

INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL NA BANANICULTURA: SISTEMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL COM ULTRA BAIXO CONSUMO ENERGÉTICO E IOT

**Ronaldo de Oliveira Elias¹, Ryan Gustavo Pedrozo dos Santos¹, Luan Maestre Melo¹,
Jéssica Marques de Mello², Leandro Augustinho Anselmo², Mariana Matulovic¹, Flávio
José de Oliveira Morais²**

¹ Faculdade de Ciências de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Tupã, Brasil, ronaldo.oliveira@unesp.br

² Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, Brasil.

Resumo: A banana (*Musa spp.*) é amplamente consumida globalmente por seu alto valor nutricional. Fatores climáticos, como vento, umidade, precipitação, temperatura e luminosidade, afetam seu desenvolvimento. Para otimizar a produção, é essencial usar tecnologias que monitorem essas variáveis em tempo real. Contudo, pequenos produtores enfrentam limitações financeiras. Este estudo propõe a incorporação de sensores em placas de circuito impresso, permitindo que agricultores obtenham informações essenciais para decisões assertivas e melhorem a produtividade e a qualidade dos produtos.

Palavras-chave: Agricultura digital, Internet das Coisas (IoT), Monitoramento agrícola.

INTRODUÇÃO

A banana pode ser considerada um superalimento, ou seja, um fruto com muitos benefícios nutricionais, sendo rica em fibras, vitaminas e aminoácidos (Bojarska, 2020), nesse sentido pode se enquadrar como uma fonte para a diversificação nutricional de muitos da população, incluindo os de menor renda, já que ao apresentar custo significativamente baixo, assegurando junto a outros alimentos a segurança alimentar dessas pessoas (Varma e Bebbber, 2019).

A produção agroalimentar, no aspecto da bananicultura, é realizada por meio da espécie *Musa spp.*, a qual a fruta possui aspectos biofísicos para a produção em países de clima temperado e tropical, ou seja, depende de regiões como parte da África, América Central e do Sul, além da Ásia, tal como pode ser observado, em dados da produção mundial de 2022, de acordo com Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2024).

Nesse sentido, o Brasil como um país continental, apresenta uma vasta área agricultável, disponibilidade hídrica e ainda possui o clima desejável para a produção das bananas. Além disso, apresenta destaque na produção mundial, já que é o quarto maior produtor, tendo em vista que conta com a produção de 6,8 mil toneladas, em uma área de aproximadamente 457 mil hectares (IBGE, 2024).

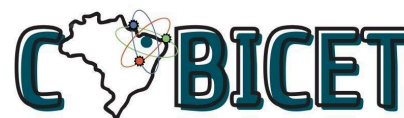
A produção agrícola brasileira apresenta uma diversificação quanto às características socioeconômicas de seus produtores, porém na

bananicultura, a sua maior parcela (60%) é dada pela agricultura familiar (EMBRAPA, 2024).

A agricultura familiar e de grande parcela dos pequenos produtores, em muito dos casos no país ainda é pouco tecnificado ou próximas das tecnologias atuais, devido aos custos, ou até mesmo a falta de disseminação de informações (Souza et al., 2019), tal como as abordagens trazidas ao campo por meio da agricultura digital, como computação em nuvem, inteligência artificial, *big data*, IoT (internet das coisas e as redes de sensores (Lisbinski et al., 2020), a qual a última tem destaque, pelo baixo custo de desenvolvimento e contínuo funcionamento.

O uso de tecnologias como as redes de sensores, pode além de trazer a democratização da tecnologia aos agricultores familiares, como também melhorar e aumentar a produtividade, uma vez que o uso de sensores permite entender de imediato ou por meio de séries temporais, como fatores edafoclimáticos e aspectos biofísicos, ou seja, variáveis inerentes ao solo, clima e ao ambiente, podem estar relacionando se com o microclima da região e afetando a plantação de bananeiras (Pyngkodi et al., 2022; Silva et al., 2022).

A compreensão da relação entre as variáveis climáticas no sentido agrícola - alternativamente denominada de variáveis agroclimáticas, com a produção agrícola, pode trazer inúmeros aspectos para um produtor, tal como as melhores condições em cada período do ano para obter maior produção. Com base nesta abordagem é de suma importância a



compreensão de como cada variável agroclimática pode afetar a bananicultura, a qual neste caso há destaque para cinco fatores, o vento, umidade relativa, precipitação, temperatura ambiente e fotoperíodo (Thakur et al., 2024).

O vento, em particular, é um dos principais fatores por efeitos adversos para produtores, pois pode levar à redução foliar, ao fendilhamento entre nervuras secundárias, à diminuição da taxa fotossintética e, consequentemente, a um crescimento inferior da bananeira (Maro et al., 2021).

No que diz respeito à umidade relativa, a banana apresenta melhores rendimentos em regiões cuja taxa média anual ultrapassa $85\pm 2\%$ (Chia e Lim, 2022). Esse parâmetro é essencial para a emissão foliar, prolongamento da longevidade da planta, favorecimento da inflorescência e uniformização da coloração dos frutos.

Por outro lado, a temperatura está intimamente relacionada aos processos respiratórios e fotossintéticos dos frutos, sendo necessário o fornecimento ideal de temperaturas entre 18 e 34°C para uma produção acentuada (Belatus e Abul-Soad, 2023, p. 58-86).

A bananeira, assim como outras culturas, requer um fornecimento contínuo de água para seu pleno desenvolvimento. De acordo com De Holanda Souza (2022), as regiões que apresentam as maiores produções desse fruto são aquelas com precipitação anual em torno de 1900 mm, caracterizadas por uma distribuição uniforme das chuvas ao longo do ano. Portanto, a análise dos índices pluviométricos anuais é fundamental para a implementação bem-sucedida dessa cultura, já que o excesso ou falta é prejudicial às plantas (Olivares et al., 2021).

Por fim, o fotoperíodo, que trata-se de uma variável ambiental determinante na bananicultura, uma vez que a exposição adequada à luz solar é essencial para o desenvolvimento saudável das plantas, influenciando diretamente na duração do seu ciclo produtivo, a qualidade e a conservação dos frutos. Para otimizar seu crescimento e produtividade, a banana necessita de mais de 2000 horas de luz solar por ano, e caso seu suprimento de luminosidade seja inferior ao demandado, seu ciclo fenológico prolonga-se e a qualidade do fruto é reduzida (Blomme et al., 2020). Além disso, a luz solar impacta diretamente na fotossíntese, afetando o teor de açúcares e a coloração dos frutos, características da cultura essenciais para aceitação no mercado.

Diante das questões climáticas supracitadas e visando uma produção crescente e aliada ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2 (ODS2) elaborado pela Organização das Nações Unidas (ONU), a adoção de novas tecnologias para a mensuração

desses parâmetros é de suma importância. Contudo, como supracitado, parte dos produtores carecem de recursos financeiros e tecnológicos para investir em equipamentos de alto valor agregado que possibilitem a obtenção em tempo real de condições climáticas que influenciam na sua produção.

Nesse contexto, a incorporação de sensores no cultivo agrícola surge como uma solução viável e acessível permitindo que os produtores rurais monitorem os parâmetros essenciais de suas plantações. Essa abordagem permitirá uma tomada de decisão mais informada e, consequentemente, a melhoria da qualidade do produto final. Ao dispor de informações precisas sobre as condições ambientais, os agricultores poderão adotar práticas de manejo otimizadas, maximizando a produtividade e eficiência do sistema de produção.

O uso de sensores aliados no monitoramento de variáveis ambientais e ainda que seja desenvolvido com custo reduzido, pode ser realizado por meio da fabricação das chamadas PCB (Placa de Circuito Impresso), que de forma geral permite a implantação de componentes eletrônicos com baixo consumo e que sejam economicamente viáveis.

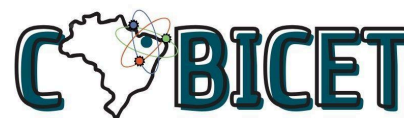
A implementação de uma PCB com o objetivo de monitoramento agrícola, carece da constituição principalmente de três subsistemas, a alimentação por meio de baterias e carregadores, o subsistema de controle e gerenciamento que pode ser realizado por um microcontrolador, que atua como um microcomputador, e por fim o subsistema de comunicação, que emprega um conjunto de técnicas e dispositivos capazes de transmitir os dados para o usuário (produtor) ou para a nuvem (Antora et al., 2023).

Na abordagem descrita, a operação de transmitir pode realizada por inúmeras maneiras oriundas das Tecnologias da Comunicação e Informação (TIC), que atualmente tem ganhado espaço e destaque com aplicações na agricultura, é o IoT, que possibilita a conectividade no campo, já que dispõe de interconexões entre dispositivos de coleta, armazenamento e análise, por meio de conexões *wireless* e pela internet (Morchid et al., 2024).

Desta forma, o presente estudo tem por objetivo o desenvolvimento de um sistema de monitoramento na bananicultura, por meio da implementação da técnica de fabricação de PCB para um conjunto de sensores e no emprego de comunicação IoT.

MATERIAL E MÉTODOS

A aplicação e materialização de uma PCB deve passar por uma sequência de etapas, tal como a



esquemática do seu funcionamento, na qual é necessário a elaboração de uma esquema elétrico, a partir da idealização do projeto, contando com os subsistemas principais, que neste sentido para a aplicação do sistema de monitoramento, inicialmente terá por constituição apenas uma módulo coletor de variáveis agroclimáticas, como ilustrado na Figura 1.

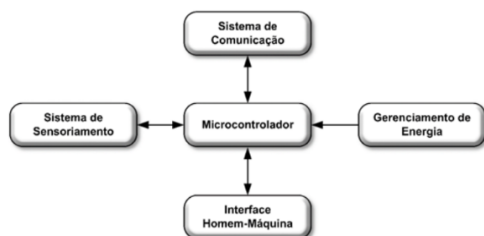


Figura 1. Subdivisão do módulo do sistema de monitoramento para plantação de bananeiras (os autores).

Com base na estrutura apresentada na Figura 1, foi possível realizar a especificação dos componentes, ou seja, a determinação de cada eletrônico para uso nos subsistemas, incluindo subsistema de controle e gerenciamento, sensoriamento, comunicação de dados e alimentação.

Baseado nisso, a especificação para o subsistema de controle e gerenciamento, ou seja, do MCU (Microcontrolador), foi realizada por meio de uma avaliação quanto ao consumo de energia e custo operacional. Desta forma, o microcontrolador especificado foi o MSP430FR2355 fabricado pela Texas Instruments, considerando seu custo acessível, consumo de energia extremamente reduzido e seus diversos modelos disponíveis, permitindo a implementação de aplicações precisas com um custo operacional minimizado.

Desta forma, o MCU MSP430FR2355 é caracterizado por um sistema que integra 32 KB de memória FRAM (*Ferroelectric Random-Access Memory*), utilizada para o armazenamento tanto de dados quanto de instruções, um barramento de dados de 16 bits e 38 pinos de conexão (Texas Instruments, 2018). A Figura 2 apresenta o diagrama do microcontrolador, acompanhado de uma descrição simplificada das funções de cada pino. Essa configuração permite uma flexibilidade significativa, o que garante um desempenho eficiente e adequado às exigências do projeto.

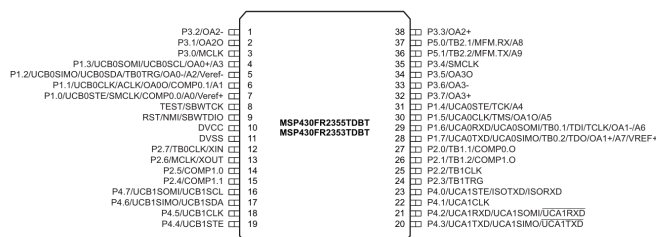


Figura 2. Mapa de pinos do microcontrolador MSP430FR2355 (Texas Instruments 2018).

Para o subsistema de sensoriamento, foram elencadas as principais variáveis agroclimáticas para a produção de banana, a qual foi identificado a temperatura ambiente, umidade relativa do ar e ainda o fotoperíodo. Desta maneira para a coleta de dados da temperatura ambiente, foi considerado o uso do sensor LMT85 (Texas Instruments, 2013), que é capaz de monitorar a temperatura com alta precisão e baixo consumo energético.

O sensor de temperatura LMT85 é baseado em um termistor de platina que utiliza a tecnologia CMOS (*Complementary Metal-Oxide-Semiconductor*), sendo capaz de medir temperaturas em uma ampla faixa, geralmente de -50°C a $+150^{\circ}\text{C}$, o tornando versátil para inúmeras aplicações. Além disso, este pode ser alimentado com uma ampla faixa de tensões, variando de 2,7 a 5,5 V, sendo a tensão estabelecida conforme a faixa de alimentação do microcontrolador. O LMT85, tratando-se de um sensor analógico, apresenta saídas que variam de 1955 mV a 301 mV, a qual por meio de um ganho de tensão $-8,2 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ e precisão de $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$, é possível obter temperaturas entre -50°C a 150°C , além disso a conexão com o MCU é feito por meio dos pinos que dão suporte para Conversor Analógico Digital (ADC).

A umidade relativa do ar, é monitorada pelo uso do sensor HDC1080 (Texas Instruments, 2015), que corresponde a um sensor de umidade e temperatura digital de alta precisão. Este sensor utiliza um material capacitivo para medir a umidade e utiliza um termistor para a mensuração de temperatura. Além disso, apresenta uma alta faixa de medição, de 0 a 100% para umidade relativa do ar e de -40 a 125°C para temperatura, podendo atuar em uma faixa de tensão de alimentação de 2.7 V a 5.5 V. O sensor comunica-se com o MCU por meio de interfaces de comunicação padrão, como I2C (*Inter-Integrated Circuit*) ou SMBus (*System Management Bus*).

Por fim, o fotoperíodo, é avaliado pelo uso do LDR (*Light Dependent Resistor*), também conhecido como resistor dependente da luz, corresponde a um

componente eletrônico que varia sua resistência elétrica com base na resposta da intensidade luminosa incidente sobre ele. A resistência elétrica aumenta quando a intensidade da luz diminui e vice-versa. Algumas características deste sensor é que sua resistência varia em uma ampla faixa, geralmente de kilohms ($k\Omega$) a megaohms ($M\Omega$), dependendo da intensidade de luz, e, dependendo do material do sensor, este é sensível a diferentes comprimentos de onda de luz. No projeto, o LDR foi inserido em uma configuração de divisor de tensão. Assim como o LMT85, foi utilizado um pino do MCU que apresenta suporte a entrada de ADC para realizar a leitura da tensão na saída do LDR.

Para a comunicação sem fio, transmissão e recepção dos dados mensurados dos sensores para uma análise posterior, foi utilizado um módulo de comunicação LoRa (*Long Range*) por radiofrequência para transmissões a longas distâncias de até 1,5 km (Kodalli, 2018).

Por fim, após todas as especificações anteriores, pode-se ter uma compreensão a respeito do consumo médio de energia do módulo. Finalizada a análise sobre o gasto energético, foi possível projetar um subsistema de gerenciamento de energia, dimensionando um núcleo de bateria recarregável de Li-Íon (*lithium-ion*) de tensão nominal 3,7V e capacidade nominal de 1200mAh. Também foi adicionado o CI (Circuito Integrado) TP4056 que possibilita a inclusão de um sistema de *Energy Harvesting* (solar ou térmico *outdoor*).

Baseado nos componentes eletrônicos especificados, foi possível realizar a elaboração do diagrama esquemático, das conexões elétricas, que por fim, foi realizado o *layout* de *hardware*, ou seja, a disposição de componentes eletrônicos para impressão da PCB, a qual todas etapas foram realizadas no *software* KiCad (2024), um programa de código aberto amplamente utilizado para o projeto eletrônico assistido por computador. Por meio do *layout*, foi possível o envio para fabricação da PCB, que no caso específico foi realizada na China por meio da fabricante JLCPCB (2024).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visto que o desenvolvimento do projeto ainda encontra-se em fase final, os resultados obtidos até então referem-se ao aprimoramento do *layout* e de testes preliminares de funcionalidades. Desta maneira, ao empregar o uso do *software* KiCad, foi obtido o *layout* já contido dos componentes, tal como ilustrado na Figura 3 e Figura 4.

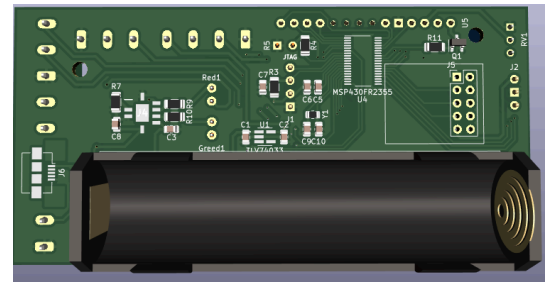


Figura 3. Renderização 3D da PCB disponível para a fabricação, sem as conexões externas.

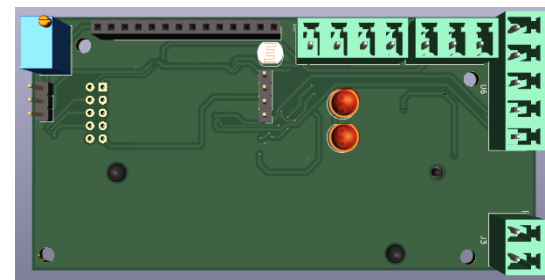


Figura 4. Renderização 3D da PCB disponível para a fabricação, contendo a possibilidade de conexões externas.

Cabe ressaltar que as conexões externas empregadas na Figura 4, tem por intuito o uso para os sensores e a comunicação, o que viabiliza a implementação de cabos maiores, adaptando-se à realidade da plantação. Além disso, os sensores podem ser alocados junto ao módulo, tal como apresentado na Figura 5.

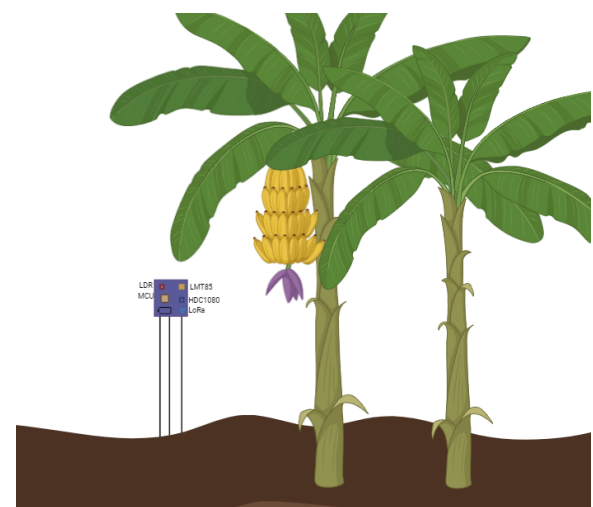


Figura 5. Disposição do módulo de monitoramento próximo às bananeiras.

Por fim, baseado no *layout* apresentado, foi realizada a fabricação, como descrita anteriormente, a qual foi realizada a soldagem de cada componente, seguida de testes de funcionamento por meio do uso de um multímetro, foi realizada a verificação de conexões de vias e alimentação das partes. Além disso, foi também aferido as saídas dos sensores, que ficou constatado o pleno funcionamento de todos os subsistemas. Nesse sentido, foi obtido o módulo apresentado na Figura 6.

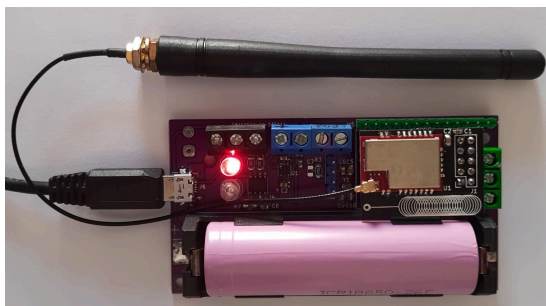


Figura 6. Módulo de monitoramento desenvolvido para a captura de variáveis como a temperatura ambiente, umidade relativa do ar e fotoperíodo na cultura da banana.

Após a elaboração do *layout*, antecipa-se a execução e adaptações pertinentes da PCB no *hardware* projetado. Adicionalmente, planeja-se conduzir experimentos em um cultivo de bananas situado no município de Tupã, São Paulo. Estas etapas são cruciais para garantir a funcionalidade e eficácia do *hardware* em condições reais de operação.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento agrícola é uma tendência crescente nos últimos anos, uma vez que permite o emprego de inúmeras técnicas e tecnologias, a qual possibilita compreender a situação no campo em tempo real e ainda obter informações de suma importância para o produtor baseando-se em dados. Neste sentido, a agricultura contemporânea recebe o nome de digital, pois traz um conjunto de artefatos da tecnologia de informação e comunicação, como meios de comunicação *wireless* e o uso de sensores.

A produção de alimentos ricos em nutrientes é um fator decisivo para a agricultura, uma vez que determina a qualidade e quantidade produzida, dessa forma, a banana é uma fruta muito produzida e consumida no Brasil, tornando um foco de interesse no desenvolvimento tecnológico, sendo necessário destacar que parte dessa produção é feita por pequenos ou pela agricultura familiar, a qual, em sua

maioria, possui pouco acesso às tecnologias devido a questões financeiras.

Baseado nisso, o presente estudo abordou o desenvolvimento de um módulo de baixo custo, a qual fará parte de um sistema de monitoramento na bananicultura, a qual inclui com sucesso um sistema de comunicação de longo alcance, permitindo futuramente o acesso a técnica do IoT, aumentando a digitalização do campo, além disso, ao empregar o uso de sensores de temperatura ambiente, umidade relativa do ar e fotoperíodo, será possível detalhar a produção e traçar correlações entre os períodos produtivos e tail variáveis agroclimáticas.

AGRADECIMENTOS

A Faculdade de Ciências e Engenharia e a Universidade Estadual Paulista, pela oportunidade e pelo uso de equipamentos e laboratórios. Este estudo foi financiado em parte pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo por meio do processo 2023/09903-5. E pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) por meio dos processos 6803 e 10020.

REFERÊNCIAS

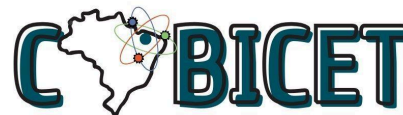
ANTORA, Sabiha Shahid *et al.* Development and assessment of a field-programmable gate array (FPGA)-based image processing (FIP) system for agricultural field monitoring applications. *AgriEngineering*, v. 5, n. 2, p. 886-904, 2023.

BELATUS, Ebtsam Labib; ABUL-SOAD, Adel Ahmed. Banana Cultivation for Resilience to Climate Change. In: *Cultivation for Climate Change Resilience*, Volume 1. CRC Press, 2023. p. 58-86.

BLOMME, Guy *et al.* Sensitivity and tolerance of different annual crops to different levels of banana shade and dry season weather. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 4, p. 545926, 2020.

Bojarska, Joanna. *Amino acids and short peptides as anti-aging "superfood"*. 2020. Disponível em: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:249892011>. Acesso em: 23 maio. 2024.

CHIA, S. Y.; LIM, M. W. A critical review on the influence of humidity for plant growth forecasting1. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 1257, p. 012001, 2022. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1257/1/012001>. Acesso em: 26 maio. 2024.



DE OLANDA SOUZA, Gabriel Henrique et al. Agroclimatic zoning for bananas under climate change in Brazil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 102, n. 14, p. 6511-6529, 2022.

EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. *Banana*.

Disponível em:

<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/banana#:~:text=Economicamente%2C%20a%20banana%20destaca%2Dse.produ%C3%A7%C3%A3o%20proveniente%20da%20agricultura%20familiar>.

Acesso em: 25 maio. 2024.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *FAOSTAT: Crops and livestock products*. Disponível em:

<https://www.fao.org/faostat/en/>.

Acesso em: 28 maio. 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Produção agrícola - Lavoura permanente*. Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/11863>.

Acesso em: 24 maio. 2024.

JLCPCB. (2024). Prototype PCB Assembly - JLCPCB. <https://jlcpcb.com>

KiCad. (2023). KiCad: Electronic design automation suite. <https://www.kicad.org>.

KODALI, Ravi Kishore; YERROJU, Subbachari; SAHU, Shubhi. Smart farm monitoring using LoRa enabled IoT. In: 2018 second international conference on green computing and internet of things (ICGCIoT). IEEE, 2018. p. 391-394.

MARO, Luana Aparecida Castilho et al. Recuperação e renovação de bananais atingidos por vendavais e ciclone. *Agropecuária Catarinense*, v. 34, n. 2, p. 15-17, 2021.

MOHANKUMAR, A.; GOWTHAM, R. Revolutionizing Automated Agriculture: A Brief Overview of an Advanced Smart Agriculture System Using Arduino UNO. 2024. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/111647036/48373-libre.pdf>.

Acesso em: 27 maio. 2024.

MORCHID, A.; ALBLUSHI, I. G. M.; KHALID, H. M.; EL ALAMI, R.; SITARAMANAN, S. R.; MUYEEN, S. M. High-technology agriculture system to enhance food security: A concept of smart irrigation system using Internet of Things and cloud computing. *Journal of the Saudi Society of*

Agricultural Sciences, Elsevier, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X24000110>. Acesso em: 25 maio. 2024.

OLIVARES CAMPOS, Barlin Orlando et al. The relationship between the normalized difference vegetation index, rainfall, and potential evapotranspiration in a banana plantation of Venezuela. *SAINS TANAH - Journal of Soil Science and Agroclimatology*, v. 18, n. 1, p. 58-64, 2021.

PYINGKODI, M.; THENMOZHI, K.; NANTHINI, K.; KARTHIKEYAN, M.; PALARIMATH, Suresh; ERAJAVIGNESH, V.; KUMAR, G. Bala Ajith. Sensor based smart agriculture with IoT technologies: a review. In: *2022 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*. IEEE, 2022, p. 1-7.

SILVA, R. F. M. da; PAPA, M.; BERGIER, I.; OLIVEIRA, S. R. M. de; CRUZ, S. A. B. da; ROMANI, L. A. S.; MASSRUHÁ, S. M. F. S. Digital transformation for improving sustainable value of products and services from agri-food systems. *Frontiers in Sustainability*, v. 3, p. 1048701, 2022.

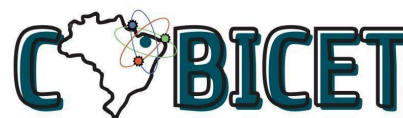
SOUSA, P. M. de; FORNAZIER, A.; SOUSA, H. M. de; PONCIANO, N. J. Diferenças regionais de tecnologia na agricultura familiar no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 57, p. 594-617, 2019.

Texas Instruments Inc. *HDC1080, Low Power, High Accuracy Digital Humidity Sensor with Temperature Sensor*. Datasheet, 2019. [online] Available: <https://www.ti.com/product/HDC1080>. Acesso em: 22 maio. 2024.

Texas Instruments Inc. *LMT85, Precision Centigrade Temperature Sensors*. Datasheet, 2019, [online] Available: <https://www.ti.com/product/LMT85>. Acesso em: 22 maio. 2024.

Texas Instruments Inc. *MSP430FR2355, MSP430FR235x Mixed-Signal Microcontrollers*. Datasheet, 2019. [online] Available: <https://www.ti.com/product/MSP430FR2355>. Acesso em: 22 maio. 2024.

THAKUR, Yashasvi; SHARMA, Aashima; SHARMA, Vikas Kumar. A Review on the Relationship of Climate Variability and Extremes with Crop Production. *International*



Journal of Environment and Climate Change, v. 14, n. 4, p. 513-529, 2024.

VARMA, Varun; BEBBER, Daniel P. Climate change impacts on banana yields around the world. **Nature Climate Change**, v. 9, n. 10, p. 752-757, 2019.