e alerta . . . 6
4.8 Requisitos do projeto . . . 8
4.8.1 Requisitos funcionais do sistema embarcado (RFE) . . . 8
4.8.2 Requisitos não funcionais do sistema embarcado (RNFE) . . . 8
4.8.3 Requisitos funcionais do sistema de software/servidor (RFS) . . . 9
4.8.4 Requisitos não funcionais do sistema de software/servidor (RNFS) . 9
4.8.5 Melhorias futuras previstas . . . 9

5 Integração **10**
5.1 Conhecimentos necessários . . . 10
5.2 Disciplinas e áreas do curso relacionadas . . . 10
5.3 Integração entre módulos do protótipo . . . 11

6 Análise de riscos **11**

7 Cronograma detalhado **13**

8 Materiais e métodos **13**
8.1 Materiais principais do protótipo . . . 13
8.2 Método de desenvolvimento . . . 14
8.2.1 Etapa 1 – modelagem do problema e definição do MVP . . . 14
8.2.2 Etapa 2 – montagem eletrônica inicial . . . 15
8.2.3 Etapa 3 – desenvolvimento do firmware embarcado . . . 15
8.2.4 Etapa 4 – desenvolvimento do servidor simplificado . . . 15
8.2.5 Etapa 5 – integração . . . 15
8.2.6 Etapa 6 – validação do protótipo . . . 15
8.3 Tecnologias previstas . . . 16
8.4 Considerações metodológicas . . . 16

1 Título e codinome do projeto

Título: Sistema Inteligente de Monitoramento Patrimonial.
Codinome: SIMPAT.

2 Site

Site/blog para acompanhamento e evolução do projeto: https://omarelladen.github.io/InventoryTracker/

3 Equipe

- Matheus Cruz da Silva - 2306352
- Omar Zagonel El Laden - 2505649

4 Declaração do escopo de alto nível

Instituições de ensino superior dependem de uma quantidade significativa de ativos patrimoniais para sustentar suas atividades acadêmicas e administrativas, como computadores, notebooks, projetores, monitores, televisores, caixas de som e outros equipamentos de apoio didático. Em muitos cenários, esses itens são distribuídos entre salas, laboratórios e setores sem um mecanismo de rastreabilidade contínua. Como consequência, surgem problemas recorrentes de extravio, remanejamento não registrado, dificuldade de auditoria e suspeitas de furto.

O projeto proposto visa desenvolver um protótipo funcional de **sistema inteligente de monitoramento patrimonial por localização esperada**, no qual cada ativo monitorado recebe um dispositivo embarcado de baixo consumo energético. Esse dispositivo será acoplado ao patrimônio e associado, no sistema, a uma sala previamente cadastrada. A premissa do projeto não é realizar geolocalização precisa em tempo real, mas sim monitorar se o patrimônio permanece no ambiente esperado e sinalizar indícios de movimentação não autorizada.

A solução será composta por um módulo embarcado baseado em **ESP32**, um **sensor de movimento**, um **buzzer** para alerta local e uma **bateria** para alimentação autônoma. Em operação normal, o dispositivo permanecerá em modo de baixo consumo e realizará um envio diário de verificação para um servidor. Em paralelo, a lógica embarcada será capaz de detectar movimentações recorrentes em intervalo curto. Quando essa condição for classificada como crítica, o sistema executará duas ações: acionará o buzzer como alerta local e tentará transmitir ao servidor o identificador único do patrimônio.

No protótipo inicial, a conectividade será feita por rede Wi-Fi provida por hotspot de celular, de forma a desacoplar a validação técnica do projeto das restrições da infraestrutura institucional. O servidor será tratado como uma camada funcional simplificada,

responsável por registrar eventos, manter o cadastro dos ativos e exibir seu estado operacional. Mesmo sendo uma versão de protótipo, essa camada já permitirá rastreabilidade básica por histórico e classificação de ocorrências.

A proposta adota deliberadamente um **escopo incremental**. Nesta primeira fase, não farão parte da implementação: mecanismo anti-remoção da tag, caixa física final do dispositivo, integração com rede Wi-Fi institucional, notificação multicanal para segurança, medição de bateria, envio de metadados avançados e política formal de movimentação autorizada. Esses pontos serão tratados como melhorias futuras, o que reduz risco técnico e mantém o foco na validação do núcleo funcional do sistema.

4.1 Objetivo geral

Desenvolver um protótipo embarcado de monitoramento patrimonial capaz de identificar movimentação suspeita de um patrimônio previamente vinculado a uma sala, emitir alerta local e registrar eventos remotos a partir de um identificador único.

4.2 Objetivos específicos

- projetar a arquitetura embarcada do dispositivo com foco em baixo consumo energético;
- implementar detecção de movimentação baseada em repetição de evento em janela curta;
- implementar lógica de decisão em dois níveis de severidade: aviso e crítico;
- acionar buzzer local em eventos críticos como camada de redundância operacional;
- transmitir ao servidor o ID único do patrimônio nos eventos relevantes;
- manter, no servidor, cadastro do patrimônio, histórico de eventos e status operacional;
- permitir a classificação administrativa de eventos como falso positivo, movimentação autorizada ou ocorrência real.

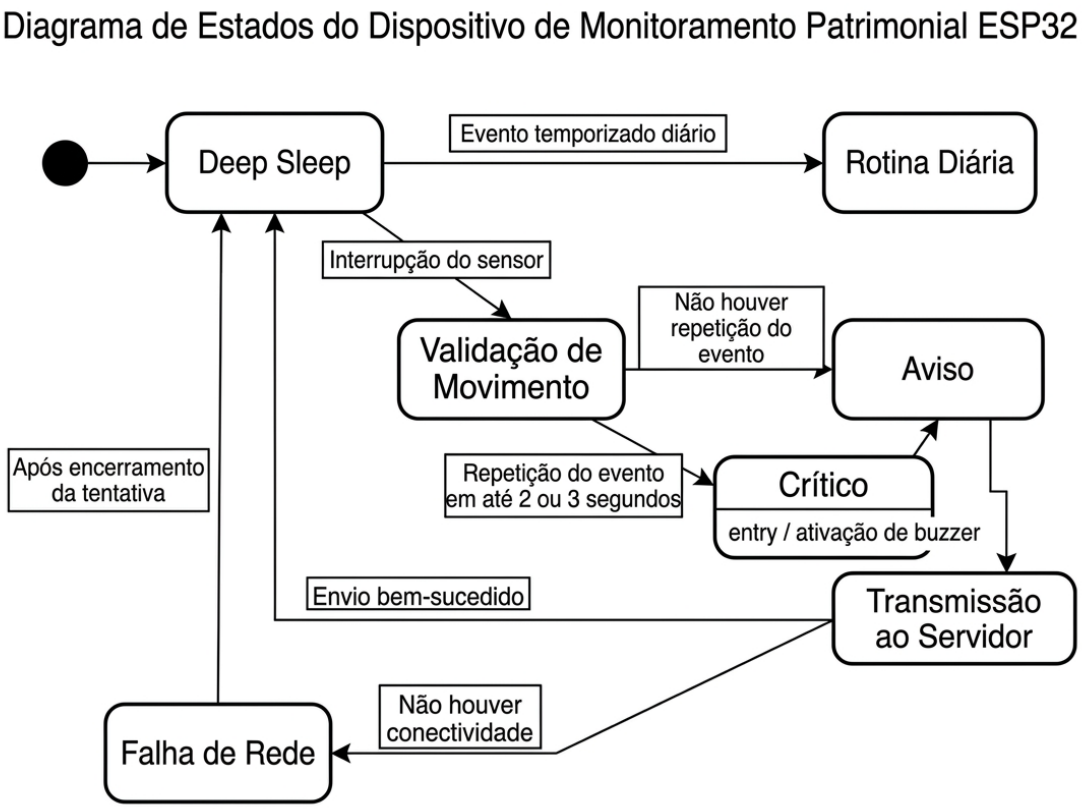


Figura 1: Arquitetura da máquina de estados do protótipo.

4.3 Delimitação do escopo

Incluído no escopo do protótipo:

- uma unidade funcional de dispositivo embarcado;
- associação de um patrimônio a uma sala esperada;
- envio diário de verificação por Wi-Fi;
- detecção de movimentação recorrente;
- buzzer para alerta local em condição crítica;
- registro de eventos e exibição de estados no sistema;
- classificação administrativa de ocorrências.

Fora do escopo desta fase:

- localização em tempo real com precisão por sala ou coordenadas;
- integração com equipe de segurança da instituição;
- mecanismo anti-violação ou anti-remoção da tag;

- caixa física definitiva do produto;
- homologação em rede institucional;
- fabricação em escala;
- automação de autorização formal de remanejamento.

4.4 Regras operacionais do protótipo

- Não haverá, nesta fase, janelas de movimentação permitida.
- Não haverá fluxo formal de autorização de troca de sala.
- Um único evento breve de vibração não gera incidente crítico.
- A repetição do evento de movimento em janela aproximada de 2 a 3 segundos caracteriza condição crítica.
- Em condição crítica, o dispositivo aciona alerta sonoro local e tenta transmitir o ID do patrimônio ao servidor.
- Se houver movimento, mas o dispositivo seguir operando normalmente depois do evento, o sistema tratará a ocorrência inicialmente como aviso.

4.5 Arquitetura de alto nível

A Figura 4 representa a arquitetura de alto nível proposta para o sistema.

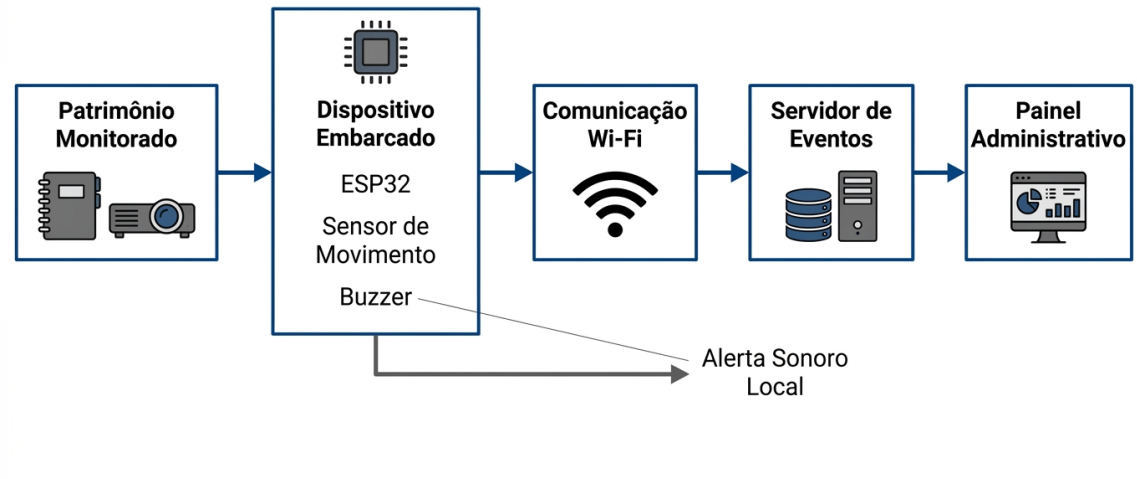


Figura 2: Arquitetura de alto nível do sistema.

4.6 Arquitetura de baixo nível do dispositivo

A Figura **??** detalha a composição mínima do protótipo embarcado.

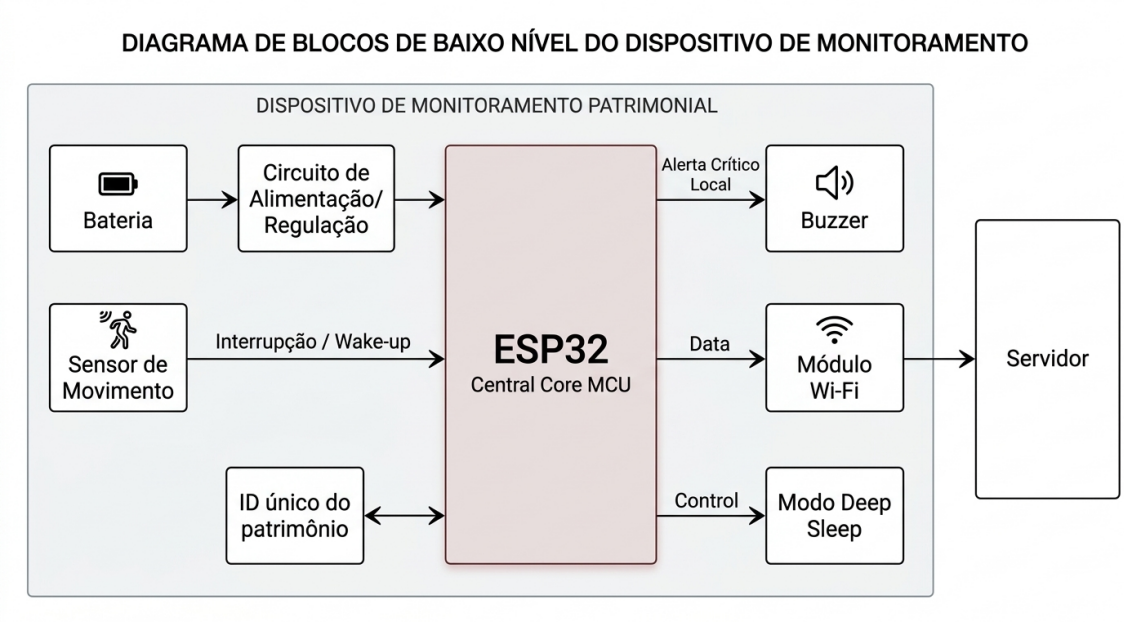


Figura 3: Arquitetura de alto nível do sistema.

4.7 Fluxo lógico de detecção e alerta

A Figura **??** apresenta o fluxo lógico esperado da detecção de movimento e escalonamento do alerta.

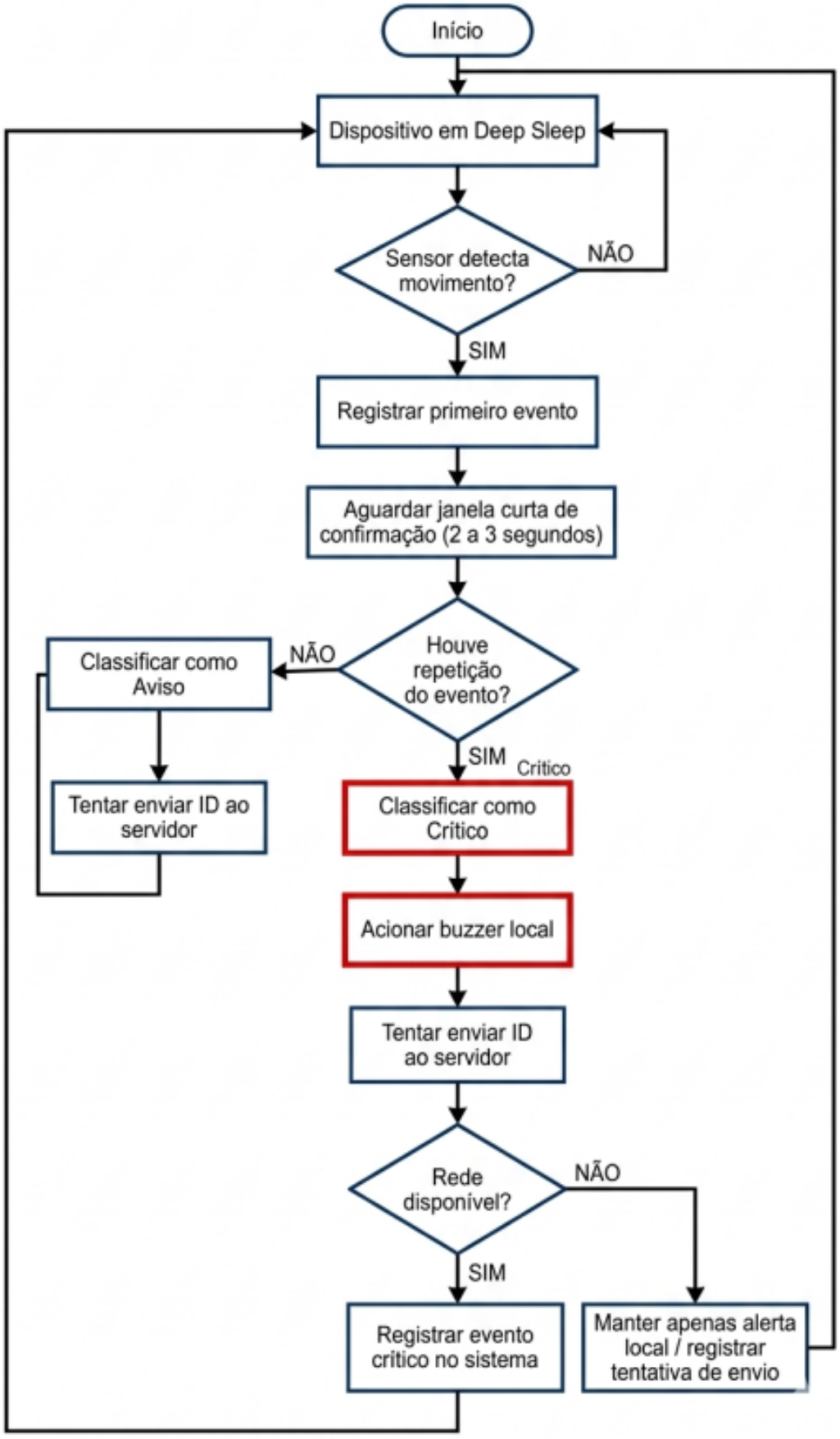


Figura 4: Arquitetura de alto nível do sistema.

4.8 Requisitos do projeto

Os requisitos foram organizados em três grupos: sistema embarcado, sistema de software/servidor e melhorias futuras planejadas.

4.8.1 Requisitos funcionais do sistema embarcado (RFE)

- **RFE01:** o dispositivo deve possuir um identificador único vinculado a um patrimônio cadastrado;
- **RFE02:** o dispositivo deve permanecer em modo de baixo consumo quando não houver evento de rotina nem movimentação detectada;
- **RFE03:** o dispositivo deve realizar um envio diário de verificação ao servidor;
- **RFE04:** o dispositivo deve detectar evento de movimentação por meio do sensor dedicado;
- **RFE05:** o dispositivo deve diferenciar evento isolado de evento recorrente dentro de uma janela curta de confirmação;
- **RFE06:** o dispositivo deve acionar buzzer local em condição crítica;
- **RFE07:** o dispositivo deve tentar transmitir o ID do patrimônio ao servidor em evento crítico;
- **RFE08:** o dispositivo deve ser alimentado por bateria;
- **RFE09:** o protótipo deve operar como uma unidade autônoma sem dependência de infraestrutura física adicional além da rede sem fio de teste.

4.8.2 Requisitos não funcionais do sistema embarcado (RNFE)

- **RNFE01:** o núcleo de controle do protótipo será implementado em um ESP32;
- **RNFE02:** a detecção de movimento deverá ser suficiente para identificar perturbações físicas relevantes do patrimônio monitorado;
- **RNFE03:** o dispositivo deverá priorizar baixo consumo energético por meio de modos de sleep;
- **RNFE04:** a comunicação sem fio do protótipo será realizada por Wi-Fi;
- **RNFE05:** o projeto deverá tolerar indisponibilidade momentânea da rede ao menos no nível de sinalização local via buzzer;
- **RNFE06:** a implementação eletrônica desta fase não exige caixa física definitiva;
- **RNFE07:** a primeira versão do protótipo será desenvolvida para uma única unidade monitorada.

4.8.3 Requisitos funcionais do sistema de software/servidor (RFS)

- **RFS01:** o sistema deve permitir cadastrar um patrimônio com ID único e sala de referência;
- **RFS02:** o sistema deve registrar os eventos recebidos do dispositivo;
- **RFS03:** o sistema deve exibir o estado operacional do patrimônio;
- **RFS04:** o sistema deve manter histórico de eventos por patrimônio;
- **RFS05:** o sistema deve permitir que um administrador classifique ocorrências como falso positivo, movimentação autorizada ou ocorrência real;
- **RFS06:** nesta fase, os alertas serão direcionados apenas à equipe de TI por meio do próprio sistema.

4.8.4 Requisitos não funcionais do sistema de software/servidor (RNFS)

- **RNFS01:** o servidor desta fase poderá ser simplificado, desde que preserve cadastro, registro e visualização de estados;
- **RNFS02:** a solução de software deverá permitir expansão futura para integração institucional;
- **RNFS03:** o modelo de dados deverá manter rastreabilidade por ativo;
- **RNFS04:** o sistema deve distinguir, no mínimo, os estados *normal*, *aviso* e *crítico*.

4.8.5 Melhorias futuras previstas

- inclusão de acelerômetro de baixo consumo em substituição ao sensor de vibração simples;
- monitoramento do nível de bateria;
- envio de data/hora, tipo de evento, intensidade de sinal e demais metadados;
- caixa física compacta e sistema anti-remoção da tag;
- integração com rede Wi-Fi institucional;
- painel administrativo mais completo;
- notificações automatizadas para equipes de segurança;
- política de movimentação autorizada;
- expansão para múltiplos patrimônios em operação simultânea.

5 Integração

O desenvolvimento do projeto exige integração entre conhecimentos de eletrônica, sistemas embarcados, redes, desenvolvimento de software e análise de sistemas. Como se trata de uma solução ciberfísica, o valor do protótipo não está apenas no funcionamento isolado do hardware, mas na coerência entre captura de eventos, tomada de decisão embarcada, comunicação e registro em sistema.

5.1 Conhecimentos necessários

- arquitetura e programação de microcontroladores, com ênfase em ESP32;
- tratamento de interrupções e modos de economia de energia;
- integração de sensores e atuadores de baixo custo;
- comunicação Wi-Fi entre dispositivo e serviço remoto;
- modelagem de cadastro e histórico de eventos;
- definição de regras de negócio para classificação de incidentes;
- desenvolvimento de interface administrativa básica;
- análise de viabilidade técnica e evolução incremental de produto.

5.2 Disciplinas e áreas do curso relacionadas

Disciplina / Área	**Contribuição para o projeto**
Fundamentos de Programação e Técnicas de Programação	Estruturação do código embarcado e do software de apoio, organização lógica do sistema e tratamento de eventos.
Sistemas Microcontrolados	Configuração do ESP32, leitura do sensor, acionamento do buzzer, gerenciamento de estados e baixo consumo de energia.
Eletrônica Geral e Circuitos Elétricos	Dimensionamento básico de alimentação, integração elétrica entre sensores, atuadores e microcontrolador.
Circuitos Digitais	Tratamento de sinais discretos, interrupções e interfaceamento entre os módulos eletrônicos.
Redes de Computadores / Comunicação de Dados	Comunicação Wi-Fi, envio de eventos ao servidor e tratamento de falhas de conectividade.
Banco de Dados	Cadastro do patrimônio, vínculo com sala, histórico de ocorrências e rastreabilidade de eventos.

Projeto e Análise de Sistemas /Engenharia de software	Definição de escopo, requisitos, regras operacionais, análise de risco e planejamento da evolução do protótipo.
Linux básico / Virtualização	Implementação do servidor Linux

5.3 Integração entre módulos do protótipo

A integração do protótipo pode ser descrita em quatro camadas:

1. **Camada física:** patrimônio monitorado, sensor de movimento, buzzer, bateria e ESP32.
2. **Camada embarcada:** firmware responsável por deep sleep, leitura do evento, lógica de recorrência e transmissão do ID.
3. **Camada de comunicação:** envio dos eventos por Wi-Fi para o ambiente de teste.
4. **Camada de software:** cadastro do ativo, painel de estados, registro histórico e classificação administrativa.

Essa organização facilita a evolução futura do projeto, pois permite substituir ou expandir uma camada sem redesenhar integralmente as demais.

6 Análise de riscos

A Tabela 2 apresenta os principais riscos técnicos e operacionais identificados para o protótipo.

Tabela 2: Análise de riscos do projeto.

Risco	**Prob.**	**Impacto**	**Grav.**	**Estratégia de resposta**
Falso positivo por sensibilidade inadequada do sensor	4	4	16	Ajustar janela de confirmação, testar diferentes limiares e migrar para acelerômetro de baixo consumo em etapa futura.
Indisponibilidade da rede Wi-Fi no momento do evento	4	3	12	Utilizar buzzer como contingência local, registrar tentativa de envio e isolar a homologação da rede institucional para fase posterior.
Autonomia insuficiente da bateria	3	4	12	Priorizar deep sleep, reduzir transmissões desnecessárias, avaliar perfil de consumo real e revisar estratégia de alimentação.
Remoção ou dano físico ao dispositivo	3	4	12	Tratar como limitação conhecida do protótipo e planejar mecanismo anti-remoção em evolução futura.
Baixa confiabilidade da detecção de movimento	3	4	12	Realizar ensaios em bancada e em ambiente controlado, documentar limitações e calibrar o comportamento do sensor.
Falha do ESP32 ou erro de firmware	2	4	8	Manter código modular, rotina de testes incrementais e unidade substituta para validação rápida.
Modelo de servidor insuficiente para rastreabilidade	2	3	6	Definir escopo mínimo claro do backend e preservar cadastro, histórico e estados desde a primeira versão.
Excesso de sensibilidade do buzzer em ambiente	2	2	4	Limitar acionamento apenas a eventos crí-

Escala utilizada: Probabilidade e impacto variam de 1 (baixo) a 5 (alto); a gravidade corresponde ao produto entre probabilidade e impacto.

7 Cronograma detalhado

Nesta versão do documento, o cronograma foi estruturado por fases para permitir posterior substituição por datas absolutas conforme o calendário acadêmico e a disponibilidade da equipe, abaixo o link do documento:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1abbOVk68YjNfn63pSsLVoTUZ2wYTnZdIt_3EFQ4-y7o/edit?gid=0#gid=0

8 Materiais e métodos

8.1 Materiais principais do protótipo

A Tabela 3 apresenta a lista mínima de materiais prevista para a construção da primeira unidade funcional. Como se trata de protótipo acadêmico, a lista prioriza disponibilidade, simplicidade e baixo custo relativo, em vez de miniaturização ou acabamento industrial.

Tabela 3: Lista preliminar de materiais do protótipo.

Material	**Qtd.**	**Finalidade**
ESP32	1	Núcleo de processamento, controle e comunicação Wi-Fi do dispositivo.
Sensor de movimento / vibração para prototipagem	1	Detecção inicial de perturbações físicas do patrimônio monitorado.
Buzzer	1	Emissão de alerta sonoro local em condição crítica.
Bateria	1	Alimentação autônoma do protótipo.
Módulo ou circuito de alimentação/regulação	1	Adequação elétrica da bateria ao funcionamento do sistema.
Protoboard ou placa de montagem	1	Montagem e validação inicial dos circuitos.
Cabos jumpers e conectores	1 conjunto	Interligação dos componentes eletrônicos.
Hotspot de celular / rede Wi-Fi de teste	1	Ambiente temporário de comunicação para o protótipo.
Computador de desenvolvimento	1	Programação do firmware, testes e desenvolvimento do sistema.
Servidor local ou ambiente web simplificado	1	Registro, visualização de estados e histórico de eventos.

8.2 Método de desenvolvimento

O desenvolvimento será conduzido de forma incremental, priorizando a validação do fluxo central do sistema antes da incorporação de melhorias futuras. O método previsto segue as etapas abaixo.

8.2.1 Etapa 1 – modelagem do problema e definição do MVP

Nesta etapa será consolidado o problema de rastreabilidade patrimonial, a regra de negócio do protótipo e o escopo mínimo viável. O objetivo é evitar que o projeto cresça prematuramente para uma solução institucional completa sem antes validar o núcleo funcional.

8.2.2 Etapa 2 – montagem eletrônica inicial

Será realizada a integração do ESP32 com o sensor de movimento e o buzzer, além da alimentação por bateria. A montagem inicial será funcional, sem caixa física definitiva, priorizando facilidade de teste, medição e ajuste.

8.2.3 Etapa 3 – desenvolvimento do firmware embarcado

O firmware deverá contemplar:

- inicialização do dispositivo e do identificador único;
- configuração do modo de baixo consumo;
- leitura do sensor por evento/interrupção;
- lógica de recorrência para diferenciação entre evento breve e evento crítico;
- acionamento do buzzer em condição crítica;
- tentativa de transmissão do ID via Wi-Fi ao servidor;
- rotina diária de envio de verificação.

8.2.4 Etapa 4 – desenvolvimento do servidor simplificado

Será criado um backend mínimo com capacidade de cadastrar o patrimônio, registrar eventos recebidos, exibir estado atual e manter histórico por ativo. A interface administrativa poderá ser simples, desde que permita consulta e classificação das ocorrências.

8.2.5 Etapa 5 – integração

Nessa fase serão realizados ensaios integrados entre dispositivo e sistema de software, incluindo cenários de evento único, evento recorrente, envio diário de verificação e falha de comunicação com a rede.

8.2.6 Etapa 6 – validação do protótipo

A validação será baseada nos seguintes critérios:

- capacidade de o dispositivo operar em modo de baixo consumo;
- capacidade de detectar movimento recorrente;
- acionamento do buzzer apenas em condição crítica;
- transmissão do ID em eventos relevantes;
- registro correto do evento no sistema;
- exibição do estado do patrimônio no painel;
- preservação do histórico e classificação administrativa da ocorrência.

8.3 Tecnologias previstas

- **Hardware:** ESP32, sensor de movimento para prototipagem, buzzer, bateria e circuito de alimentação.
- **Firmware:** linguagem C/C++ em ambiente compatível com ESP32.
- **Comunicação:** Wi-Fi em rede local de teste.
- **Software de apoio:** backend simplificado e painel administrativo em tecnologia web a definir pela equipe.

8.4 Considerações metodológicas

O protótipo será avaliado como **prova de conceito**. Portanto, o sucesso do projeto não depende de resolver integralmente todos os desafios de um sistema patrimonial institucional em escala, mas de demonstrar que a arquitetura proposta é tecnicamente viável, coerente com o problema e evolutiva para versões futuras.