

Sistema IoT de Etiqueta Eletrônica para Atualização Remota de Preços no Mercado Varejista

1st Caio Vieira Monteiro Costa

Eng. de Controle e Automação

Escola Politécnica - PUC Goiás

Goiânia, Brasil

caiovieiramc2014@gmail.com

2nd Paula Lemos Santos Amoury

Eng. de Controle e Automação

Escola Politécnica - PUC Goiás

Goiânia, Brasil

paulaamoury@gmail.com

3rd Wanderson Rainer

Eng. de Controle e Automação

Escola Politécnica - PUC Goiás

Goiânia, Brasil

rainer@pucgoias.edu.br

Abstract—This paper presents the development of an Internet of Things (IoT) Electronic Shelf Label (ESL) system based on the ESP32 microcontroller and a 2.9-inch e-paper display, aimed at replacing conventional paper labels in small and medium-sized retail stores. The proposed solution enables remote updating of price and product information, including QR codes with nutritional or complementary data, through a desktop application developed in C on Visual Studio 2022 that communicates with multiple ESLs over Wi-Fi. The hardware architecture integrates an ESP32 DevKit V1, a Waveshare 2.9-inch e-paper display, two Li-Ion 18650 batteries, and a MP1584 step-down converter, assembled on a custom PCB designed for low power consumption and ease of maintenance. The methodology comprised circuit modeling and simulation, hardware prototyping, firmware development, and experimental evaluation of update time, communication reliability, range, energy consumption and unit cost.

Index Terms—Electronic Shelf Label, E-paper display, ESP32, Internet of Things (IoT), Smart retail, Low-power embedded system.

I. INTRODUÇÃO

A gestão de preços em supermercados e demais estabelecimentos varejistas ainda é, em grande parte, baseada no uso de etiquetas impressas em papel, que precisam ser constantemente substituídas sempre que há alteração de valor, promoções ou mudanças na legislação de rotulagem. Esse processo exige a dedicação de funcionários para percorrer as gôndolas, localizar os produtos, remover etiquetas antigas e aplicar novas, o que consome tempo, aumenta o risco de erros de precificação e gera custos recorrentes com impressão e materiais. Além disso, a defasagem entre o preço exibido na prateleira e o valor cadastrado no sistema de vendas pode causar insatisfação do cliente, retrabalho no caixa e até problemas legais para o estabelecimento.

Nesse cenário, as Etiquetas Eletrônicas de Prateleira (*Electronic Shelf Labels* – ESL) surgem como uma solução tecnológica capaz de automatizar a atualização de informações diretamente nas gôndolas, eliminando a necessidade de intervenção manual na troca de etiquetas físicas. Por meio de comunicação sem fio e de um sistema de gerenciamento centralizado, torna-se possível alterar, em poucos segundos, o preço de milhares de itens de forma sincronizada, precisa e rastreável, sem deslocar funcionários pela loja e sem depender de impressoras, toners ou grandes quantidades de papel. Além

da redução de custos operacionais e do impacto ambiental associado ao descarte de etiquetas impressas, essa abordagem libera a equipe para atividades de maior valor agregado, como reposição de produtos e atendimento ao cliente.

Outra vantagem relevante das ESL é a versatilidade na apresentação das informações. Diferentemente das etiquetas convencionais, limitadas a poucas linhas de texto estático, os dispositivos eletrônicos permitem exibir não apenas o preço, mas também datas de validade, descrições detalhadas, códigos de barras, QR Codes com informações nutricionais, links para receitas ou conteúdos promocionais, entre outros dados de interesse do consumidor e da gestão da loja. Em combinação com sistemas de automação comercial e conceitos de Internet das Coisas (IoT), as etiquetas eletrônicas tornam-se um elemento estratégico para o varejo inteligente, permitindo respostas rápidas a mudanças de mercado, maior transparência ao cliente e alinhamento com práticas de sustentabilidade e digitalização de processos. Nesse contexto, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de uma etiqueta eletrônica de prateleira baseada em ESP32 e display e-paper, voltada para pequenas e médias operações de varejo, explorando suas vantagens operacionais, econômicas e ambientais.

II. REVISÃO DA LITERATURA

Considerando os estudos realizados na comunidade científica sobre o desenvolvimento e aprimoramento de sistemas ESL, a seguir estão os apontamentos sobre os principais trabalhos utilizados para embasamento dessa pesquisa.

Em [1], os autores projetam um rótulo eletrônico totalmente battery-less, alimentado exclusivamente por wireless power transfer em radiofrequência (RF), utilizando apenas componentes COTS (*commercial off-the-shelf*). O sistema é classificado como um dispositivo Classe 2 (energy-neutral), composto por um harvester AEM40940, um microcontrolador de ultra baixo consumo e um display e-paper monocromático de 2,13". Os autores definem requisitos de projeto, medem a energia necessária para uma atualização de tela (aproximadamente 75 mJ em 5,2 s), dimensionam o capacitor de armazenamento e analisam a influência da potência RF, frequência de operação e capacidade do buffer no tempo de recarga. Os experimentos mostram que o ESL consegue atualizar o display em intervalos entre 4 e 120 minutos, dependendo da potência de entrada e da

frequência RF, com eficiência do harvester chegando a 30%, o que comprova a viabilidade da solução, mas também destaca desafios de eficiência e tempo de carregamento.

Em [2], os autores abordam o problema de precificação dinâmica e entrega otimizada de informações por meio de um sistema ESL baseado em e-ink e arquitetura servidor–receptor. O trabalho discute como um servidor central processa dados e os distribui para receptores associados aos rótulos, permitindo atualizações em tempo real de preços e detalhes de produtos via conectividade sem fio. A ênfase está no uso de displays de tinta eletrônica, que consomem energia apenas durante a atualização da imagem, mantendo o conteúdo visível mesmo em quedas de energia, reduzindo consumo energético e custos operacionais. A seção de trabalhos relacionados compara soluções baseadas em e-paper, ZigBee, NFC, iluminação e técnicas de transmissão de potência sem fio, posicionando a proposta como uma alternativa energeticamente eficiente e alinhada a metas de sustentabilidade no varejo.

Em [3], Wen et al. apresentam um receptor de potência sem fio em 915 MHz voltado para ESL battery-less aplicados à exibição de informações de pacientes em ambientes hospitalares. A solução emprega um conversor buck-boost SISIDO (*single-inductor single-input dual-output*) com um detector de tensão ultrabaixo consumo (ULP-VD), capaz de operar sem bateria quando a potência RF recebida excede 400 nW, fornecendo até 50 mW por curtos períodos para alimentar as etiquetas. O sistema integra um conversor de energia RF externo (com antena comercial e matching network em 915 MHz) a um conversor buck-boost em modo descontínuo, gerando saídas reguladas de 1,8 V e 3,3 V. Os resultados de medida indicam uma eficiência máxima de conversão de potência (PCE) de 84%, mostrando que é possível alimentar ESLs hospitalares de forma remota com RF, desde que o gerenciamento de energia e o ciclo de trabalho de operação sejam cuidadosamente dimensionados.

No trabalho desenvolvido por [4], os autores pesquisam e projetam um rótulo eletrônico de baixo consumo baseado em display e-paper e tecnologia LoRa, destinado a supermercados inteligentes. A arquitetura de hardware é organizada em quatro blocos principais: controlador (módulo RAK3172, com MCU STM32WLE5 e rádio LoRa), display e-paper de 2,13”, gerenciamento de potência (LDO NCV8170 de baixíssimo consumo) e alimentação com duas baterias CR2032 (500 mAh). O esquema operacional proposto privilegia o modo sleep por longos períodos; periodicamente o dispositivo desperta, envia um request via LoRa ao gateway e, caso haja nova informação, executa a atualização da tela em duas fases (transferência via SPI e atualização física do e-paper), retornando ao final um pacote de confirmação com o estado da bateria. A avaliação experimental indica autonomia superior a 5 anos e comunicação confiável em longa distância, evidenciando a adequação da combinação e-paper + LoRa para ESLs de baixo consumo e grande alcance.

Já em [5] os autores tratam de ESLs baseados em Bluetooth Low Energy (BLE), com foco na otimização do intervalo de advertising para conciliar atraso e consumo de energia.

Considerando o princípio 80/20 (uma minoria de produtos responde pela maior parte das vendas), os autores propõem que as etiquetas de produtos mais populares anunciem com intervalos menores, de forma a reduzir o atraso médio de descoberta (neighbor discovery process, NDP) sem aumentar o consumo total de energia. O trabalho introduz um modelo analítico de atraso de NDP que leva em conta falhas de recepção por colisão ou interferência, e um método de ajuste de intervalos baseado em gradiente adaptativo (AdaGrad) para distribuir recursos de forma proporcional à popularidade. Em uma segunda fase, o método FSPI (fast shrink and period increase) ajusta dinamicamente os intervalos das chamadas Key ESLs para economizar energia em função do ambiente. Os resultados de simulação mostram redução do atraso médio mantendo o orçamento energético global, além de economia adicional de energia nas etiquetas populares.

Por fim, em [6] os autores exploram as ESLs como infraestrutura para localização indoor de produtos em redes sem fio de alta densidade. O trabalho propõe um algoritmo de localização por fingerprinting de RSSI, combinando análise ponderada de intensidade de sinal com estimação por máxima verossimilhança (MLE). No estudo, um diagrama mostra a arquitetura com centro em nuvem, access points e milhares de ESLs instaladas nas prateleiras como âncoras de localização. Em cenários reais com 284 prateleiras e 40–50 ESLs por prateleira, o método atinge 71,63% de acerto exato no nível de prateleira, 89,47% de acurácia com erro de no máximo uma prateleira e 90,20% de acerto no lado do corredor. Os autores também analisam diferentes proporções de ESLs previamente “conhecidas” (inicializadas) e mostram robustez do método, com acurácia de prateleira variando entre 68% e 74% quando a porcentagem de ESLs inicializadas varia de 10% a 50%; uma etapa de calibração adicional melhora a acurácia em cerca de 1–2%.

III. METODOLOGIA

O desenvolvimento da etiqueta eletrônica de prateleira proposta neste trabalho foi conduzido por meio de uma metodologia experimental, estruturada em etapas sequenciais que abrangem desde o estudo das tecnologias disponíveis até a validação do protótipo em condições representativas de uso no varejo. Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e de mercado, com foco em soluções de *Electronic Shelf Label* (ESL), tecnologias de comunicação sem fio, displays e-paper e arquiteturas de baixo consumo de energia. Essa etapa permitiu identificar os principais requisitos funcionais do sistema, bem como as limitações e vantagens de diferentes abordagens, servindo de base para a definição da arquitetura proposta.

Na sequência, foi elaborada a modelagem do sistema, contemplando o diagrama de blocos de hardware, a topologia de comunicação e o fluxo de dados entre o software de gestão e as etiquetas eletrônicas. A partir dessa modelagem, definiu-se a composição dos módulos de hardware, incluindo o microcontrolador ESP32, o display e-paper de 2,9”, o conjunto de baterias Li-Ion 18650, o conversor MP1584 e o módulo de carregamento TP4056, bem como a organização desses

componentes em uma placa de circuito impresso (PCI) dedicada. Nessa etapa, foram realizadas simulações elétricas para verificação de tensões, correntes e estabilidade da alimentação, reduzindo o risco de falhas no protótipo físico. A Fig. 1 ilustra o diagrama em blocos com os elementos do protótipo desenvolvido.

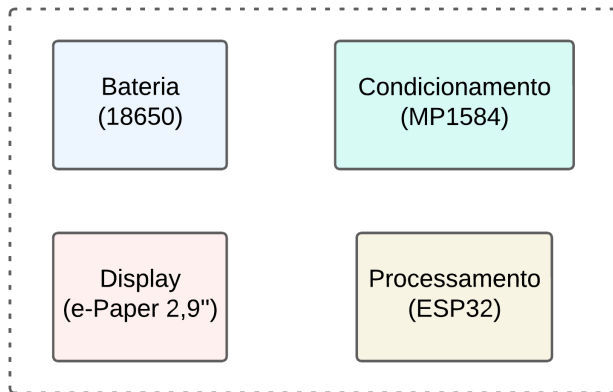


Fig. 1. Diagrama de blocos da arquitetura geral do sistema.

Com a arquitetura definida, procedeu-se à fase de prototipagem de hardware. Inicialmente, os componentes foram montados em protoboard, permitindo testar as conexões básicas entre o ESP32, o display e-paper e o circuito de alimentação. Após a validação funcional preliminar, desenvolveu-se o layout da PCI em software de CAD eletrônico, contemplando o roteamento das trilhas de potência e sinais, a posição dos conectores e a disposição física dos módulos de forma a minimizar interferências e facilitar a montagem. Em seguida, a placa foi confeccionada e os componentes foram soldados, resultando em um protótipo compacto e adequado à fixação em gôndolas, conforme ilustrado na Fig. 2.

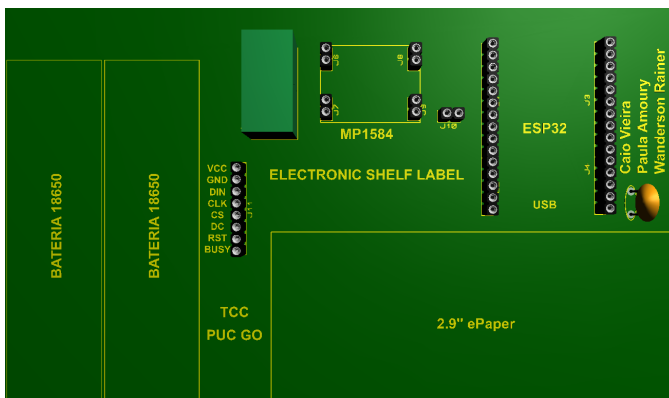


Fig. 2. Diagrama esquemático / LAYOUT.

Paralelamente ao desenvolvimento do hardware, foi implementado o firmware do ESP32 responsável pela conexão à rede Wi-Fi, recepção dos comandos provenientes do software de gerenciamento, tratamento dos dados de produto e atualização

do display e-paper. Foram utilizadas rotinas específicas para comunicação via protocolo TCP/IP e para o controle do barramento SPI entre o microcontrolador e o display, assegurando a correta renderização de textos, preços e QR Codes. Além disso, foram incorporadas estratégias básicas de economia de energia, como a redução da atividade de processamento entre atualizações, preparando o sistema para futuras otimizações com modos de baixo consumo. A Fig. 3 ilustra o fluxograma do firmware desenvolvido para a plataforma ESP32.



Fig. 3. Diagrama de sequência do firmware.

Em complemento ao firmware, foi desenvolvido um software de interface gráfica em linguagem C, utilizando o ambiente Visual Studio 2022. Esse aplicativo atua como servidor central do sistema, permitindo que o operador selecione a etiqueta desejada, cadastre ou edite produtos, defina preços, prazos de validade e URLs de informações nutricionais, gerando automaticamente QR Codes correspondentes. As informações são organizadas em mensagens estruturadas (por exemplo, em formato JSON) e enviadas pela rede local ao ESP32 associado a cada etiqueta, possibilitando atualizações individuais ou em lote. A Fig. 4 ilustra a captura de tela da aplicação desenvolvida.

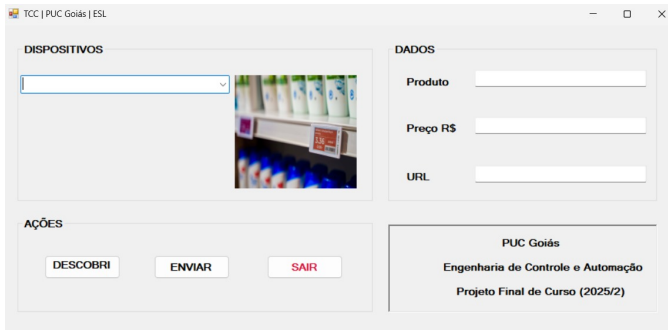


Fig. 4. Captura de tela da interface gráfica.

Após a conclusão das etapas de hardware e software, realizou-se a integração do sistema e a fase de testes experimentais. Foram definidos cenários de uso simulando um ambiente de supermercado, com múltiplas etiquetas distribuídas em diferentes posições, submetidas a sucessivas atualizações de preço e conteúdo. Nesses testes, mediu-se o tempo de atualização completo da etiqueta (desde o envio do comando até a estabilização da imagem), a taxa de sucesso das comunicações, o alcance efetivo da rede Wi-Fi e o consumo médio de corrente em diferentes modos de operação. Com base nesses dados, estimou-se a autonomia do sistema para diferentes perfis de uso e comparou-se o custo unitário do protótipo com o de etiquetas de papel tradicionais e com soluções eletrônicas comerciais. A seguir é apresentado na Fig. 5 o procedimento de testes dos protótipos desenvolvidos.

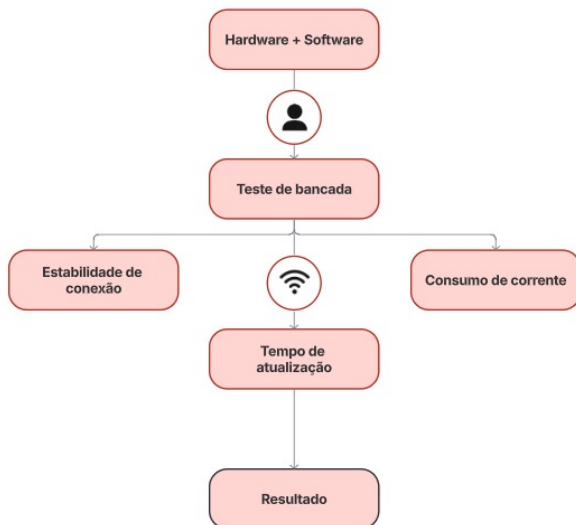


Fig. 5. Fluxograma do procedimento de teste dos protótipos.

Por fim, os resultados obtidos foram organizados em tabelas e gráficos, permitindo avaliar de forma quantitativa o desempenho do protótipo em termos de velocidade de atualização, confiabilidade da comunicação, autonomia energética e vi-

abilidade econômica. Essa análise serviu de base para a discussão das vantagens e limitações da solução proposta, bem como para a definição de melhorias futuras relacionadas ao consumo de energia, miniaturização do hardware e evolução da infraestrutura de comunicação.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da metodologia descrita, foi possível obter um protótipo funcional de etiqueta eletrônica de prateleira capaz de exibir preço, descrição do produto e QR Code em um display e-paper de 2,9", com atualização remota via Wi-Fi utilizando o microcontrolador ESP32. Os testes realizados em ambiente controlado permitiram avaliar o comportamento do sistema em condições próximas às de um supermercado de pequeno porte, analisando aspectos de qualidade visual, tempo de atualização, confiabilidade da comunicação, consumo de energia e impactos operacionais frente ao modelo tradicional de etiquetas de papel. A Figs. 6 e 7 mostra a fotografia dos protótipos desenvolvidos.

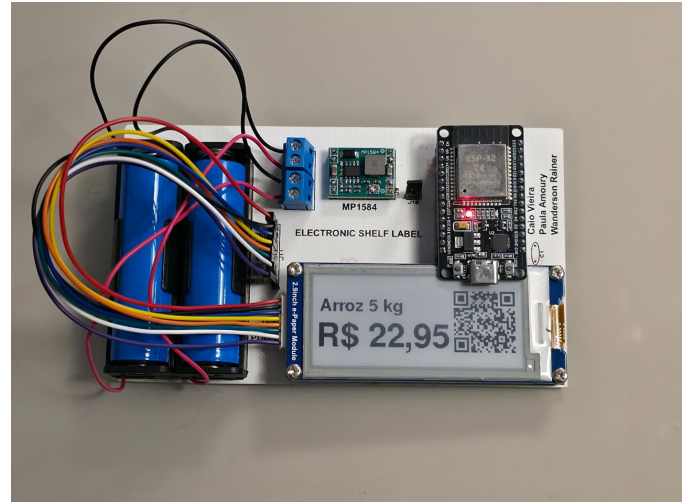


Fig. 6. Fotografia dos protótipos desenvolvidos.

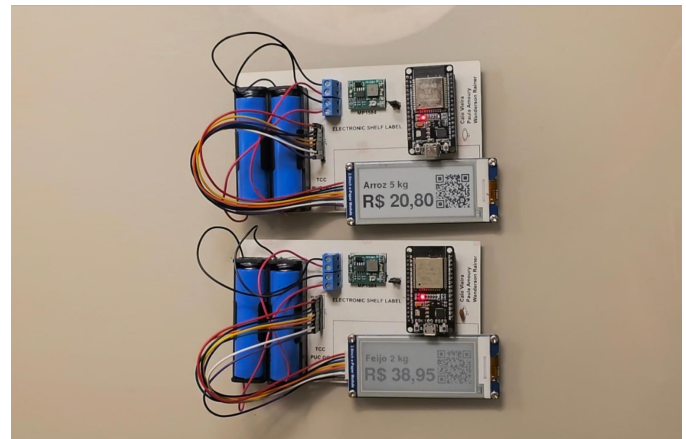


Fig. 7. Fotografia dos protótipos desenvolvidos.

A. Desempenho visual do display e-paper

O display e-paper apresentou alto contraste e boa legibilidade sob iluminação ambiente típica de varejo, permitindo a leitura clara do preço e do QR Code em diferentes ângulos de observação. Durante os testes, observou-se que o uso de ciclos completos de atualização da tela reduziu efeitos de “ghosting”, mantendo a aparência semelhante ao papel impresso, porém com a flexibilidade da atualização digital. Esses resultados indicam que o sistema atende ao requisito de substituição das etiquetas de papel sem prejuízo de visibilidade para o consumidor.

B. Confiabilidade da comunicação e gerenciamento das etiquetas

A arquitetura de comunicação baseada em rede Wi-Fi local, com cada etiqueta identificada por um ID único, mostrou-se estável ao longo dos experimentos. Foram realizados testes com múltiplas atualizações consecutivas e com diferentes dispositivos conectados, e as etiquetas responderam corretamente à grande maioria dos comandos enviados pelo software em C, exibindo no display os novos dados de forma coerente. Essa confiabilidade é essencial para que o varejista possa executar alterações de preço em larga escala sem a necessidade de deslocar funcionários até as gôndolas, reforçando o ganho operacional e a redução de erros humanos.

C. Tempo de atualização e experiência de uso

As medições de tempo indicaram que o processo completo de atualização de uma etiqueta, desde o envio do comando pelo software até a estabilização da imagem no display, ocorreu tipicamente entre cerca de 1,7 s e 2,1 s. Esse intervalo inclui a transmissão dos dados pela rede Wi-Fi, o processamento pelo ESP32 e o refresh do display e-paper, sendo adequado para operações de varejo em que a atualização simultânea de diversas etiquetas deve ocorrer em poucos minutos. Na prática, isso significa que um conjunto de prateleiras pode ter seus preços atualizados de forma centralizada em tempo muito inferior ao exigido para reimpressão e substituição manual de etiquetas de papel.

D. Consumo de energia e autonomia

No que se refere ao consumo energético, os testes mostraram que o sistema apresenta correntes na faixa de dezenas de miliampères durante a comunicação Wi-Fi e o refresh do display, reduzindo-se significativamente nos períodos de inatividade. Considerando duas baterias Li-Ion 18650 e um cenário de até cinco atualizações diárias, estimou-se uma autonomia entre aproximadamente 30 e 45 dias para o protótipo, mesmo antes da implementação completa de modos de baixo consumo como o deep sleep do ESP32. Essa autonomia, embora inferior à de algumas soluções comerciais de longa duração, é suficiente para demonstrar a viabilidade do uso em pequenas e médias operações e pode ser ampliada com otimizações de firmware e ajustes na frequência de atualização de preços.

E. Impactos operacionais e benefícios frente às etiquetas de papel

Do ponto de vista operacional, os resultados evidenciaram que a solução proposta elimina a necessidade de impressão recorrente de etiquetas e do deslocamento de funcionários pelas gôndolas para substituição manual, uma vez que todas as atualizações passam a ser realizadas a partir do software central. Essa automação reduz significativamente o tempo dedicado à tarefa de troca de preços, diminui a probabilidade de divergência entre o preço de prateleira e o valor do caixa e libera a equipe para atividades de maior valor agregado, como reposição de produtos e atendimento ao cliente. Além disso, a possibilidade de exibir dados adicionais, como datas de validade, informações nutricionais e QR Codes com conteúdo complementar, aumenta a transparência para o consumidor e reforça o alinhamento com práticas de varejo inteligente e sustentável, que priorizam a redução do uso de papel e a digitalização de processos.

Em conjunto, esses resultados demonstram que o protótipo de etiqueta eletrônica de prateleira baseado em ESP32 e display e-paper atinge os objetivos de atualização remota de preços, redução de intervenção manual e uso mais eficiente de recursos materiais, configurando-se como uma alternativa tecnicamente viável e operacionalmente vantajosa frente às etiquetas tradicionais de papel.

V. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de uma etiqueta eletrônica de prateleira baseada no microcontrolador ESP32 e em um display e-paper, voltada à automação da atualização de preços e informações em gôndolas de estabelecimentos varejistas. Partindo da análise das limitações das etiquetas de papel (como a necessidade de reimpressão constante, o uso intensivo de mão de obra para substituição e o risco de divergência entre preço de prateleira e valor de caixa) buscou-se demonstrar a viabilidade de uma solução eletrônica de baixo custo, capaz de reduzir erros, economizar recursos materiais e aumentar a flexibilidade na apresentação de dados ao consumidor. Os objetivos de projetar, implementar e avaliar um protótipo funcional foram alcançados, contemplando desde a modelagem da arquitetura de hardware e software até os testes experimentais em ambiente controlado.

Os resultados obtidos evidenciaram que o sistema desenvolvido é capaz de atualizar remotamente, via rede Wi-Fi local, preço, descrição e QR Code exibidos em um display e-paper de 2,9”, com tempos de atualização da ordem de poucos segundos e boa legibilidade sob condições típicas de iluminação de varejo. A comunicação mostrou-se confiável para múltiplas etiquetas, permitindo o gerenciamento centralizado por meio de um software em C, o que elimina a necessidade de deslocamento de funcionários para troca física de etiquetas e reduz o risco de erros de precificação. A análise do consumo de energia indicou autonomia compatível com o uso prático em pequenas e médias operações, especialmente considerando a possibilidade de otimização adicional com modos de baixo consumo no ESP32. Do ponto de vista operacional, verificou-se ainda

a vantagem de incorporar informações complementares, como datas de validade e dados nutricionais acessados por QR Code, ampliando a transparência e agregando valor à experiência do cliente.

Apesar dos resultados positivos, o protótipo apresenta limitações quando comparado a soluções comerciais maduras, principalmente em relação à autonomia máxima de bateria, à miniaturização do hardware e à robustez mecânica do encapsulamento para uso intensivo em ambiente de loja. A arquitetura de comunicação, baseada em Wi-Fi convencional, também restringe o alcance em cenários de grande escala e pode exigir infraestrutura de rede mais cuidadosa em supermercados de grande porte. Tais fatores não comprometem a comprovação de viabilidade técnica da solução, mas indicam a necessidade de aprimoramentos para que o sistema seja adotado em projetos-piloto reais e em aplicações de maior porte.

Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se, em primeiro lugar, a implementação completa e a calibração fina de estratégias de baixo consumo energético, explorando modos de deep sleep do ESP32, despertadores por temporizador e rotinas de atualização programadas, de forma a aumentar significativamente a autonomia sem comprometer a responsividade do sistema. Em segundo lugar, propõe-se a otimização do projeto de hardware, com redução das dimensões da placa de circuito impresso, integração de conversores e módulos em um layout mais compacto e desenvolvimento de um invólucro mecânico adequado para fixação em gôndolas, resistente a impacto e à limpeza cotidiana do ambiente de varejo. Em terceiro lugar, sugere-se a avaliação de outras tecnologias de comunicação, como Wi-Fi HaLow, LoRaWAN ou BLE em arquiteturas híbridas, visando maior alcance, menor consumo e escalabilidade para centenas ou milhares de etiquetas em uma mesma loja. Por fim, recomenda-se a integração do sistema com plataformas de gestão de estoque e precificação dinâmica, bem como a realização de estudos de caso em supermercados reais, a fim de quantificar, de maneira mais abrangente, os ganhos econômicos, operacionais e ambientais decorrentes da substituição de etiquetas de papel por etiquetas eletrônicas baseadas em IoT.

REFERENCES

- [1] J. Van Mulders and G. Callebaut, "Designing RF-Powered Battery-Less Electronic Shelf Labels With COTS Components," 2025 IEEE Wireless Power Technology Conference and Expo (WPTCE), Rome, Italy, 2025, pp. 1-5, doi: 10.1109/WPTCE62521.2025.11062287.
- [2] C. U. Kumar, S. Amruthavarshini, V. Divya, P. S. Kamalesh Kumar and S. Naveenkumar, "Dynamic Pricing Strategies and Information Delivery Optimization Through Electronic Shelf Labels," 2023 International Conference on Sustainable Communication Networks and Application (ICSCNA), Theni, India, 2023, pp. 529-533, doi: 10.1109/ICSCNA58489.2023.10370608.
- [3] C. -Y. Wen, P. Gundabathina, C. -W. Liu, Y. -A. Ai and P. -H. Chen, "915-MHz Wireless Power Receiver for Battery-Less Electronic Shelf Label: Enhancing Patient Information Display," 2024 IEEE MTT-S International Microwave Biomedical Conference (IMBioC), Montreal, QC, Canada, 2024, pp. 72-74, doi: 10.1109/IMBioC60287.2024.10590308.
- [4] X. -M. Le, Q. -S. Tran, T. -T. Vu, T. -V. Vo, L. -H. Trinh and F. Ferrero, "Research and Design a Low Power Electronic Shelf Label Based on E-paper Display and LoRa Technology," 2023 International Conference on

- Advanced Technologies for Communications (ATC), Da Nang, Vietnam, 2023, pp. 356-360, doi: 10.1109/ATC58710.2023.10318890.
- [5] H. -W. Tseng, H. Kao and C. -F. Kuo, "Adaptive Advertising Interval for Electronic Shelf Label System Based on Bluetooth Low Energy," in IEEE Sensors Journal, vol. 22, no. 12, pp. 12369-12385, 15 June 15, 2022, doi: 10.1109/JSEN.2022.3172405.
- [6] M. Liang, Y. Ji, S. Hou, X. Xiong, Z. Liu and Z. Fu, "Indoor Electronic Shelf Label Localization in High-Density Wireless Network," in IEEE Sensors Journal, vol. 25, no. 16, pp. 31643-31652, 15 Aug. 15, 2025, doi: 10.1109/JSEN.2025.3580322.
- [7] Y. Kim, K. -H. Kim and W. -D. Cho, "Image Compression Using Chain Coding for Electronic Shelf Labels (ESL) Systems," in IEEE Access, vol. 9, pp. 8497-8511, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3049868.
- [8] T. -N. Liu, D. -H. Yao, Y. -A. Ai, C. -W. Liu and P. -H. Chen, "A Reconfigurable Wireless Power Receiver With Shared-Inductor Buck-Boost Converter for NFC-Powered Battery-Less Electronic Shelf Label," in IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, vol. 72, no. 8, pp. 4370-4379, Aug. 2025, doi: 10.1109/TCSI.2025.3529933.
- [9] J. Ock, H. Kim, H. -S. Kim, J. Paek and S. Bahk, "Low-Power Wireless With Denseness: The Case of an Electronic Shelf Labeling System—Design and Experience," in IEEE Access, vol. 7, pp. 163887-163897, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2950886.
- [10] M. A. A. Khan, H. Ma, Y. Jin, J. Ma, Z. U. Rehman and M. Rahman, "Analysis of LoRa for Electronic Shelf Labels Based on Distributed Machine Learning," 2023 42nd Chinese Control Conference (CCC), Tianjin, China, 2023, pp. 3229-3234, doi: 10.23919/CCC58697.2023.10239831.
- [11] G. D. Mandyam, M. Scagnol and N. Graube, "Secure Onboarding and Management of Electronic Shelf Labels in Retail," 2023 15th International Conference on COMMunication Systems & NETWORKS (COMSNETS), Bangalore, India, 2023, pp. 96-101, doi: 10.1109/COMSNETS56262.2023.10041323.
- [12] Windasari, Nila A. & Aprilianty, Fitri & Ovani, Darren. (2025). Smart Retail Using Electronic Shelf Label (ESL): From Customer Well-Being to Posttransaction Shopping Experience Across Gender. Human Behavior and Emerging Technologies. 2025. 10.1155/hbe2/3237727.

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

A estudante **Paula Lemos Santos Amoury** do Curso de **Engenharia de Controle e Automação**, matrícula **20211011800108**, telefone 62 9318-3168 e-mail paulaamoury@gmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Sistema IoT de Etiqueta Eletrônica para Atualização Remota de Preços no Mercado Varejista**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 30 de Setembro de 2025.



Documento assinado digitalmente
PAULA LEMOS SANTOS AMOURY
Data: 11/12/2025 07:36:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do autor: _____

Nome completo do autor: Paula Lemos Santos Amoury



Documento assinado digitalmente
WANDERSON RAINER HILARIO DE ARAUJO
Data: 11/12/2025 07:32:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do professor-orientador: _____

Nome completo do professor-orientador: Wanderson Rainer Hilário de Araújo

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

A estudante **Caio Vieira Monteiro Costa** do Curso de **Engenharia de Controle e Automação**, matrícula **20211011800078**, telefone 62 9925-7980 e-mail **caiovieiramc2014@gmail.com**, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Sistema IoT de Etiqueta Eletrônica para Atualização Remota de Preços no Mercado Varejista**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 30 de Setembro de 2025.

Documento assinado digitalmente



CAIO VIEIRA MONTEIRO COSTA
Data: 11/12/2025 07:40:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do autor: _____

Nome completo do autor: Caio Vieira Monteiro Costa

Documento assinado digitalmente



WANDERSON RAINER HILARIO DE ARAUJO
Data: 11/12/2025 07:35:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do professor-orientador: _____

Nome completo do professor-orientador: Wanderson Rainer Hilário de Araújo