

PROJETO MAV: CONSTRUÇÃO DE UMA MÁQUINA DE DISTRIBUIÇÃO DE ABSORVENTES UTILIZANDO IMPRESSÃO 3D PARA COMBATE A POBREZA MENSTRUAL

Breno Morgan Modesto Sousa Silva¹, Fábio Timbó Brito², Raissa Sales Bastos³

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Maracanaú
Departamento da Indústria –Maracanaú – CE – Brazil

breno.morgan.modesto08@aluno.ifce.edu.br, fabio@ifce.edu.br,
raissa.sales.bastos61@aluno.ifce.edu.br

Abstract. *Menstrual poverty is a social issue that hinders access to essential hygiene products, such as sanitary pads. This article presents the development of the Automated Sanitary Pad Distribution Machine (MAV), an IoT solution that uses 3D printing to produce accessible components. The machine employs sensors, RFID, microcontrollers, and Wi-Fi/Ethernet connectivity for remote stock control and intelligent distribution. Tests validated its accuracy and efficiency, and its implementation at the Federal Institute of Education, Science, and Technology of Ceará demonstrated positive acceptance. The project offers an innovative and low-cost solution to combat menstrual poverty, with potential for replication in various locations.*

Resumo. *A pobreza menstrual é um problema social que dificulta o acesso a produtos de higiene essenciais, como absorventes. O presente artigo apresenta o desenvolvimento da Máquina de Absorventes Variados (MAV), uma solução IoT automatizada que utiliza impressão 3D para produzir componentes acessíveis. A máquina emprega sensores, RFID, microcontroladores e conectividade Wi-Fi/Ethernet para controle remoto de estoque e distribuição inteligente. Testes validaram sua precisão e eficiência, e sua implementação no Instituto Federal do Ceará demonstrou aceitação positiva. O projeto oferece uma solução inovadora e de baixo custo para combater a pobreza menstrual, com potencial para ser replicado em diversas localidades.*

1. Introdução

A impressão 3D tem se destacado como uma tecnologia inovadora, permitindo a criação de dispositivos personalizados e acessíveis em diversas áreas. Aliada à Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*), essa tecnologia possibilita soluções eficientes para problemas sociais facilitando o acesso a produtos essenciais e promovendo maior autonomia para os usuários. No contexto da engenharia e da automação, a impressão 3D permite a concepção de sistemas acessíveis e customizáveis, ampliando, assim, as possibilidades de desenvolvimento de dispositivos funcionais e sustentáveis [NETO *et al.* 2022].

Considerando a facilidade de construção de protótipos utilizando impressão 3D, pode-se utilizar esta tecnologia para diminuir barreiras tecnológicas e melhorar a vida das pessoas. Neste ponto, um dos desafios sociais presentes atualmente, a pobreza menstrual, se destaca como um problema urgente. Milhares de pessoas em situação de vulnerabilidade não têm acesso a absorventes, o que compromete sua dignidade, bem-estar e participação em atividades diárias [Patriota *et al.* 2023]. Nesse contexto, a construção de uma máquina automatizada, desenvolvida com peças impressas em 3D,

pode contribuir significativamente para a distribuição acessível desses produtos, reduzindo custos e permitindo maior flexibilidade no projeto e na manutenção do sistema.

Diante desse cenário, o Projeto MAV (Máquina de Absorventes Variados) propõe a utilização de peças feitas em impressão 3D com interface IoT para a criação de uma solução eficiente para a distribuição de absorventes de forma automática. A hipótese central desta pesquisa é que a utilização da impressão 3D na fabricação de componentes para construção de uma máquina automatizada de distribuição de absorventes permitindo aumentar a acessibilidade da solução e viabilizar sua implementação em ambientes estratégicos, como escolas e espaços públicos.

Os objetivos específicos desta pesquisa incluem projetar um sistema automatizado via *IoT* para a distribuição eficiente de absorventes. Desta forma, serve como ferramenta para mitigar a pobreza menstrual em consonância com a fabricação enxuta e flexível de peças internas por meio de impressão 3D.

2. Desenvolvimento

O Projeto MAV consiste no desenvolvimento de uma máquina capaz de realizar a distribuição automatizada de absorventes, promovendo maior acessibilidade e eficiência na disponibilização desses produtos essenciais. A concepção do projeto surgiu a partir da necessidade de oferecer uma solução inovadora para a distribuição de absorventes, especialmente em locais de grande circulação, como escolas, universidades, empresas e espaços públicos. A seguir são detalhadas as etapas principais: desenvolvimento eletroeletrônico, desenvolvimento mecânico e desenvolvimento do firmware.

2.1 Desenvolvimento eletroeletrônico

Para o funcionamento adequado da máquina de distribuição de absorventes, foi desenvolvido um circuito eletrônico capaz de controlar todo o processo. Para isso, foi projetada uma PCB, o software utilizado para o desenvolvimento da placa foi o EasyEDA, uma ferramenta de projeto eletrônico que permite a criação de PCBs e oferece diversas funcionalidades para o desenvolvimento de circuitos eletrônicos [EasyEDA, 2014].

A placa microcontrolada utilizada no projeto foi a WT32-ETH01, desenvolvida pela *Wireless-Tag*, é baseado no microcontrolador ESP32 que é um microcontrolador da *Espressif Systems* amplamente utilizado em projetos de IoT, automação e eletrônica embarcada [WT32-ETH01, 2024].

Para leitura dos cartões de cada usuário foi usado o módulo eletrônico RDM6300, um módulo leitor RFID (*Radio Frequency Identification*), tecnologia de identificação por radiofrequência que permite a transmissão de dados sem fio entre um leitor e um cartão RFID.

Para a função de detectar a liberação correta dos absorventes, foi usado o sensor E18-D80NK, um sensor reflexivo infravermelho. Esse sensor funciona emitindo luz infravermelha para detectar objetos ou obstáculos à sua frente.

Outro componente fundamental foi o motor de passo Nema 17HS4023, que se destaca pelo tamanho compacto e pela força de rotação adequada à necessidade do projeto. Este motor junto com o driver A4988, um driver amplamente utilizado para controlar motores de passo bipolares, foram responsáveis por fazer a movimentação da parte mecânica relacionado a liberação do absorvente.

Após a definição do circuito esquemático, deu-se início à etapa de criação do *layout* da PCB na plataforma EasyEDA. A placa montada após a usinagem pode ser vista na Figura 1.

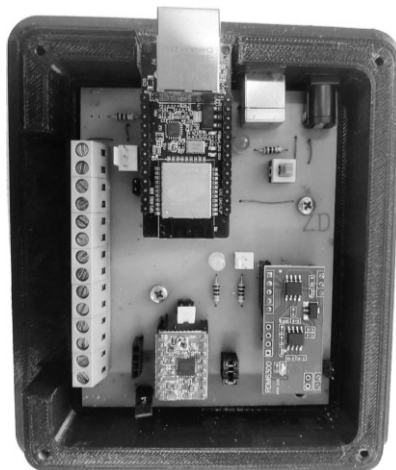


Figura 1 – Placa de acionamento da máquina MAV. Fonte: Autor

2.2 Desenvolvimento Mecânico

O componente principal da máquina é um disco móvel com aletas divisórias projetadas no software Fusion 360, fabricadas com impressão 3D e acrílico cortado a laser. Essas aletas armazenam os absorventes na máquina e garantem que apenas um absorvente será liberado por vez. A Figura 2 mostra o projeto do disco móvel da máquina MAV.



Figura 2 –Projeto no software Fusion 360 do disco móvel. Fonte: Autor

As Abas de sustentação são necessárias para permitir o deslocamento correto dos absorventes durante a operação da máquina em seu movimento rotativo. Estas abas são feitas de acrílico devido à baixa rugosidade deste material, mantendo os absorventes no disco e diminuindo o atrito. Foram moldadas por um processo que envolveu impressão 3D e aquecimento de chapas de acrílico através de um soprador térmico, permitindo uma conformação circular conforme mostrado na Figura 3.



Figura 3 – Conformação circular das abas de sustentação. Fonte: Autor

Para efetuar a transmissão de movimento circular existe um sistema de correia conectada ao motor de passo e disco rotativo por meio de uma peça impressa 3D, com um rolamento para garantir a rotação suave e sem atrito. A Figura 4 mostra o sistema de correia usado para transmitir movimento do motor de passo ao disco rotativo.



Figura 4 – Acoplamento do motor ao disco rotativo real. Fonte: Autor

A última etapa do desenvolvimento mecânico consiste na construção de peças para a coleta dos absorventes após ser habilitado a distribuição pelo sistema IoT. Foram construídas peças para direcionar o absorvente até a base de coleta, onde seria retirado pelo usuário. Essas peças foram projetadas para evitar que o absorvente ficasse preso ou caísse fora do local desejado. A peça de coleta foi instalada na parte externa da máquina e fixada no quadro elétrico, sendo fabricada também com impressão 3D para garantir encaixe preciso e resistência. A Figura 5 mostra a peça principal do sistema de coleta.



Figura 5 – Peça de Coleta dos absorventes. Fonte: Autor

3 Desenvolvimento do Firmware

O *firmware* gravado na placa WT32-ETH01, tem a função de integrar todos os componentes do sistema de distribuição de absorventes, permitindo a comunicação entre o microcontrolador, componentes eletrônicos e as estruturas mecânicas. A linguagem utilizada para programação foi o C++, uma linguagem orientada a objetos baseada em C, amplamente usada em sistemas embarcados devido à sua eficiência e controle direto sobre o hardware [Sandeep, 2019]

O funcionamento da máquina é baseado na leitura de um cartão RFID. Ou seja, quando um cartão é passado pelo leitor, a placa WT32 lê a identificação do cartão (ID) e consulta o banco de dados. Se o ID estiver registrado previamente no banco de dados, a máquina libera um absorvente. O *firmware* implementa três métodos de operação conforme mostrados na Figura 6 e detalhados a seguir [Maxwell & Johnson, 2018]

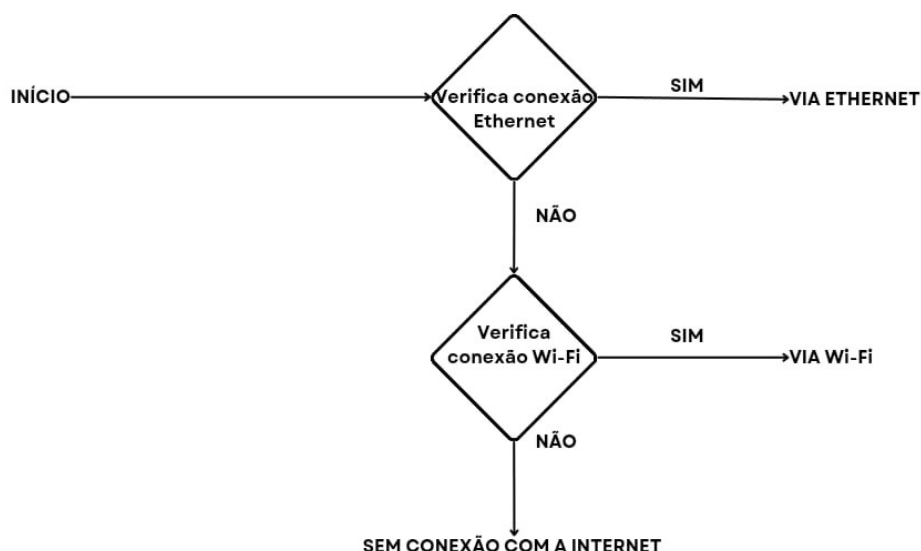


Figura 6 – Fluxograma Inicial. Fonte: Autor

3.1 Método 1: Operação sem Conexão com a Internet

Este método é utilizado em locais sem acesso à internet. A máquina opera de forma autônoma, utilizando um banco de dados local, armazenado na memória flash da placa WT32, que é não volátil e mantém os dados mesmo sem energia. O microcontrolador possui 16 MB de memória flash, suficientes para armazenar os IDs e créditos dos

usuários. Nesse modo, a máquina funciona independentemente da rede. A Figura 7 mostra o fluxograma de funcionamento do método 1.

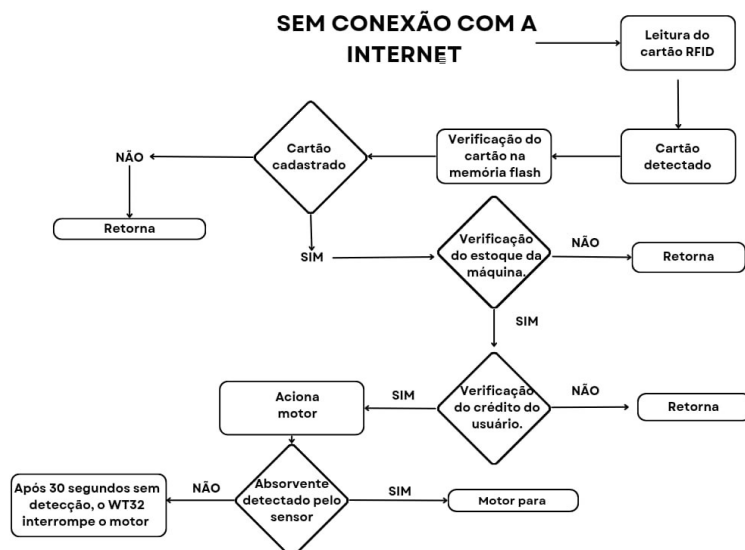


Figura 7 –Fluxograma Método sem Conexão. Fonte: Autor

3.2 Método 2: Conexão via Wi-Fi

Este método é adequado para locais com Wi-Fi disponível. A máquina funciona de forma semelhante ao Método 1, mas com a adição de um recurso importante: ao final do dia, a máquina envia um relatório por e-mail para os responsáveis, informando a quantidade de absorventes restantes. Isso facilita o controle de estoque e permite um abastecimento mais eficiente. A Figura 8 mostra o fluxograma de funcionamento do método 2.

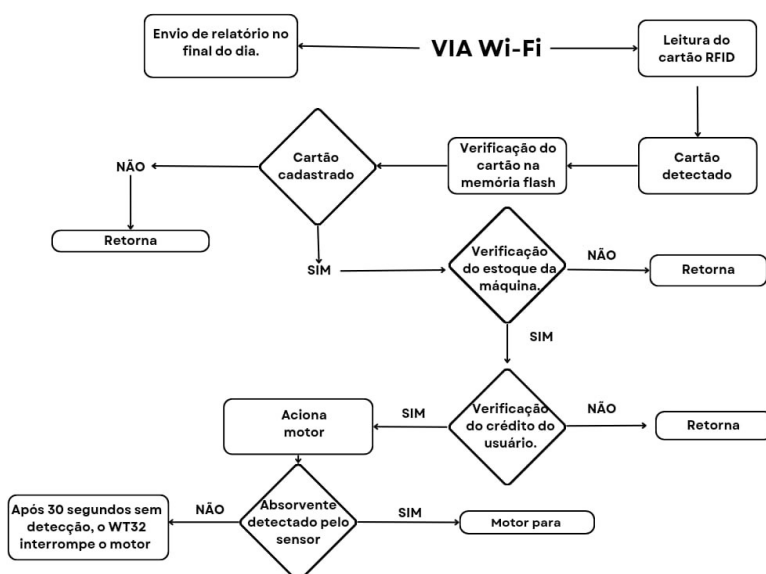


Figura 8 –Fluxograma método via Wi-Fi. Fonte: Autor

O envio de mensagens é feito pelo protocolo SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), um protocolo utilizado para o envio de e-mails, permitindo que as informações

sejam enviadas automaticamente pela máquina. A Figura 9 mostra o conteúdo do e-mail que mostra a quantidade atual de absorventes utilizando o método 2.

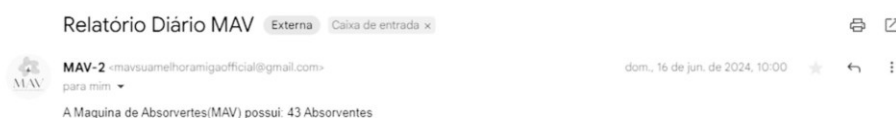


Figura 9 – Relatório Diário Enviado pela Máquina. Fonte: Autor

3.3 Método 3: Conexão via rede *Ethernet*

Por fim, o método 3 possui a vantagem da conexão mais estável via Ethernet. Ele também utiliza um banco de dados na nuvem, especificamente o *Google Sheets*, para armazenar informações sobre os usuários e o estoque de absorventes. O *Google Sheets* foi escolhido devido à sua simplicidade, acessibilidade e à possibilidade de integração com o *Google Apps Script*, que automatiza processos e permite a manipulação de dados através da API [Google Sheets, 2020]. O *Google Apps Script* possibilita que a placa WT32 acesse e atualize as informações diretamente na planilha, garantindo que os dados estejam sempre atualizados e acessíveis em tempo real. A Figura 10 mostra o fluxograma de funcionamento do método 3.

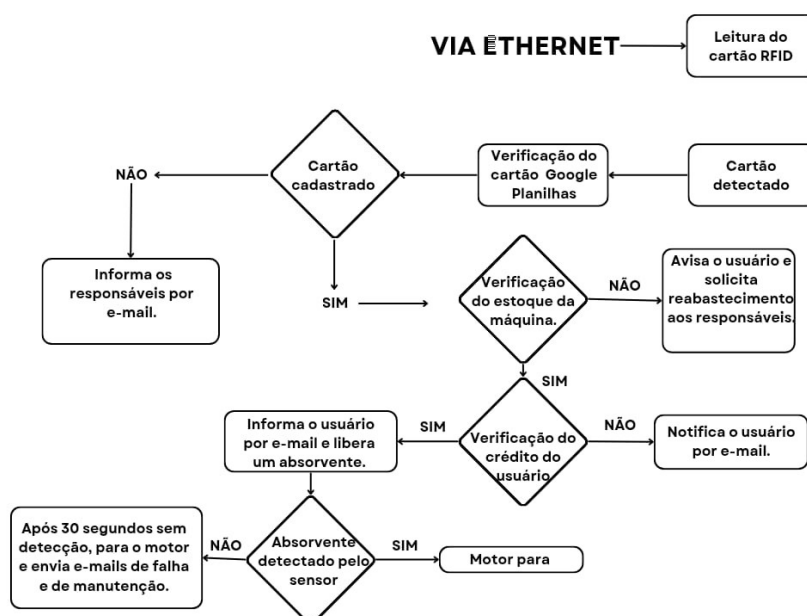


Figura 10 –Fluxograma Método via Ethernet. Fonte: Autor

Esse método não apenas mantém o banco de dados *online*, mas também permite o envio direto de mensagens por e-mail, além do relatório diário, proporcionando um controle mais robusto e constante sobre o estoque, falhas, acessos e as distribuições de absorventes. Com esses três métodos de operação, o firmware desenvolvido na placa WT32 oferece flexibilidade e eficiência, garantindo que a máquina possa operar em diferentes ambientes e condições, além de permitir um monitoramento contínuo e um controle mais eficaz da distribuição dos absorventes. A Figura 11 mostra uma coletânea de e-mails com mensagens automáticas do sistema.



Figura 11 – E-mails enviados pela máquina. Fonte: Autor

4. Resultados e Discussão

O desenvolvimento desta pesquisa integrou áreas da engenharia como mecânica, eletrônica e programação, resultando em um sistema autônomo e eficiente. As peças principais foram fabricadas por impressão 3D e cortadas em uma máquina CNC à laser, garantindo a precisão desejada na montagem mecânica. A parte eletrônica foi integrada com uma PCB personalizada e um *firmware* que automatizou a operação.

Os testes realizados validaram a eficiência do sistema. A máquina foi instalada em um banheiro feminino do campus Maracanaú onde a comunicação funcionou sem falhas, permitindo o monitoramento remoto através do recebimento de mensagens por email. O módulo RFID reconheceu corretamente os cartões dos alunos do IFCE, garantindo o controle de acesso. O banco de dados, tanto local quanto no *Google Sheets*, armazena e sincroniza as informações em tempo real, permitindo rastreabilidade do estoque e créditos de cada estudante. A Figura 12 mostra a placa do projeto instalada em uma *case* feita em impressão 3D.



Figura 12 – Case da placa eletrônica feita em impressão 3D. Fonte: Autor

Na parte mecânica, a configuração do drive A4988 permitindo o motor de passo funcionar no modo 1/16 do passo principal, o que garantiu uma liberação lenta e precisa dos absorventes, evitando distribuição excessiva.

Sensores ópticos confirmaram a entrega correta de um absorvente por vez. A integração com *Google Apps Script* permitiu notificações automáticas para reposição de estoque e alertas de falhas. A máquina foi instalada no banheiro feminino do IFCE – Campus Maracanaú, onde operou de forma confiável. O acesso gratuito aos absorventes promoveu inclusão e combate à pobreza menstrual. *Feedbacks* das usuárias indicaram

aceitação, reforçando a importância da automação como ferramenta para solucionar problemas sociais. A Figura 13 mostra a máquina instalada em um banheiro feminino do IFCE campus Maracanaú.



Figura 13 – Máquina no banheiro do IFCE Campus Maracanaú.

Fonte: Autor

A iniciativa demonstrou que soluções tecnológicas podem viabilizar distribuição eficiente e monitoramento remoto de insumos essenciais para o público feminino. Como melhorias futuras, sugere-se otimizar o design para maior robustez e explorar novas formas de autenticação para ampliar o acesso.

5. Conclusões

O projeto da MAV foi desenvolvido para combater a pobreza menstrual, utilizando tecnologia acessível e sustentável. A máquina integra componentes mecânicos, eletrônicos e software para permitir a distribuição automatizada de absorventes higiênicos, garantindo monitoramento remoto eficiente. A estrutura da máquina foi projetada utilizando impressão 3D, o que possibilitou um design modular e de baixo custo. O sistema eletrônico inclui microcontroladores ESP32 para comunicação via Wi-Fi, permitindo a transmissão de dados sobre o estoque e funcionamento da máquina. Sensores monitoram o uso e garantem a precisão na entrega dos produtos.

Os testes realizados comprovaram a eficácia do sistema, demonstrando sua confiabilidade e precisão na distribuição. Além disso, a possibilidade de monitoramento remoto e o envio de mensagens automáticas facilita a gestão do equipamento, reduzindo a necessidade de manutenção frequente. O projeto tem grande impacto social e educacional, pois além de fornecer absorventes de forma acessível, incentiva o uso de tecnologias como a IoT e a impressão 3D para soluções inovadoras. No futuro, pretende-se aprimorar a eficiência energética da máquina, explorar fontes de energia renováveis e expandir sua aplicação para outros contextos sociais.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem o apoio desta pesquisa ao laboratório Espaço Maker do IFCE campus Maracanaú e ao Departamento de Extensão, Pesquisa, Pós Graduação e Inovação (DEPPI) do campus Maracanaú pelo incentivo à pesquisa científica através de bolsas de pesquisa.

Referências

- EasyEDA. (n.d.). *EasyEDA: Online PCB design & circuit simulator*. <https://easyeda.com/>
- Google Developers. (2020). *Google Sheets API documentation*. <https://developers.google.com/sheets>
- Maxwell, J., & Johnson, R. (2018). The use of RFID in automated systems. *Journal of Embedded Systems*, 15(2), 101–110.
- Neto, E. D., Soares, F. H., Marconcini, L. M., & Carletti, D. (2022). *Internet das coisas: uma análise sob a ótica da engenharia de controle e automação*. Multivix. <https://multivix.edu.br/wp-content/uploads/2022/02/internet-das-coisas-uma-analise-sob-a-otica-da-engenharia-de-controle-e-automacao.pdf>
- Patriota, E. B., et al. (2023). (In)Dignidade menstrual: A face feminina da pobreza. *Interfaces Científicas - Humanas e Sociais*, 12(2), 99–112. <https://periodicos.set.edu.br/humanas/article/view/11488>
- Sandeep, D. (2019). *Introduction to embedded systems with Arduino*. Springer.
- Wireless-Tag. (n.d.). *Product item 2*. <https://en.wireless-tag.com/product-item-2.html>