

Inovação na Agricultura: Monitoramento da Maturidade de Melão com Tecnologia RFID

1st Dhioleno Rodrigues da Silva
 CITED - Centro Integrado de Inovação
 Tecnológica do Semiárido
 Universidade Federal Rural do Semi-
 Árido - UFRSA
 Mossoró, Rio grande do Norte
 dhioleno.silva@alunos.ufersa.edu.br

*Coorientador: Prof. Dr. Reuber Regis
 de Melo*
 Universidade Federal do Ceará -
 UFRSA
 Mossoró, Rio grande do Norte
 reuber.regis@ufc.br

*Orientador: Prof. Dr. Idalmir de Souza
 Queiroz Júnior*
 CITED - Centro Integrado de Inovação
 Tecnológica do Semiárido
 Universidade Federal Rural do Semi-
 Árido - UFRSA
 Mossoró, Rio grande do Norte
 idalmir@ufersa.edu.br

Resumo — Este trabalho investiga a aplicação de tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID) para monitorar a umidade em melões, uma prática essencial para garantir a qualidade e minimizar desperdícios na pós-colheita. O uso de sensores RFID permite a avaliação não invasiva da maturidade das frutas, proporcionando informações em tempo real que podem influenciar decisões críticas de irrigação e aplicação de fertilizantes. A pesquisa também aborda a integração da Internet das Coisas (IoT) na agricultura, destacando como a interconexão de dispositivos pode otimizar processos logísticos e de gestão. Os resultados preliminares indicam que, apesar das instabilidades nas leituras do sinal RSSI, a tecnologia tem um imenso potencial para modernizar a agricultura, contribuir para a sustentabilidade e garantir melhor qualidade dos produtos.

Palavras chaves — RFID, IoT, Monitoramento, Agricultura sustentável.

I. INTRODUCTION (HEADING 1)

A qualidade pós-colheita dos frutos é um fator determinante para a competitividade do setor agrícola, especialmente em culturas sensíveis como o melão. O monitoramento da umidade dessas frutas desempenha um papel crucial na redução de perdas, na melhoria da conservação e no aumento da eficiência logística. Tradicionalmente, a avaliação da maturidade e umidade do melão é realizada por métodos invasivos, que frequentemente resultam em desperdício e não permitem um acompanhamento em tempo real do produto ao longo da cadeia de suprimentos [1].

Diante dessa limitação, tecnologias emergentes como a Identificação por Radiofrequência (RFID, do inglês Radio Frequency Identification) têm ganhado destaque na agricultura de precisão. O RFID é amplamente utilizado para rastreamento e gestão de ativos, mas seu potencial na monitorização da umidade dos frutos ainda é pouco explorado. Essa tecnologia permite a coleta de informações sem a necessidade de contato físico, possibilitando um monitoramento contínuo e não destrutivo, fundamental para otimizar o controle de qualidade do melão [2].

Este estudo tem como objetivo investigar a aplicação de sensores RFID para avaliar a umidade do melão, utilizando medições da permissividade do fruto e do sinal RSSI recebido. A integração dessa tecnologia com conceitos da Internet das Coisas (IoT) pode contribuir para a criação de sistemas agrícolas mais inteligentes e sustentáveis, reduzindo desperdícios e promovendo maior eficiência na gestão de produtos perecíveis.

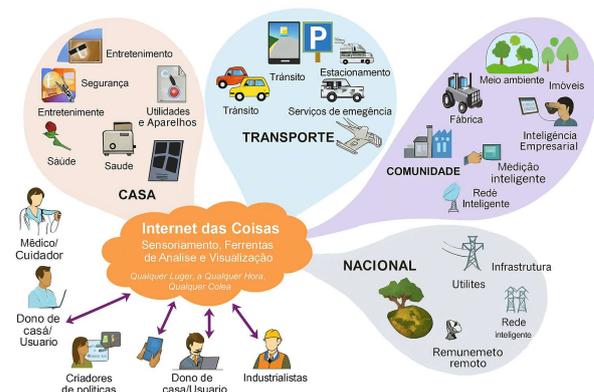
II. FUNDAMENTO DA INTERNET DAS COISAS

A. Internet das coisas

A Internet das Coisas (IoT) refere-se à interconexão de dispositivos físicos que coletam e compartilham dados por meio da internet, permitindo automação e monitoramento remoto em diversas áreas, como agricultura, saúde, cidades inteligentes e indústria 4.0 [3]. No contexto agrícola, a IoT possibilita o uso de sensores para capturar variáveis ambientais essenciais, como temperatura, umidade e qualidade do solo, além de integrar esses dados a sistemas inteligentes de tomada de decisão.

A infraestrutura da IoT é composta por três camadas principais: a camada de percepção, que envolve os sensores e atuadores responsáveis pela coleta de dados; a camada de rede, que gerencia a transmissão dessas informações por meio de protocolos como MQTT e CoAP; e a camada de aplicação, onde os dados são processados e transformados em insights úteis para os usuários finais [4]. Na Figura 1, pode-se observar uma representação esquemática da IoT aplicada à agricultura, destacando a comunicação entre sensores, servidores e plataformas em nuvem.

Figura 1- Esquema da Internet das Coisas mostrando os usuários finais e as áreas de aplicação com base em dados



Fonte: [4], Traduzida para o Português.

B. Introdução ao RFID

A tecnologia RFID é um dos principais componentes da IoT e tem se destacado no setor agrícola devido à sua capacidade de monitoramento em tempo real sem a necessidade de contato físico. O RFID utiliza ondas de rádio para comunicação entre etiquetas eletrônicas e leitores, permitindo a identificação e rastreamento de

objetos, animais e produtos agrícolas ao longo da cadeia de suprimentos [5].

Estudos indicam que a adoção do RFID no Brasil tem crescido significativamente, com aplicações que vão desde a rastreabilidade de insumos até o monitoramento da qualidade dos produtos agroindustriais [6]. No entanto, desafios como interferência eletromagnética e altos custos de implementação ainda são barreiras para uma adoção mais ampla da tecnologia. Para superar essas limitações, abordagens híbridas que combinam RFID com outras tecnologias, como sensores de IoT e inteligência artificial, têm sido exploradas para aumentar a eficiência e a precisão do monitoramento agrícola [9].

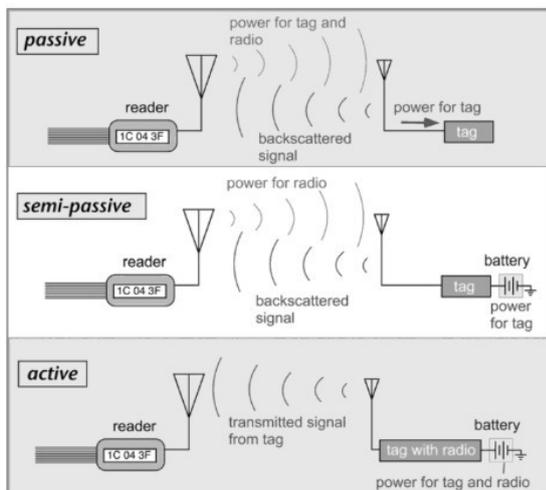
C. Tags RFID

As tags RFID em Ultra-Alta Frequência (UHF) operam na faixa de 300 MHz a 3 GHz, sendo amplamente utilizadas em aplicações comerciais e industriais devido ao seu longo alcance de leitura e alta velocidade de transmissão [10]. Essas tags podem ser classificadas em três tipos principais: passivas, semi-passivas e ativas.

As tags passivas não possuem bateria interna e utilizam a energia do sinal emitido pelo leitor RFID para alimentar seu circuito e transmitir informações. Já as tags semi-passivas possuem uma bateria interna para alimentar o chip, mas ainda dependem do sinal do leitor para transmissão. Por fim, as tags ativas possuem uma bateria própria e transmitem sinais de forma autônoma, permitindo maior alcance e funcionalidades avançadas [11].

A escolha do tipo de tag RFID a ser utilizada depende das necessidades específicas de cada aplicação. No contexto agrícola, as tags passivas são amplamente adotadas para rastreamento de produtos e monitoramento de processos logísticos devido ao seu baixo custo e longa vida útil. No entanto, sua performance pode ser afetada por interferências de metais e líquidos, exigindo técnicas avançadas de design de antenas e processamento de sinais para mitigar esses desafios [12].

Figura 2: Tipos de tags RFID



Fonte: [8].

D. RFID na Agricultura.

A tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID) tem sido amplamente adotada na agricultura nos últimos anos, proporcionando melhorias significativas em eficiência e gestão [13]. Um dos principais usos do RFID no setor agrícola é o rastreamento de produtos ao longo da cadeia produtiva, garantindo a segurança alimentar e a autenticidade dos alimentos. Na pecuária, por exemplo, etiquetas RFID são utilizadas para monitorar a localização, saúde e histórico de vacinação dos animais, facilitando o manejo e aumentando a rastreabilidade dos produtos de origem animal [14].

Além disso, o uso de sensores RFID em culturas agrícolas permite o monitoramento de variáveis ambientais, como umidade do solo e temperatura, auxiliando na tomada de decisões sobre irrigação e aplicação de fertilizantes. Essa tecnologia também tem sido aplicada para o rastreamento de máquinas e equipamentos agrícolas, reduzindo perdas e aumentando a eficiência no campo [15].

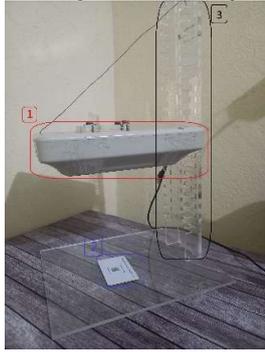
Pesquisas recentes mostram que o uso do RFID na agricultura pode reduzir desperdícios e melhorar a logística da distribuição, possibilitando um controle mais preciso da qualidade dos produtos desde a colheita até o consumidor final [16]. No entanto, desafios como o custo de implementação e a necessidade de infraestrutura tecnológica ainda limitam a adoção em larga escala. Para superar essas barreiras, estratégias de integração com outras tecnologias emergentes, como inteligência artificial e blockchain, têm sido exploradas para garantir maior segurança e eficiência no uso do RFID no setor agrícola [17].

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A avaliação da maturidade dos melões é crucial para garantir a qualidade do produto ao consumidor. Tradicionalmente, essa avaliação envolve métodos invasivos, como a medição do teor de sólidos solúveis totais, que requerem a perfuração ou corte da fruta, resultando em desperdício significativo [14]. Estudos indicam que, durante o período de avaliação, frutos de melão podem perder até 5,49% de seu peso quando armazenados em temperatura ambiente [14]. Para mitigar essas perdas, alternativas como o desenvolvimento de suco-base de melão têm sido propostas, permitindo o aproveitamento de frutas que, de outra forma, seriam descartadas [15]. Além disso, a implementação de tecnologias não destrutivas, como sensores de proximidade e dispositivos de ressonância magnética, tem sido explorada para avaliar a maturidade sem danificar os frutos, reduzindo assim o desperdício no processo de seleção [15].

Nesse contexto, foi desenvolvido um aparato de medição baseado em uma tag RFID passiva como mostra a Figura 3. Com o objetivo de avaliar a maturidade do melão por meio da alteração do sinal RSSI captado por uma leitora RFID.

Figura – 3. Aparato de medição RFID.



Fonte: Figura do autor

Na Figura 3, é possível observar a composição do aparato de leitura, onde: 1 corresponde à antena de ganho de 8 dBi embutida na leitora RFID modelo YR9010, que possui o chip PR9200 com o padrão EPC Gen2 UHF, mostrado na Figura 4 abaixo; 2 indica o posicionamento da tag; e 3 representa o braço regulável verticalmente para ajustes de altura.

Figura – 4. Aparato de medição RFID.

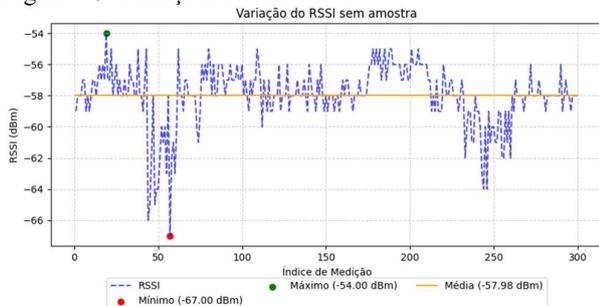


Fonte: Figura do autor

IV. RESULTADOS PRELIMINARES

Com a montagem do aparato de medição, foram realizados testes com amostras de 5 melões maduros, com o objetivo de verificar e ajustar a instabilidade da variação do sinal RSSI para análise de correlação com o nível de maturidade dos melões.

Figura – 5. Medições da amostra 1.

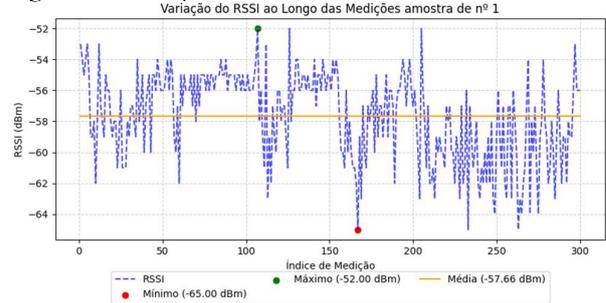


Fonte: Figura do autor

A primeira medição foi realizada sem amostras para fins de comparação. Foi obtida uma média de -57,98 dBm em

300 leituras, com uma variação de -13 dBm entre o maior e o menor valor.

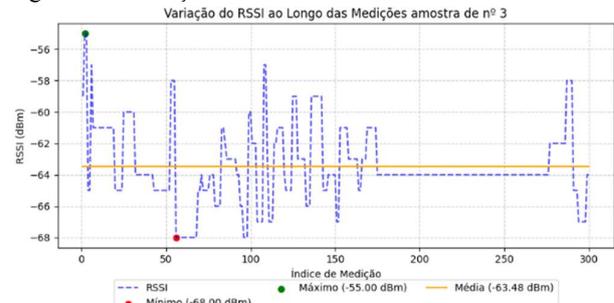
Figura – 6. Medições da amostra 1.



Fonte: Figura do autor

Na medição da primeira amostra, o resultado obtido foi uma média de -57,55 dBm para um total de 300 leituras. Foi fora do esperado, pois o ganho foi melhor do que no teste sem amostras, mantendo a mesma variação de -13 dBm.

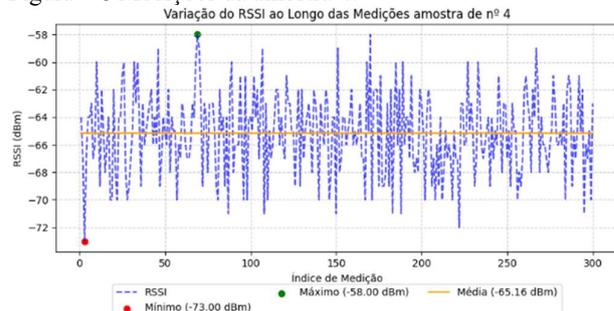
Figura – 7. Medições da amostra 2.



Fonte: Figura do autor

Já na medição da terceira amostra, o resultado obtido foi uma média de -63,48 dBm para um total de 300 leituras, apresentando boa estabilidade em determinado momento. Conforme o esperado, houve aumento da perda de dBm devido à interferência da amostra. No entanto, a variação permaneceu em -13 dBm.

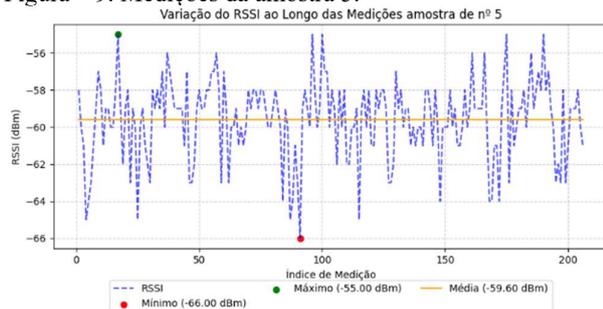
Figura – 8 Medições da amostra 4.



Fonte: Figura do autor

A medição da quarta amostra apresentou uma média de -65,16 dBm em 300 leituras, demonstrando o impacto da interferência da amostra do melão não só no sinal RSSI, mas também na variação do sinal de leitura, que foi de -15 dBm.

Figura – 9. Medições da amostra 5.



Fonte: Figura do autor

O último teste realizado, com alterações no programa da leitora, resultou em uma média de -59,60 dBm em 300 leituras, com uma variação de -11 dBm entre o maior e o menor valor.

V. CONCLUSÃO

Os testes preliminares foram realizados utilizando cinco amostras de melões maduros com o objetivo de analisar a estabilidade do sinal RSSI e sua relação com o estágio de maturação dos frutos. As medições foram conduzidas com 300 leituras para cada amostra, e os resultados evidenciaram variações significativas na intensidade do sinal, indicando possíveis correlações com a composição interna dos frutos.

A primeira medição foi realizada sem a presença de amostras para estabelecer uma referência comparativa. Nesse teste inicial, obteve-se uma média de -57,98 dBm, com uma variação de -13 dBm entre o maior e o menor valor registrado. Esse dado serviu de base para comparação com as medições subsequentes (Figura 5).

Na análise da primeira amostra de melão, a média do sinal RSSI foi de -57,55 dBm, com uma variação de -13 dBm, similar à medição sem amostras. Esse resultado indica que a presença do melão teve um impacto mínimo na atenuação do sinal, possivelmente devido ao seu estágio inicial de maturação (Figura 6).

REFERÊNCIAS

- [1] Finkenzeller, K. (2010). *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. John Wiley & Sons.
- [2] Nikitin, P. V., & Rao, K. V. S. (2006). "Performance limitations of passive UHF RFID systems." *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, 1011-1014.
- [3] Islam, M. T., Samsuzzaman, M., & Kibria, S. (2015). "Compact RFID Tag Antenna for Agricultural Applications." *Sensors*, 15(9), 22602-22618.
- [4] Wang, Y., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. (2019). "Recent developments in drying and dewatering of fruits and vegetables: A review." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(4), 501-517.
- [5] Marrocco, G. (2008). "The art of UHF RFID antenna design: Impedance-matching and size-reduction techniques." *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 50(1), 66-79.
- [6] Pedroso, M. C., Zwicker, R., & Souza, C. A. (2009). Adoção de RFID no Brasil: um estudo exploratório. *Revista de Administração Mackenzie*, 10(1), 12-36. M. Young, *The Technical Writer's Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- [7] Silva, M. M., Silva, R. P., & Silva, E. S. (2016). Aplicações de RFID no contexto da Indústria 4.0: uma revisão sistemática. *Anais do XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- [8] D. P. Kingma and M. Welling, "Auto-encoding variational Bayes," 2013, arXiv:1312.6114. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1312.6114>
- [9] Dobkin, D. M. (2012). *The RF in RFID: Passive UHF RFID in Practice* (2nd ed.). Newnes.
- [10] Landt, J. (2017). Shrouds of Time: The history of RFID. *Proceedings of the IEEE*, 105(1), 123-130.
- [11] Nikitin, P. V., & Rao, K. V. S. (2016). Performance limitations of passive UHF RFID systems. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 64(8), 3242-3250.
- [12] Koenigkan, L. V., & Narciso, M. G. (2009). Aplicações da tecnologia de identificação por radiofrequência (RFID) na pesquisa e produção agropecuária. *Embrapa Agricultura Digital*. Link
- [13] CWS Tecnologia. (2024). RFID e beacons: sustentabilidade e eficiência para o setor agrícola.
- [14] Viaonda RFID. (2024). RFID na Agricultura e Pecuária.
- [15] Scielo. (2021). Avaliação da maturidade e conservação pós-colheita do melão. *Scientia Plena*.
- [16] Embrapa. (2019). Melão desperdiçado é alternativa à maçã na indústria de bebidas.