**SÃO PAULO TECH SCHOOL**

**BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**GRUPO 3**

Breno Otávio Silva Costa

Guilherme Silva de Oliveira

Lucas Miralha Augusto da Silva

Michel Tito Mascarenhas

Richard de Oliveira Barreto

**Sensor de Temperatura para Controle na Cadeia de Frio de Carne**

*Monitoramento da Temperatura do ambiente de transporte de carne, para transmissão real e avisos em casos de latência nos dados e perigo à carga*

**SÃO PAULO**

**2025**

**1CCOB**

Breno Otávio Silva Costa

Guilherme Silva de Oliveira

Lucas Miralha Augusto da Silva

Michel Tito Mascarenhas

Richard de Oliveira Barreto

**Sensor de Temperatura para Controle na Cadeia de Frio de Carne**

*Monitoramento da Temperatura do ambiente de transporte de carne, para transmissão real e avisos em casos de latência nos dados e perigo à carga.*

**SÃO PAULO**

**2025**

**RESUMO**

O projeto se baseia no Sensor de **Temperatura** (LM-35) simulando o **monitoramento** da cadeia de frio durante o **transporte** de **carne**, utilizando um sistema integrado à uma API para registrar os dados coletados pelo sensor em tempo real de forma organizada e catalogada de acordo com as necessidades da empresa. Com o principal objetivo de solucionar uma parcela dos problemas relacionados a este meio, no que diz respeito à perda de toneladas de alimentos, bem como obstáculos financeiros desencadeados por este processo, sendo um dos principais desafios para as empresas atualmente neste ramo, e consequentemente um dos mais prejudiciais.

Utilizando as tecnologias: Arduino Linguagem C++ (Possibilita a coleta de Dados via Sensor LM-35), HTML, CSS, Javascript/Node e API para o funcionamento da Dashboard, enviando, processando e posteriormente armazenando os dados coletados em uma base de dados MySQL.

**Palavras-Chave: Temperatura, Monitoramento, Transporte, Carne.**

**ABSTRACT**

The project is based on the **Temperature** Sensor (LM-35), simulating the **monitoring** of the cold chain during **meat transportation**. It uses a system integrated with an API to record the data collected by the sensor in real time, in an organized and cataloged manner according to the company's needs. The main goal is to address part of the issues related to this process, particularly the loss of tons of food and the financial obstacles triggered by this scenario — which represent one of the major challenges for companies in this industry and, consequently, one of the most harmful.

The technologies used include Arduino with C++ language (enables data collection via the LM-35 sensor), HTML, CSS, JavaScript/Node, and an API to operate the dashboard — sending, processing, and later storing the collected data in a MySQL database.

**Keywords: Temperature, Humidity, Monitoring, Transportation, Meat**

**SUMÁRIO**

[CONTEXTO 5](#_Toc698665094)

[Impacto Técnico-Econômico 6](#_Toc275685822)

[Dados Críticos 6](#_Toc1215983405)

[Exigências Regulatórias 6](#_Toc1420478674)

[Sustentabilidade 7](#_Toc1477286900)

[OBJETIVO 7](#_Toc567362029)

[JUSTIFICATIVA 8](#_Toc1505973809)

[Impacto Técnico-Econômico 8](#_Toc1014153588)

[ESCOPO 8](#_Toc1242407715)

[Arquitetura do Sistema 9](#_Toc1759751310)

[Especificações Técnicas 9](#_Toc419205738)

[Critérios de Aceitação 9](#_Toc771225464)

[Alertas e Monitoramento 9](#_Toc2127364186)

[Detalhamento e Estrutura Funcional do Sistema 9](#_Toc390289695)

[Cronograma Detalhado 10](#_Toc702970051)

[Critérios de Sucesso 11](#_Toc1047659538)

[SITE INSTITUCIONAL 11](#_Toc1458809871)

[DASHBOARD 11](#_Toc791710129)

[STAKEHOLDERS 12](#_Toc982413306)

[TECNOLOGIAS UTILIZADAS 12](#_Toc481677038)

[PREMISSAS E RESTRIÇÕES 12](#_Toc222270664)

[RISCOS 13](#_Toc517541040)

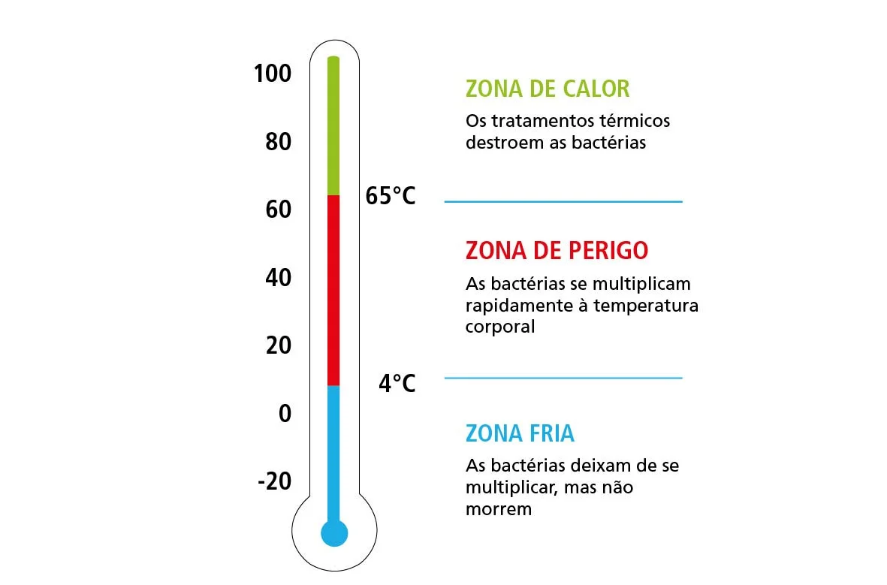
[RESULTADOS ESPERADOS 13](#_Toc1614027962)

[REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 14](#_Toc192593307)

# **CONTEXTO**

O armazenamento e transporte de carnes exigem controle rigoroso de temperatura para garantir a qualidade e segurança alimentar.

Quando expostas a condições inadequadas, as carnes se tornam um ambiente propício para a proliferação de bactérias patogênicas, como Salmonella e Escherichia coli. Esses microrganismos podem se multiplicar rapidamente em temperaturas acima dos 4°C, com crescimento acelerado entre 10°C e 60°C – uma faixa conhecida como “zona de perigo”, onde a deterioração ocorre mais rapidamente e há maior risco de contaminação.



*(Imagem Ilustra as Zonas de Conservação da Carne)*

Dados da Organização Mundial da Saúde indicam que anualmente milhões de pessoas são afetadas por doenças alimentares, muitas das quais estão associadas a falhas no controle da temperatura de armazenamento e transporte de alimentos.

O custo dessa falta de controle é altíssimo, não apenas para as empresas, mas também para os consumidores, devido aos riscos à saúde e aos danos financeiros causados por perdas de produtos e interrupções na cadeia logística. Estudos indicam que até 30% dos defeitos em produtos manufaturados estão associados a falhas no controle de temperatura.

Apesar dessas exigências, muitas empresas ainda utilizam métodos manuais ou sistemas rudimentares para o controle dessas variáveis, tornando a resposta a problemas mais lenta e imprecisa. Além disso, a ausência de registros detalhados pode dificultar auditorias sanitárias e comprometer a rastreabilidade do produto ao longo da cadeia de distribuição.

Tela de um aparelho celular

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

*(Sensor de Controle de Temperatura Atualmente Utilizado, sem Integração IOT)*

Diante desse cenário, há uma necessidade crescente por soluções automatizadas e conectadas que permitam o monitoramento em tempo real das condições de transporte e armazenamento de carnes. Essas soluções garantem não apenas a segurança alimentar, mas também reduzem desperdícios, aumentam a eficiência operacional e asseguram conformidade com normas sanitárias.

## **Impacto Técnico-Econômico**

* Sistemas similares reduziram 18% das perdas na Friboi (2022).
* Custo de Não Conformidade: Cada desvio térmico gera R$ 5.000 em multas sanitárias.

O Brasil, líder global na exportação de carne bovina (25% do mercado mundial), enfrenta perdas anuais de 20% da produção devido a falhas na cadeia de frio, gerando prejuízos de R$ 1 bilhão/ano.

## **Dados Críticos**

* 15% das perdas ocorrem durante o transporte.
* A cada 5°C acima de 4°C, a taxa de crescimento de Salmonella dobra.
* Uma carga de 10 toneladas de carne perdida equivale a R$ 250.000 em prejuízos.

## **Exigências Regulatórias**

* Faixas Térmicas: Carnes frescas: -1°C a 4°C (RDC ANVISA 275/2002).
* Congelados: < -18°C (Ministério da saúde).

Além dos impactos financeiros e operacionais, esta solução também desempenha um papel fundamental na sustentabilidade. O desperdício de alimentos é um dos grandes desafios ambientais globais, contribuindo significativamente para a emissão de gases do efeito estufa.

Quando carnes são descartadas devido a problemas de armazenamento e transporte, não apenas há prejuízo econômico, mas também um impacto ambiental considerável, visto que toda a água, energia e insumos utilizados na produção desses alimentos são desperdiçados.

Além da forma de descarte muitas vezes por incineração e compostagem implementando um sistema eficiente de monitoramento, reduzimos a quantidade de produtos descartados, diminuímos a pegada de carbono do setor e contribuímos para uma cadeia de suprimentos mais sustentável e responsável.

## **Sustentabilidade**

* 4,5 toneladas de CO₂ são emitidas por tonelada de carne desperdiçada.
* Redução de 15 toneladas no consumo de água por tonelada de carne.

# **OBJETIVO**

O objetivo deste projeto é desenvolver uma solução baseada em Internet das Coisas (IoT) para o monitoramento contínuo da temperatura durante o transporte de carnes.

A solução permitirá a coleta de dados em tempo real por meio de sensores, dessa forma, o projeto visa contribuir para a segurança alimentar, reduzir prejuízos financeiros e facilitar a conformidade com as normas sanitárias, ao mesmo tempo em que melhora a eficiência do setor de distribuição de carnes. Desenvolver um sistema IoT para:

* Monitoramento em tempo real com medições a cada 2 minutos e latência máxima de 1 minuto para alertas.
* Integral Tempo-Temperatura (TTI): Cálculo automático da degradação térmica acumulada.
* Redução de 25% no tempo de resposta a incidentes comparado a métodos manuais. Funcionalidades-Chave:
* Alertas via push notifications para desvios (> 4Cº, > 7°C, < -9°C) Dashboard web com gráficos interativos e relatórios de conformidade.
* Armazenamento de dados.

Este projeto surge como uma resposta direta a esses problemas. Ao desenvolver uma solução de monitoramento em tempo real para temperatura, com alertas imediatos e acompanhamento detalhado por meio de relatórios históricos, buscamos evitar falhas no controle que poderiam resultar em contaminações, prejuízos financeiros e danos à reputação das empresas.

# **JUSTIFICATIVA**

## **Impacto Técnico-Econômico**

* Sistema reduzira em 10% das perdas. Que equivale a 250 Mil reais anualmente a cada 100 toneladas
* Custo de Não Conformidade: alerta antes de ocorrer uma não conformidade evitando assim os R$ 5.000 em multas sanitárias por desvio térmico gerado.

Portanto, a implementação dessa solução tem um impacto direto e positivo, não apenas no aumento da eficiência operacional e na redução de custos, mas também na preservação da saúde pública e no fortalecimento da confiança do consumidor.

Ao prevenir danos, melhorar o controle logístico e garantir a conformidade com as normas de segurança alimentar, o projeto representa uma inovação essencial para o setor.

* Investir nessa solução não é apenas uma escolha inteligente;

Sendo uma medida essencial para garantir a competitividade no mercado, aumentar a eficiência operacional e proteger o seu negócio contra riscos financeiros e legais. A adoção desta tecnologia posiciona sua empresa como uma líder em qualidade e segurança, oferecendo um diferencial competitivo que pode ser decisivo na escolha de seus clientes e parceiros comerciais.

# **ESCOPO**

## **Arquitetura do Sistema**

* Sensores → Arduino (Serial) → API REST (Node.js) → MYSQL → Dashboard (HTML e CSS)

## **Especificações Técnicas**

|  |  |
| --- | --- |
| Componente | Detalhes |
| Sensores | LM35 (-55°C a +150°C) |
| Hardware | Arduino Uno |
| Software | Pentest Anual (ISO 27001) (Desejável) |

## 

## **Critérios de Aceitação**

* Suporte a 5 dispositivos IoT simultâneos.
* Uptime de 99% em ambiente produtivo.

## **Alertas e Monitoramento**

O sistema enviará alertas seguindo os níveis:

* **Nível 1:** Desvio de Temperatura (Abaixo da Temperatura Padrão)
* **Nível 2:** Desvio de Temperatura (Acima da Temperatura Padrão)
* **Nível 3:** Alerta Crítico (No caso de Temperatura Muito Acima)

A Dashboard irá exibir os alertas à nível de desvio de conformidade da cadeia fria, o objetivo é o envio com o intervalo de 2 minutos e diferenciar cada nível por uma cor específica, facilitando o entendimento aos indivíduos que realizarão o transporte.

Os alertas são gerados por um diagnóstico através dos dados coletados pelo sensor LM35 e parâmetros estipulados pela equipe desenvolvedora.

## **Detalhamento e Estrutura Funcional do Sistema**

Sobre o detalhamento sobre as funcionalidades do Sistema às empresas:

|  |  |
| --- | --- |
| **Tarefa Nº** | **Descrição** |
| 1. Captura de Dados pelo Sensor | O sensor LM35 coleta os dados em tempo real dentro da cadeia de frio no veículo de transporte |
| 1. Integração do Arduino | Placa Arduino Uno recebe os dados coletados e transmite conforme o estipulado via código |
| 1. Transmissão pela IDE | O Software Arduino IDE recebe os dados da Placa Arduino Uno e através de uma API, transmite à Dashboard |
| 1. Envio de Dados via API | API responsável pelo envio dos dados |
| 1. Armazenamento de Dados | Base de Dados em MySQL responsável por receber os dados coletados e armazenar no sistema |
| 1. API para Dashboard | API responsável pelo envio dos dados |
| 1. Registro de Sensores | Conexão estabelecida pela empresa, para registrar os sensores integrados em cada transportador |
| 1. Exibição na Dashboard | Dados exibidos na Dashboard via Gráficos, filtrando de acordo através de alertas e indicadores |
| 1. Monitoramento de Alertas | Monitoramento e Gestão de Alertas |
| 1. Filtragem de Dados | Filtragem de Dados para Exibição coesa na Dashboard, como uma segunda camada à Base de Dados |

## **Cronograma Detalhado**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Sprint** | **Duração** | **Entregáveis** |
| 1ª Sprint | 4 Semanas | Projeto criado e configurado no GitHub  Documento de Contexto de Negócio e Justificativa do Projeto Visão de Negócio (Diagrama)  Protótipo do Site Institucional  Tela de simulador financeiro  Ferramenta de Gestão de Projeto configurada  Requisitos populados na ferramenta  Tabelas criadas no MySQL  Instalação e Configuração IDE Arduíno |
| 2ª Sprint | 4 Semanas | GitHub e Documentação Atualizados  Planilha de Riscos  Especificação da Dashboard  Site Institucional Programado  Dashboard Programada  Cadastro e Login Programados  Diagrama de Solução  Ferramenta Trello Atualizada  Backlog da Sprint  Modelagem Lógica  Script de Criação  Simular Sensor + Gráfico  Usar API Local  Colocar Arquino e MySQL na VM  Validar Solução Técnica |
| 3ª Sprint | 4 Semanas |  |

## **Critérios de Sucesso**

* KPIs Mensuráveis (Indicador Chave Desempenho):
* Redução de 30% nos alertas críticos em 3 meses.
* Tempo médio de resposta: ≤ 5 minutos.
* Conformidade com 100% das normas ANVISA/MAPA.

# **SITE INSTITUCIONAL**

(Ainda Não Selecionado)

# **DASHBOARD**

(Ainda Não Selecionada)

# **STAKEHOLDERS**

|  |  |
| --- | --- |
| **Stakeholder** | **Função** |
| Empresa de Transporte | Obedecer às normas de qualidade |
| ANVISA | Validar conformidade com RDC 275/2002 |
| Equipe de TI | Garantir Estabilidade da Aplicação |

## **TECNOLOGIAS UTILIZADAS**

* IoT: Arduino IDE.
* Web: HTML, CSS, Node.js.
* Segurança: Criptografia.
* Ferramentas: Figma, Trello

# **PREMISSAS E RESTRIÇÕES**

**Premissas**

* Disponibilidade de Equipamentos: A solução será baseada no uso do sensor LM35 para medir a temperatura. Também será considerado o uso de um sensor adicional para medir temperaturas negativas, se necessário.
* Conectividade do Sistema: O sistema de IoT será capaz de se conectar à rede local ou à nuvem para garantir que os dados sejam transferidos em tempo real para a plataforma de monitoramento.
* Infraestrutura de Notificação: Será possível configurar e enviar alertas por e-mail ou push notifications de forma eficaz quando a temperatura ultrapassarem ou estarem abaixo dos limites definidos.
* Sensores: Sensores calibrados conforme ISO/IEC 17025 (termômetros NIST-traceable).
* Dados: Dados anonimizados seguindo LGPD Art. 5º.
* Local: A equipamento deve ser colocado no suporte adequado para o micro. Onde irá necessitar de internet e o suporte para os sensores.
* Estabilidade da Rede: A estabilidade da rede de comunicação entre os dispositivos IoT e o banco de dados é uma restrição, pois problemas de conectividade podem afetar a coleta e armazenamento de dados em tempo real.

**Restrições**

* Prazo: 6 meses (alinhado ao calendário acadêmico).
* Caso algum item armazenado no transporte acabe se deslocando, é passível que ele atrapalhe a medição do sensor.

# **RISCOS**

**Recursos Humanos:**

* Atrasos de Integrantes da Equipe
* Ausência dos Integrantes na Aula
* Desligamento de Algum Integrante

**Organização:**

* Atrasos nas Entregas
* Falta de Sincronia entre a Equipe
* Falta de Comunicação entre a Equipe

**Ferramenta:**

* Disparidade Técnica entre os Membros
* Falta de Adaptação com Novas Ferramentas
* Integração entre Ferramentas

**Entregas:**

* Produtividade Ociosa

**Documentação:**

* Escopo Mal Definido
* Falha no Versionamento

**Externos:**

* Falha de Registros de Reuniões
* Falha de Recursos
* Falha Técnica

# **BACKLOG – SPRINT 2**

* Projetos atualizado no GitHub / Documentação do Projeto Atualizada (Importante)
* Planilha de Riscos do Projeto (Essencial)
* Especificação da DashBoard (Importante)
* Site Estático Institucional – Local em HTML/CSS/JavaScript (Essencial)
* Site Estático DashBoard (Gráfico com ChartJS) - Local (Essencial)
* Site Estático Cadastro e Login – Local (Essencial)
* Diagrama de Solução (Essencial)
* Ferramenta de Gestão (Trello) atualizada (Importante)
* Backlog da Sprint (Essencial)
* Modelagem Lógica do Projeto v1 (Essencial)
* Script de Criação do Banco de Dados / Tabelas Criadas em BD local (Importante)
* Simulação da Integração do Sistema (Utilização do Sensor + Gráfico) (Essencial)
* Usar API local / Sensor (Importante)
* Instalação do MySQL na VMLinux e Inserção de dados no Arduino no MySQL na mesma máquina (Essencial)
* Validação de Solução Técnica (Importante)

# **RESULTADOS ESPERADOS**

Com a implementação do Sistema Sentinela, com gestão de temperatura através da utilização do sensor LM35, os resultados ligados ao meio, tanto para a empresa fornecedora da carne, quanto para sua respectiva transportadora, sendo os resultados estimados:

* Redução de 30% nos alertas críticos em até 3 meses, a partir da automatização da coleta e do envio de dados em tempo real, trazendo respostas ágeis de alertas para tomar as medidas cabíveis antes da degradação da carne.
* Diminuição de 10% nas perdas anuais de cargas, o que representa uma economia estimada de até R$ 250.000,00 por ano a cada 100 toneladas transportadas, considerando perdas anteriores por falhas térmicas.
* Redução do tempo médio de resposta para incidentes para até 5 minutos, em comparação a sistemas manuais que demandam horas ou até dias para detecção e resposta.
* Conformidade com 100% das normas sanitárias da ANVISA e MAPA, por meio da manutenção das faixas térmicas estipuladas:
* Carnes resfriadas: entre -1°C e 4°C (RDC ANVISA 275/2002);
* Carnes congeladas: inferior a -18°C.
* Monitoramento contínuo com intervalos de leitura a cada 2 minutos e alertas emitidos com latência máxima de 1 minuto, garantindo confiabilidade na detecção de desvios térmicos.
* Contribuição para a sustentabilidade, com redução de desperdício de alimentos, minimização da pegada de carbono (redução de 4,5 toneladas de CO₂ por tonelada de carne não descartada) e menor consumo de recursos naturais como água e energia.

# **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

<https://www.fao.org/home/en/>

<https://www.gov.br/anvisa/pt-br>

<https://www.jbs.com.br/>

<https://www.abiec.com.br/>

<https://www.sciencedirect.com/journal/food-microbiology>

<https://www.embrapa.br/>

<https://www.abrafrigo.com.br/>

<https://www.usda.gov/>

<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/235770/001135812.pdf>

<https://blog.daryus.com.br/seguranca-da-informacao-e-iso-27001/>