

DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO INOVADOR PARA ARMAZENAR E TRANSPORTAR LEITE MATERNO DE FORMA SEGURA

Dawilkysen Marques Guimarães Oliveira¹, Gabriel Brumatti Duarte², Geovanna Parreira dos Santos³, Hanna dos Santos da Rocha⁴, Lislen Cristina Santos Gouveia⁵, Maria Eduarda Silva Gomes⁶, Arthur Monteiro Filho⁷, Paulo Victor Toso Helker⁸

Engenharias

Introdução e Objetivo

O aleitamento materno é amplamente reconhecido como a prática ideal para a saúde infantil, sendo fundamental para o desenvolvimento cognitivo, imunológico e emocional da criança e para a saúde da mãe (MELO et al., 2020; SOUZA et al., 2023). Apesar de seus benefícios, as taxas de amamentação exclusiva ainda estão aquém do recomendado. A meta da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do UNICEF era atingir 70% de bebês em aleitamento exclusivo até 2023, mas o índice global em 2019 era de apenas 41% (OMS, 2019).

Nesse cenário, o retorno da mulher ao mercado de trabalho é um dos principais fatores para o desmame precoce. A falta de infraestrutura adequada nos ambientes laborais para a extração e o armazenamento seguro do leite materno deixa as mães sem suporte para manter essa prática (FERNANDES et al., 2016; ALMEIDA et al., 2022).

Essa barreira transcende a saúde materno-infantil, gerando impactos socioeconômicos, como o reforço da desigualdade de gênero (SOUZA et al., 2023), e ambientais, ao ir na contramão de práticas de sustentabilidade (OPAS/OMS, 2019). Assim, apoiar a amamentação contribui

¹ Graduando em Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, dawilkysenmarques@gmail.com;

² Estudante do Curso Técnico em Eletrotécnica, Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, gabrielbrumatti31415@gmail.com;

³ Estudante do Curso Técnico em Mecânica, Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, santosparreira015@gmail.com;

⁴ Estudante do Curso Técnico em Mecânica, Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, hannadossantosdarocha@gmail.com;

⁵ Graduanda em Engenharia Elétrica, Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, lislenc206@gmail.com;

⁶ Estudante do Curso Técnico em Mecânica, Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, marimaria.ifes@gmail.com;

⁷ Mestre em Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, arthur.monteiro@ifes.edu.br;

⁸ Mestre em Engenharia Mecânica, Instituto Federal do Espírito Santo - IFES, paulo.helker@ifes.edu.br.

para múltiplos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), ODS 5 (Igualdade de Gênero) e ODS 8 (Trabalho Decente).

Diante do exposto, o presente projeto visa desenvolver um dispositivo portátil e de baixo custo que permita o armazenamento seguro do leite materno durante a jornada de trabalho. O equipamento empregará tecnologia de refrigeração termoeletrica para manter a temperatura de conservação ideal, preservando as propriedades do leite e viabilizando seu transporte. Dessa forma, a proposta busca oferecer uma solução tecnológica e acessível para apoiar a continuidade da amamentação, alinhada às recomendações da OMS.

Método e Metodologia

O desenvolvimento do protótipo iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica sobre a conservação do leite humano e tecnologias de refrigeração acessíveis. Esta etapa fundamentou o projeto preliminar e a seleção dos componentes eletrônicos e mecânicos. A meta de desempenho do dispositivo é atingir e manter a temperatura de 4 °C, em conformidade com as recomendações de agências internacionais de saúde para o armazenamento seguro (CDC, 2025).

Projetado para ser portátil, o protótipo possui dimensões externas de 14 x 15 x 20 cm e um volume interno de 3,36 litros. A montagem experimental de seu sistema de refrigeração (Figura 1) está em andamento, empregando componentes como um microcontrolador Arduino, sensor de temperatura DS18B20, células Peltier 12 V, um sistema de dissipação de calor com cooler duplo e um display OLED para monitoramento.



Figura 1 - Montagem experimental do protótipo.

Fonte: Autores.

Como próximos passos, serão realizados testes de desempenho térmico para avaliar a eficiência do resfriamento e a manutenção da qualidade do leite materno durante o período de armazenamento. Tais testes permitirão validar os parâmetros definidos no projeto e ajustar eventuais aspectos técnicos, a fim de garantir que o equipamento atenda às necessidades identificadas.

Discussão e Resultados

Para a construção da estrutura externa do dispositivo, optou-se pela impressão 3D, visando minimizar problemas de vedação e garantir um isolamento térmico eficaz. O revestimento interno do dispositivo foi realizado com isopor, para garantir a manutenção da temperatura, conforme Figura 2.

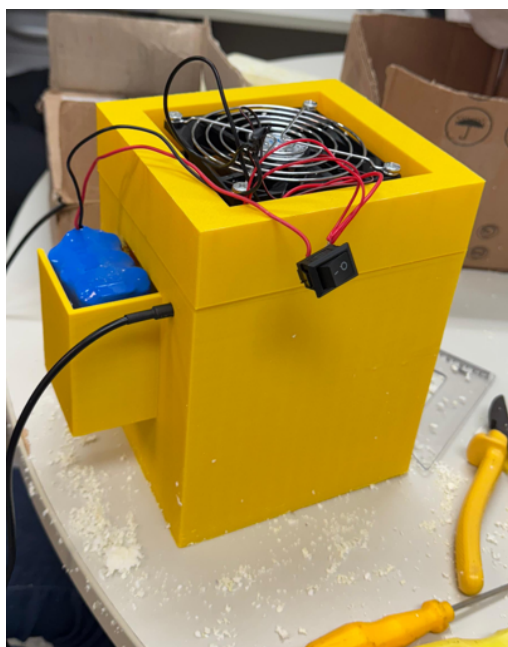


Figura 2 - Isopor utilizado na parte interna do dispositivo.

Fonte: Autores.

Com a estrutura física montada e devidamente isolada (Fig. 3a), a etapa seguinte focou na implementação e validação do sistema de monitoramento e controle. Este sistema, gerenciado por um microcontrolador Arduino, utiliza um sensor de temperatura de precisão para aferir as condições no compartimento interno. A funcionalidade deste sistema de medição foi testada, realizando medições de temperatura no espaço interno do dispositivo, conforme Figura 3b. Durante este ensaio, o sistema registrou a temperatura mínima de 5,94 °C no interior do protótipo. Embora este resultado demonstra a funcionalidade do sistema em reduzir a temperatura interna, ele ainda se encontra 1,94 °C acima da meta de 4 °C, recomendada para a conservação ideal do leite materno. Esta diferença é esperada para a fase atual do projeto, que

ainda não conta com a plena integração e o controle otimizado do sistema de refrigeração termoeletrônico (célula Peltier). As próximas etapas do desenvolvimento consistem na implementação de um controle preciso deste módulo, o que permitirá superar essa limitação e alcançar a temperatura alvo.



(a)

```
20:53:12.825 -> A temperatura para o dispositivo é:6.06
20:53:13.016 -> Analisando Temperatura...OK
20:53:15.214 -> A temperatura para o dispositivo é:6.00
20:53:15.405 -> Analisando Temperatura...OK
20:53:17.599 -> A temperatura para o dispositivo é:6.00
20:53:17.790 -> Analisando Temperatura...OK
20:53:19.985 -> A temperatura para o dispositivo é:6.00
20:53:20.175 -> Analisando Temperatura...OK
20:53:22.372 -> A temperatura para o dispositivo é:5.94
20:53:22.563 -> Analisando Temperatura...OK
20:53:24.757 -> A temperatura para o dispositivo é:5.94
20:53:24.948 -> Analisando Temperatura...OK
20:53:27.187 -> A temperatura para o dispositivo é:5.94
20:53:27.339 -> Analisando Temperatura...OK
20:53:29.568 -> A temperatura para o dispositivo é:5.94
20:53:29.758 -> Analisando Temperatura...OK
20:53:31.956 -> A temperatura pa.Inicializando....
20:53:56.197 -> Analisando Temperatura...OK
20:53:58.392 -> A temperatura para o dispositivo é:5.94
20:53:58.583 -> Analisando Temperatura...OK
20:54:00.765 -> A temperatura para o dispositivo é:5.94
20:54:01.003 -> Analisando Temperatura...OK
20:54:03.195 -> A temperatura para o dispositivo é:5.94
```

(b)

Figura 3 - (a) Protótipo de equipamento para resfriamento de leite materno, fabricado por impressão 3D; (b) Valores de temperatura obtidos durante o teste do protótipo.

Fonte: Autores.

O protótipo também inclui um visor para garantir a segurança e a praticidade. A sua função é operar como um sistema de notificação: o próprio dispositivo analisa se a temperatura está na faixa correta e gera um sinal de alerta ao usuário caso saia dos limites especificados pela literatura. Assim, o visor serve para a verificação do bom funcionamento e para o acompanhamento em caso de alguma falha no sistema.

Considerações Finais

O trabalho apresentado avança no sentido de desenvolver um dispositivo portátil e de baixo custo para o armazenamento seguro do leite materno, alinhado às recomendações da Organização Mundial da Saúde. Até o momento, foi possível realizar o levantamento bibliográfico, a definição conceitual do protótipo e a seleção dos principais componentes para implementação do sistema de refrigeração termoeletrônica. Os resultados preliminares são

promissores, demonstrando a capacidade do protótipo em atingir a temperatura de 5,94 °C, valor próximo ao ideal de 4 °C. Embora a meta ainda não tenha sido alcançada, o estudo estabelece uma base válida para o aprimoramento do sistema. As próximas etapas estão bem definidas e consistirão na integração do controle em malha fechada da célula Peltier, para atingir a temperatura alvo com estabilidade. Entre as principais dificuldades encontradas até aqui, destacam-se a necessidade de equilíbrio entre consumo energético, capacidade de resfriamento e portabilidade do dispositivo, além da busca por materiais que assegurem boas condições de higiene e segurança.

Referências

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). **Proper Storage and Preparation of Breast Milk**. Atlanta: CDC, 2025. Disponível em: <https://www.cdc.gov/>. Acesso em: 29 ago. 2025.

FERNANDES, T. et al. **Salas de apoio à amamentação e políticas de suporte para mães trabalhadoras**. Revista Brasileira de Enfermagem, 2016.

FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA (UNICEF); ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Meta global para amamentação exclusiva até 2023: desafios e estratégias**. Genebra: UNICEF/OMS, 2019.

KRONBAUER, G. **Desenvolvimento e análise de sistemas de refrigeração termoelétrica**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

MELO, A. L. et al. **Benefícios nutricionais e imunológicos do leite materno**. Revista de Nutrição e Saúde Infantil, 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Amamentação exclusiva: metas e desafios globais**. Genebra: OMS, 2019.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS); ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Práticas sustentáveis e o impacto da amamentação na saúde pública**. [S.l.]: Organização Pan-Americana da Saúde, 2019.

SALVAGNI, J. et al. **Perspectivas e desafios da amamentação em ambientes de trabalho**. Revista de Saúde e Sociedade, 2023.

SOUZA, M. L. et al. **Amamentação e desenvolvimento sustentável: uma abordagem prática**. Revista Brasileira de Saúde Pública, 2023a.

SOUZA, M. L. et al. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e práticas de amamentação**. Revista Brasileira de Saúde Pública, 2023b.