

INSTITUTO DE TECNOLOGIA SÃO PAULO TECH SCHOOL

**SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE TEMPERATURA EM
BOLSAS DE SANGUE: ICE BLOOD**

ARTHUR BISPO DOS SANTOS (01252080)

CARLOS TEVEZ ROSSETO SOARES (01252070)

LUCAS CIRIACO BORBA (01252132)

MATEUS QUEIROZ DO NASCIMENTO (01252125)

VINICIUS YUDI OKAMOTO (01252124)

São Paulo

2025

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE TEMPERATURA EM BOLSAS DE SANGUE: ICE BLOOD

ARTHUR BISPO DOS SANTOS (01252080)

CARLOS TEVEZ ROSSETO SOARES (01252070)

LUCAS CIRIACO BORBA (01252132)

MATEUS QUEIROZ DO NASCIMENTO (01252125)

VINICIUS YUDI OKAMOTO (01252124)

Trabalho de apresentação de Sprint
apresentado ao Curso Tecnólogo em
Análise e Desenvolvimento de
Sistemas da São Paulo Tech School
como requisito parcial para obtenção
de conhecimento e finalidade em
nosso projeto.

São Paulo

2025

RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento de uma aplicação web de gerenciamento em temperaturas de bolsas de sangue, destinado a facilitar o monitoramento e reduzir perdas significativas. A aplicação utiliza tecnologias com sensores de temperatura e dashboard para permitir aos clientes gráficos em tempo real, históricos e acesso aos dados obtidos. Facilitando, desta forma, a compreensão de perdas, desvantagens e realizando ações para prevenir estes acontecimentos.

Palavras-chave: Aplicação web, redução, monitoramento, bolsas de sangue, sensores, dashboard.

ABSTRACT

This paper describes the development of a web application for managing blood bag temperatures, designed to facilitate monitoring and reduce significant losses. The application utilizes temperature sensor and dashboard technologies to provide customers with real-time and historical graphs and access to the collected data. This facilitates understanding of losses and disadvantages, and the implementation of actions to prevent these occurrences.

Keywords: Web application, reduction, monitoring, blood bags, sensors, dashboard.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
2.1. Contexto.....	6
2.2. Objetivo.....	7
2.3. Justificativa	8
2.4. Diagrama de visão de negócio.....	9
3 ESCOPO	10
3.1. Requisitos	10
3.2. Premissas	10
3.3. Restrições	10
3.4 Diagrama Técnico.....	11
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	12
REFERÊNCIAS	13

1. INTRODUÇÃO

O projeto visa desenvolver uma solução tecnológica para preservar bolsas de sangue, reduzindo perdas causadas por falhas técnicas e variações de temperatura. A proposta integra sensores, garantindo que o sangue seja mantido dentro da faixa ideal de conservação. Com isso, busca-se reduzir descartes evitáveis, aumentar a confiabilidade dos estoques hospitalares e reforçar a segurança transfusional, especialmente em períodos de baixa doação ou em hospitais de alta complexidade.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. CONTEXTO

O Brasil realiza anualmente cerca de 3,3 milhões de doações de sangue, um recurso essencial para o Sistema Único de Saúde (SUS), utilizado em procedimentos cirúrgicos, tratamentos de câncer, atendimento a vítimas de acidentes, emergências obstétricas e pacientes com doenças crônicas que necessitam de transfusões regulares. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), apesar da quantidade expressiva de doações, estima-se que 10% a 20% das bolsas sejam descartadas devido a falhas de conservação ou contaminação, principalmente relacionadas à manutenção inadequada da cadeia de frio. Considerando que o custo médio de uma bolsa de sangue é de aproximadamente R\$ 500,00, o descarte anual pode gerar prejuízos financeiros entre R\$ 165 milhões e R\$ 330 milhões, recursos que poderiam ser aplicados diretamente na melhoria da assistência à população e na expansão da capacidade de atendimento do SUS.

A necessidade de sangue no país é expressiva. Aproximadamente 16% da população brasileira doa sangue regularmente, e apenas 1,8% realizam doações de forma contínua. Essa baixa taxa de doação resulta em estoques frágeis, especialmente em períodos de alta demanda, como festas de fim de ano ou surtos de acidentes. Em São Paulo, por exemplo, foram coletadas 789 mil bolsas em 2024, atendendo a hospitais de grande porte, mas ainda insuficientes diante da necessidade real, considerando que uma média de 2 a 3 bolsas pode ser necessária para cada procedimento cirúrgico complexo ou transfusão de pacientes crônicos.

As perdas por falhas de conservação variam entre os diferentes hemocomponentes, o sangue é altamente sensível a variações de temperatura e deve ser armazenado entre 2 °C e 6 °C. Pequenos desvios dessas faixas podem comprometer a qualidade do material, tornando-o impróprio para transfusão e aumentando o risco de contaminação. Apesar das normas da Anvisa, como a RDC 34/2014, que estabelecem padrões de armazenamento e transporte, muitos hospitais e hemocentros ainda dependem de monitoramento manual ou sistemas não automatizados, o que deixa vulnerável a integridade das bolsas de sangue e a segurança dos pacientes.

A pesquisa “Impact of a Temperature-Monitored Blood Bank Supply Chain on Reducing Blood Wastage”, publicada em 2025 pela revista científica *Cureus*, realizada ao longo de dois anos, envolvendo ciclos de seis meses, implementou uma cadeia de suprimento de sangue monitorada desde a coleta até a entrega, constatando uma redução de até 68% no desperdício de bolsas por falhas de conservação. Outro levantamento realizado pela Oxford Academic, que fornece uma faixa estimada de unidades desperdiçadas em hospitais nos Estados Unidos, identificou que o armazenamento inadequado de sangue resultava no desperdício de até 1 milhão de unidades por ano, com perdas financeiras estimadas em até US\$ 230 milhões. A implementação de sistemas de monitoramento em tempo real, como sensores e indicadores automáticos de temperatura, demonstrou reduzir significativamente esses descartes, aumentando a segurança transfusional e garantindo maior eficiência na gestão dos estoques de sangue.

As soluções de monitoramento em tempo real não são apenas ferramentas técnicas, mas instrumentos estratégicos de gestão pública, capazes de assegurar que os recursos sejam utilizados com máxima eficiência e que a população tenha acesso seguro e contínuo a transfusões quando necessário.

2.2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é desenvolver e propor uma solução tecnológica capaz de garantir a preservação segura das bolsas de sangue, minimizando perdas que ocorrem devido às falhas técnicas e variações de temperatura. Busca-se, por meio do uso de sensores de temperatura, assegurar que o sangue seja mantido dentro da faixa ideal de conservação, contribuindo para a eficiência dos estoques hospitalares e, consequentemente, para a continuidade e segurança do atendimento a pacientes que dependem de transfusões.

2.3. JUSTIFICATIVA

O monitoramento adequado e conservação de bolsas de sangue doadas enfrentam um desafio crítico no Brasil e no mundo, considerando que apenas 1,8% da população brasileira realiza doações regulares, o que acaba gerando estoques frágeis, especialmente em períodos de alta demanda. Apesar do Brasil coletar cerca de 3,3 milhões de bolsas anualmente, aproximadamente 10% a 20% dessas unidades são descartadas devido a falhas na conservação ou contaminação, resultando em perdas significativas no estoque de bolsas e principalmente perdas financeiras, que podem chegar até R\$ 330 milhões por ano.

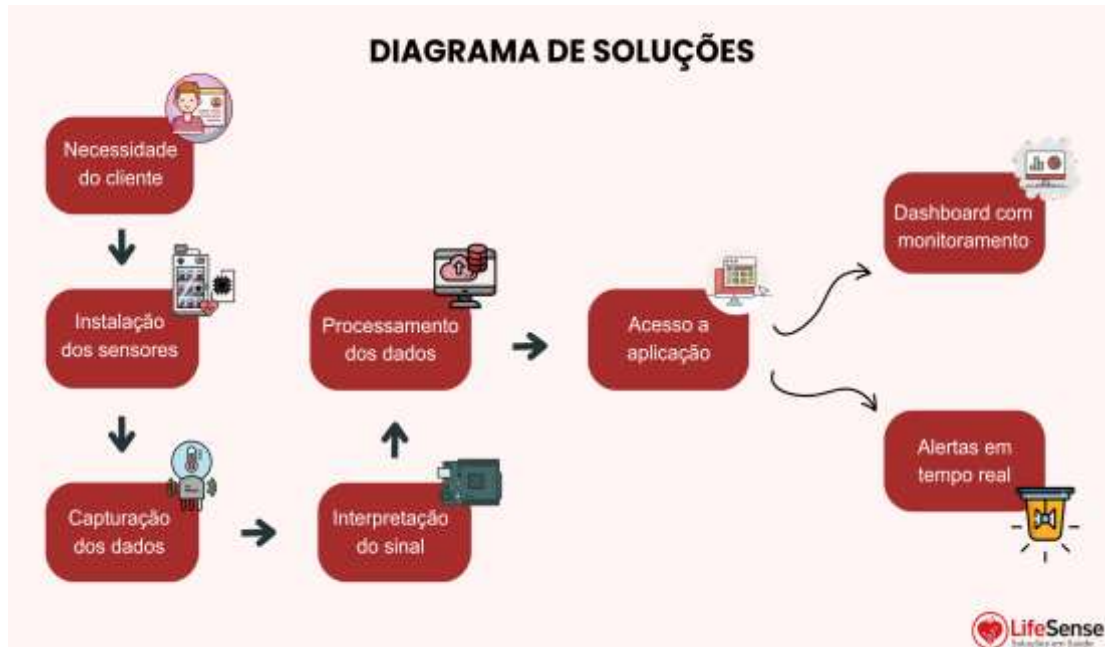
A sensibilidade dos diferentes hemocomponentes às variações de temperatura — sangue total entre 2 °C e 6 °C, plaquetas entre 20 °C e 24 °C com agitação constante e plasma congelado a -18 °C ou menos — reforça a necessidade de sistemas de monitoramento automatizados, que sejam de fato eficazes, pois pequenos desvios podem comprometer a qualidade do material, colocando em risco a segurança transfusional dos pacientes. Apesar das normas da Anvisa (RDC 34/2014), muitos hospitais e hemocentros ainda dependem de monitoramento manual ou sistemas não automatizados, o que aumenta os riscos de contaminação e pode levar à perda das bolsas de sangue.

O estudo “Impact of a Temperature-Monitored Blood Bank Supply Chain on Reducing Blood Wastage”, publicada em 2025 pela revista científica *Cureus*, evidenciou uma redução de até 68% no desperdício de bolsas, enquanto levantamentos nos Estados Unidos estimam que a falta de monitoramento adequado pode gerar perdas de até 1 milhão de unidades por ano. Esses dados indicam que tecnologias de monitoramento contínuo não apenas aumentam a eficiência logística e reduzem prejuízos financeiros, como também garantem maior segurança para os pacientes e otimização dos recursos públicos.

Dessa forma, é de suma importância desenvolver e implementar soluções automatizadas para o monitoramento da temperatura das bolsas de sangue, tanto do ponto de vista econômico quanto da gestão em saúde pública,

assegurando o fornecimento contínuo e seguro de transfusões sanguíneas de alta qualidade à população.

2.4. DIAGRAMA DE VISÃO DE NEGÓCIOS



A partir da necessidade do cliente, os sensores são instalados nas camaras de sangue, os dados captados pelos sensores são interpretados pelo arduino, processados e posteriormente mandados para uma aplicação web que disponibilizará uma dashboard para o monitoramento da temperatura com alertas em tempo real.

3. ESCOPO

3.1. REQUISITOS

REQUISITOS		
Título	Descrição	Prioridade
Monitoramento Contínuo	Monitorar continuamente a temperatura das câmaras de sangue.	Essencial
Armazenamento de Dados	Registrar e armazenar os dados de temperatura em banco de dados.	Essencial
Alertas Automáticos	Emitir alertas automáticos (via web/app e e-mail) quando a temperatura sair da faixa ideal.	Essencial
Gráficos em Tempo Real	Exibir gráficos em tempo real com as variações de temperatura.	Importante
Histórico de Registros	Permitir visualização de histórico de registros (diário, semanal, mensal).	Importante
Gestão de Usuários	Permitir login de usuários com perfis distintos (administrador, técnico, responsável hospitalar).	Essencial
Exportação de Relatórios	Possibilitar exportação de relatórios em PDF/Excel.	Desejável
Integração com Sensores	Receber automaticamente dados dos sensores sem intervenção manual.	Essencial
Cadastro de Câmaras	Cadastrar câmaras de sangue e associar sensores a cada uma delas.	Importante
Logs de Incidentes	Registrar logs de incidentes (falhas, alertas, manutenções realizadas).	Desejável
Alta Disponibilidade	Garantir alta disponibilidade, operação 24/7.	Essencial
Escalabilidade	Utilizar arquitetura escalável, suportando múltiplos hospitais.	Essencial
Desempenho Rápido	Exibir dados e alertas em até 3 segundos de resposta.	Essencial
Armazenamento Histórico	Armazenar pelo menos 5 anos de registros históricos.	Importante
Acessibilidade Multiplataforma	Ser acessível em navegadores modernos e responsivo para dispositivos móveis.	Essencial
Conformidade Regulatória	Estar em conformidade com a RDC 34/2014 da Anvisa e normas de armazenamento.	Essencial
Segurança de Dados	Criptografar dados sensíveis em trânsito e em repouso.	Essencial
Precisão dos Sensores	Sensores devem possuir precisão mínima de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.	Essencial
Baixo Custo	Ter baixo custo de implementação e manutenção.	Importante
Interface Intuitiva	Possuir interface amigável e intuitiva para uso hospitalar.	Importante

3.2. PREMISSAS

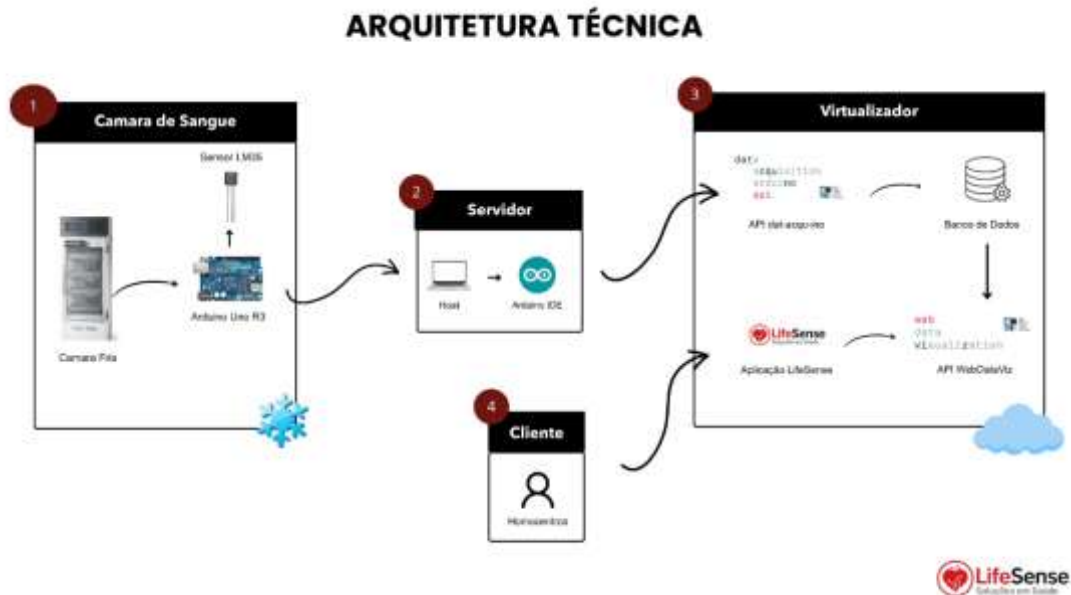
- Disponibilidade de doações de sangue: Assume-se que haverá fluxo contínuo de doações, embora limitado e sujeito a variações sazonais, como inverno, férias escolares e grandes eventos.
- Infraestrutura mínima existente: Hospitais possuem equipamentos de refrigeração.
- Funcionamento de sensores: Os sensores de temperatura terão precisão suficiente para monitorar a temperatura ideal das bolsas de sangue (2°C a 6°C , 20 a 24°C e -18°C).
- Conformidade regulatória: Todos os testes sorológicos e normas de armazenamento e transporte de sangue serão respeitados.

3.3. RESTRIÇÕES

- Limite de validade dos hemocomponentes: Sangue total e hemácias têm prazo de 42 dias; plaquetas, apenas 5 dias.
- Capacidade de armazenamento existente: O sistema precisa operar dentro da infraestrutura física disponível nos hospitais, sem exigir grandes reformas.
- Orçamento limitado: Solução deve ser de baixo custo, acessível e escalável, evitando investimentos altos em equipamentos.

- Regulamentação e segurança: O projeto deve respeitar normas de segurança elétrica, protocolos hospitalares e requisitos legais para armazenamento de sangue.

3.4. DIAGRAMA DE SOLUÇÃO TÉCNICA



Um sensor em uma câmara de sangue envia dados de temperatura para o Arduino, que passa a informação para um servidor local. O servidor envia os dados para um ambiente virtualizado que serão tratados pela API dat-acqu-ino e logo após são armazenados em um banco de dados. Por fim, uma aplicação web acessa esses dados e os exibe em um gráfico para que os clientes possam visualizar os dados de forma clara e em tempo real.

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de soluções tecnológicas para o monitoramento contínuo da temperatura das câmaras de sangue. A adoção de sensores conectados a sistemas digitais permite registrar automaticamente as condições ambientais, emitir alertas em tempo real em caso de desvios, armazenar históricos e gerar relatórios auditáveis para fins de conformidade regulatória. A implementação de tal sistema reduz o descarte de bolsas por falhas de conservação, representando uma economia potencial de mais de R\$ 100 milhões por ano para o SUS, também garantindo a segurança e a disponibilidade dos estoques em momentos críticos.

Além do impacto financeiro, a tecnologia fortalece a gestão dos hemocentros e hospitais, otimizando recursos humanos e operacionais, promovendo manutenção preventiva eficiente e aumentando a confiança da população e dos doadores no sistema de saúde. Cada bolsa de sangue representa não apenas um investimento monetário, mas também a possibilidade concreta de salvar vidas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Mais de 789 mil bolsas de sangue foram coletadas em São Paulo em 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias-para-os-estados/sao-paulo/2025/junho/mais-de-789-mil-bolsas-de-sangue-foram-coletadas-no-sao-paulo-em-2024>. Acesso em: 17 set. 2025.

AGÊNCIA CIDADES. Apenas 16% da população brasileira doa sangue. Disponível em: <https://www.agenciacidades.com.br/reportagens/apenas-16-da-populacao-brasileira-doa-sangue/309/>. Acesso em: 17 set. 2025.

UAI. Brasil descarta doações de sangue por falhas de conservação e contaminação. Disponível em: <https://www.uai.com.br/app/noticia/mundo-corporativo/2024/08/01/noticia-mundo-corporativo%2C342755/brasil-descarta-doacoes-de-sangue-por-falhas-de-conservacao-e-contaminacao.shtml>. Acesso em: 17 set. 2025.

SEGS. Brasil descarta até 20% das doações de sangue por falhas de conservação ou contaminação. Disponível em: <https://www.segs.com.br/saude/402624-brasil-descarta-ate-20-das-doacoes-de-sangue-por-falhas-de-conservacao-ou-contaminacao>. Acesso em: 17 set. 2025.

HEMOCENTRO. Hemocentro na TV. Disponível em: https://www.hemocentro.org.br/principal.asp?edoc=conteudo&lstrod=0&secao_id=418. Acesso em: 17 set. 2025.

SPOTSEE. Blood Bag Indicators and Activators. Disponível em: https://shop.spotsee.io/temperature_indicators/blood_indicators. Acesso em: 17 set. 2025.

SPOTSEE. HemoTemp II: A Valuable Tool. Disponível em: https://spotsee.io/blog/hemo-temp-ii/?srsltid=AfmBOoqDQBudqv95fs_laB7twZ4dnp4UoP90xoLPQ3GyyqfmRIUv6gKo. Acesso em: 17 set. 2025.

RESEARCHGATE. Impact of a Temperature-Monitored Blood Transfusion Network on Reducing Blood Wastage. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/394250198_Impact_of_a_Temperature-Monitored_Blood_Transfusion_Network_on_Reducing_Blood_Wastage. Acesso em: 17 set. 2025.