



FACULDADE DE TECNOLOGIA DO AMAPÁ - META
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

ARNOLD BRITO GOMES
BARBARA KEZIA E SOUZA BRANDÃO

AUTOMATIZAÇÃO NA COLHEITA DA ACEROLA

MACAPÁ – AP
2023

ARNOLD BRITO GOMES
BARBARA KEZIA E SOUZA BRANDÃO

AUTOMATIZAÇÃO NA COLHEITA DA ACEROLA

Trabalho de Conclusão de Curso na Modalidade de Monografia apresentada a Faculdade de Tecnologia do Amapá - META, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação, sob orientação do Prof. Me. Alex Sanches Macedo.

MACAPÁ – AP
2023

ARNOLD BRITO GOMES
BARBARA KEZIA E SOUZA BRANDÃO

AUTOMATIZAÇÃO NA COLHEITA DA ACEROLA

Trabalho de Conclusão de Curso na Modalidade de Monografia apresentada a Faculdade de Tecnologia do Amapá - META, como requisito final à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia da computação.

DATA DE APROVAÇÃO: ____/____/____.

Prof. Alex Sanches Macedo

Prof. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (Avaliador 1)

Profª. XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX (Avaliador 2)

TÍTULO: AUTOMATIZAÇÃO NA COLHEITA DA ACEROLA

Autores: Arnold Brito Gomes ¹

Barbara Kezia e Souza Brandão ²

Orientador: Alex Sanches Macedo ³

Resumo: A automação na colheita da acerola representa uma inovação significativa no setor agrícola, oferecendo eficiência operacional e otimização do processo de colheita. A acerola, uma fruta rica em vitamina C e com grande demanda no mercado, historicamente exigiu métodos manuais de colheita devido à delicadeza de suas frutas, por outro lado a partir do aumento de sua demanda a colheita manual já não se mostra tão vantajosa. A introdução da automação nesse contexto traz benefícios substanciais, reduzindo a dependência de mão de obra manual, minimizando custos e aumentando a produtividade. O sistema de automação desenvolvido para a colheita da acerola combina as características técnicas do Arduino e a programação em C para criar uma solução eficiente e adaptável, o arduino oferece uma estrutura de hardware que facilita a integração de sensores e atuadores necessários para a automação na colheita da acerola, esses sensores são programados em C para interpretar dados e tomar decisões em tempo real e os atuadores são utilizados, como motores para movimentação do robô colhedor, controlados diretamente pelo Arduino. Ao unir o Arduino com a programação em C, a solução proposta supera desafios específicos associados à automação na colheita da acerola, proporcionando uma abordagem técnica eficiente e flexível para a agricultura.

Palavras-chave: Automação. Acerola. Colheita. Arduino.

¹ Arnold Brito Gomes Acadêmico do Curso de Bacharelado em Engenharia da Computação da Faculdade de Tecnologia do Amapá – META; E-mail: arnobrito@gmail.com

² Barbara Kezia e Souza Brandão Acadêmico do Curso de Bacharelado em Engenharia da Computação da Faculdade de Tecnologia do Amapá – META; E-mail: babibrandao77@gmail.com

³ Alex Sanches Macedo: Prof. Mestre em Engenharia da Computação – UFPA, docente do curso de Engenharia da Computação; e-mail: alexsanchess@gmail.com

TITLE: AUTOMATION IN ACEROLA HARVESTING

Authors: Arnold Brito Gomes ⁴

Barbara Kezia and Souza Brandão ⁵

Advisor: Alex Sanches Macedo ⁶

Resume: Automation in acerola harvesting represents a significant innovation in the agricultural sector, offering operational efficiency and optimization of the harvesting process. Acerola, a fruit rich in vitamin C and with great demand in the market, historically required manual harvesting methods due to the delicacy of its fruits, on the other hand, due to the increase in demand, manual harvesting is no longer so advantageous. The introduction of automation in this context brings substantial benefits, reducing dependence on manual labor, minimizing costs and increasing productivity. The automation system developed for acerola harvesting combines the technical characteristics of Arduino and C programming to create an efficient and adaptable solution. Arduino offers a hardware structure that facilitates the integration of sensors and actuators necessary for harvesting automation. from acerola, these sensors are programmed in C to interpret data and make decisions in real time and actuators are used, such as motors to move the harvesting robot, controlled directly by Arduino. By combining Arduino with C programming, the proposed solution overcomes specific challenges associated with automation in acerola harvesting, providing an efficient and flexible technical approach to agriculture.

Keywords: Automation. Acerola. Harvest. Arduino.

⁴ Arnold Brito Gomes Academic from the Bachelor's Degree in Computer Engineering at the Faculty of Technology of Amapá – META; E-mail: arnobrito@gmail.com

⁵Barbara Kezia e Souza Brandão Academic from the Bachelor's Degree in Computer Engineering at the Faculty of Technology of Amapá – META; E-mail: babibrandao77@gmail.com

⁶ Alex Sanches Macedo Prof. Master in Computer Engineering -UFPA, professor of the Computer Engineering couse. E-mail: alexsanchess@gmail.com

Este trabalho é dedicado ao nosso querido e amado filho Antônio Miguel Brandão Gomes (in memoriam), que, apesar das dificuldades, papai e mamãe se formaram. Nos encontraremos no próximo nível, nosso eterno play 1.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de dedicar este espaço para expressar a profunda gratidão a todas as pessoas que de maneira direta ou indireta, contribuíram para a concretização deste trabalho. Este projeto representa não apenas nosso esforço, mas também a contribuição valiosa de muitos indivíduos notáveis no decorrer desses anos de academia no curso de Bacharelado em Engenharia de Computação.

Expressamos nossos mais sinceros agradecimentos ao orientador, Alex Sanches Macedo, pela orientação perspicaz, cuja sabedoria, paciência e rigor acadêmico não apenas guiaram este trabalho, mas também moldaram significativamente o nosso desenvolvimento intelectual e profissional. Suas orientações, frequentemente pontuadas por anedotas inspiradoras e conselhos valiosos, foram fundamentais para superar os desafios inerentes a este projeto.

Queremos estender os agradecimentos a professora MSc. Quele Daiane Ferreira Rodrigues, que sempre ofereceu insights e apoio durante as fases desafiadoras deste projeto. Dando continuidade, não poderia ficar de fora também o coordenador do nosso curso, Vitor Luiz Barreto da Costa, por sua liderança e suporte que foram fundamentais para o sucesso da nossa jornada acadêmica, incentivando-nos constantemente a buscar a excelência e a inovação. Sua dedicação ao desenvolvimento acadêmico e profissional dos estudantes é evidente em cada iniciativa que implementa.

Aos professores de modo geral, que compartilharam seu conhecimento e paixão em cada aula, nosso obrigado por plantarem as sementes da curiosidade e do conhecimento, aos colegas de curso, agradecemos pela amizade, pelas discussões estimulantes e pelo apoio mútuo nos momentos de dificuldade. Nossas jornadas compartilhadas, as sessões de estudo e os momentos de descontração contribuíram significativamente para o crescimento pessoal e acadêmico de ambos.

Não podemos deixar de reconhecer o apoio vital de nossa família, em especial nossa gratidão a nossos pais, Miguel Martins Brandão, Deusirene Oliveira e Souza, Antonio Jaime de Sousa Gomes e Maria José Viana Brito por seus constantes incentivos e compreensões durante este período acadêmico, assim como também aos irmãos de ambos acadêmicos, Jhon Brito Gomes, Bianca Caroline de Souza Brandão e Beatriz Cássia de Souza Brandão, cada um de vocês desempenhou um

papel crucial em nosso percurso acadêmico, e esta conquista é também reflexo do apoio e contribuição de vocês, muito obrigado por fazerem parte desta jornada.

À Faculdade de Tecnologia do Amapá - META, somos gratos pela excelência acadêmica e pelas oportunidades oferecidas. Este trabalho também foi enriquecido pela infraestrutura e suporte administrativo que a instituição proporcionou. Finalizar este Trabalho de Conclusão de Curso representa não apenas o fim de uma etapa acadêmica importante, mas também a celebração das muitas mãos que nos ajudaram a chegar até aqui.

Por fim, manifestamos com profundo agradecimento a todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho. Sua influência foi fundamental para alcançar este marco em nossa jornada acadêmica, muito obrigado a todos e muito obrigado Deus que nos deu força e nos permitiu realizar esse sonho.

O único lugar aonde o sucesso vem antes
do trabalho é no dicionário.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Acerola em seus diversos estágios.....	14
Figura 02: Desenvolvimento da agricultura.....	19
Figura 03: Diagrama Smart farming.	25
Figura 04: Imagem do componente microcontrolador.....	27
Figura 05: Visão superior do Arduino UNO.....	28
Figura 06: Imagem do componente servo motor.....	29
Figura 07: Imagem do componente motor de passo.....	30
Figura 08: Imagem do componente motor dc.....	31
Figura 09: Imagem do componente protoboard.....	32
Figura 10: Imagem do componente de Sensor de vibração.....	33
Figura 11: Imagem do componente Relé.....	34
Figura 12: Imagem visual da plataforma Sketchup.....	35
Figura 13: Imagem de cima para baixo do protótipo sem sua totalidade.....	37
Figura 14: Imagem com zoom levemente estendido, do protótipo.....	38
Figura 15: Imagem frontal com zoom aproximado, do protótipo.....	38
Figura 16: Imagem frontal com zoom estendido, do protótipo.....	39
Figura 17: Imagem do protótipo em sua totalidade.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UEAP	Universidade Estadual Do Amapá
GPS	Global Positioning System
IA	Artificial Intelligence
ML	Machine Learning

Sumário

1 INTRODUÇÃO	14
1.2 PROBLEMÁTICA	15
1.3 OBJETIVO GERAL	17
1.4 OBJETIVO ESPECIFICOS	17
1.5 TRABALHOS CORRELATOS	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 BREVE HISTÓRIA DA AGRICULTURA	19
2.2 AGRICULTURA 1.0	20
2.3 AGRICULTURA 2.0	21
2.4 AGRICULTURA 3.0	23
2.5 AGRICULTURA 4.0	24
2.6 AGRICULTURA 5.0	26
3 MICROCONTROLADOR	27
3.1 ARDUINO	28
3.2 MOTORES	29
3.3 SERVO MOTOR	29
3.6 PROTOBOARD	32
3.7 SENSORES	33
3.8 RELÉ	34
3.9 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO C	35
3.10 SKETCHUP	36
4 MATERIAL E MÉTODO	37
4.1 PLANEJAMENTO	37
4.2 DESENVOLVIMENTO	37
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43

REFERÊNCIAS.....45

ANEXOS 49

1 INTRODUÇÃO

O projeto a ser desenvolvido se tornou pertinente diante de pesquisas a respeito de temas que seriam relevantes em algum âmbito para sociedade. A temática voltada para o setor agrário teve visibilidade a ser estudada para seguimento de um projeto futuro, devido ao foco do governo amapaense e o incentivo do governo federal em fomentar à agricultura familiar.

Tendo em vista que o setor acima citado movimentava em média US\$ 55,2 bilhões no Brasil, segundo a Confederação Nacional Dos Trabalhadores E Trabalhadoras Na Agricultura Familiar Do Brasil (CONTRAF BRASIL).

O ano de 2023 tende a ser um período promissor para meio rural amapaense, em 14 de fevereiro da época acima citada uma iniciativa coordenada pela Universidade Estadual do Amapá (UEAP) em conjunto com a Secretaria da Ciência e Tecnologia (SETEC) reuniu na presença de órgãos jurídicos, administrativos e contábeis do Estado para definir posteriores passos de implantação em melhorias para a comercialização dos alimentos que o homem do campo produz.

O presidente do Instituto de Extensão, Assistência e Desenvolvimento Rural do Amapá (RURAP), Dorival da Costa dos Santos, relatou que o projeto vai otimizar o apoio do Governo ao produtor rural: "Nosso objetivo é, principalmente, dar o apoio que possibilite ao homem do campo a produção e a comercialização do que foi produzido", destacou Dorival.

A acerola é o fruto optado a se trabalhar neste projeto, trata-se de uma pequena fruta originária das regiões tropicais da América Central e do Sul. Ela é conhecida por ser uma excelente fonte de vitamina C e é frequentemente consumida por suas propriedades nutricionais e medicinais, um fruto tropical rico em antioxidantes como vitamina C e antocianinas, tem ganhado destaque no mercado devido ao seu alto teor de ácido ascórbico. Com uma produção anual que ultrapassa 60 mil toneladas no Brasil, a busca por tecnologias que otimizem a colheita e aumentem a produtividade é constante.

Esta fruta é cultivada em diversos estados, incluindo o estado do Amapá, principalmente nas áreas rurais. Com produção a partir dos 2 anos do plantio, a frutificação ocorre de 3 a 7 vezes ao ano a depender do material utilizado, tratamentos culturais e se conduzida em condições de sequeiro ou irrigação. (EMBRAPA 1994).

A Seguir imagem da (*Malpighia emarginata* D.C.) fruta tropical de alto valor nutritivo citado acima.



Figura 01: Acerola em seus diversos estágios.

Fonte: <https://www.plantadelivery.com.br/acerola>

1.2 PROBLEMÁTICA

A colheita da acerola é uma etapa crítica do cultivo, pois os frutos são muito sensíveis e se deterioram rapidamente após a retirada da planta. Além disso, a colheita manual é trabalhosa, demorada e depende da disponibilidade de mão de obra qualificada, assim como materiais e roupas necessárias para bem-estar do colhedor, uma vez que muitas das aceroleiras causam irritações na pele.

Sabe aquela coceira ou irritação na pele quando colhemos as frutas da aceroleira? Pois então, isto ocorre porque seus galhos possuem em sua superfície acúleos urticantes, que nada mais são que espécies de pequenos apêndices epidérmicos que atuam como uma forma de autoproteção da planta contra ameaças externas. Portanto, ao colher suas deliciosas frutas, recomendamos que usem blusas de mangas cumpridas ou ainda as recolher direto do chão, quando caem naturalmente ao chegarem em seu ponto de maturação pleno, prontas para o consumo. (FLRA PAULISTA, 2023).

O cultivo de acerola para exportação exige mão de obra intensiva, principalmente nas etapas de colheita e classificação dos frutos, e ocupa uma posição de destaque entre as fruteiras comercialmente exploradas (EMBRAPA, 2012).

Segundo a revista campo e negócios no ano de 2021 a respeito do manejo de plantio de acerola, apontam que os frutos, devem ser colhidos maduros ou quando estão mudando de coloração do verde para o vermelho, a cada dois ou três dias durante o período de safra. Não é recomendável deixar frutos caídos no pé das plantas.

Gonzaga Neto e Soares (1994), no auge da safra uma pessoa pode colher de 40 a 50 kg de frutos por dia em um pomar de produção. O fruto demora apenas 5 dias para alcançar a condição de extremamente maduro, logo são necessários muitos trabalhadores para que a colheita seja realizada, tornando essa etapa a de maior custo no cultivo.

Produtores estão com dificuldades de conseguir mão de obra para fazer a colheita, e a falta de chuvas também, fez com que muitos desistissem de fazer o cultivo do fruto. Em matéria publicada no G1 em 2015 pode-se observar as dificuldades relatadas.

Para seu Jorge Mariano da Silva, produtor rural, a mão de obra hoje não existe no vale São Francisco, pessoa as vezes tem uma acerola para colher e não colhe por não ter a mão de obra para ser feito o trabalho. Da mesma forma o Senhor José Nivaldo Bezerra, outro produtor rural, argumenta que para ele colher a acerola de seu terreno era necessário em média pelo menos 30 pessoas por dia para executar o serviço e como não estava encontrando decidiu erradicar a acerola e apostar em outro fruto.

Na safra, a colheita é manual, podendo ser realizada diariamente, em dias alternados ou a cada três dias, o que implica em alta demanda de mão-de-obra: cerca de 4-5 pessoas por hectare, com um rendimento médio de 10 a 15 caixas colhidas por pessoa/dia (aproximadamente 15 kg/caixa) [...] devem vestir roupas adequadas por causa da pilosidade da planta que pode causar irritações na pele. (ESTAGIOSITIODOSHERDEIROS, 2021).

A colheita manual da acerola é considerada a atividade com maior custo no processo produtivo, portanto, a mecanização dessa operação vem sendo explorada para viabilização do negócio.

A mecanização no setor agrícola resulta na otimização de diversos processos durante o cultivo, sendo possível expandir, assim, a produção total utilizando o trabalho eficiente dos implementos. No cultivo da acerola, a tecnificação pode estar presente desde os estádios iniciais até na colheita. Inicialmente, o preparo do solo passa por processos similares a outras culturas frutíferas,

como roçagem, destoca, aração e gradagem, sendo todas essas realizadas com o auxílio de maquinários. (CAMPO E NEGÓCIOS, 2022).

1.3 OBJETIVO GERAL

A fim de melhorar a qualidade da colheita, desenvolveremos uma máquina que utiliza arduino como base de automação na colheita da acerola. Nesse contexto, a automatização da colheita da acerola surge como uma alternativa para aumentar a eficiência, a rapidez e uniformidade do processo, reduzindo as perdas e os custos operacionais. A automatização é composta pelo uso de máquinas que fazem a remoção dos frutos das plantas através de um braço que provocam a queda dos frutos sobre um sistema de coleta e armazenamento.

1.4 OBJETIVO ESPECIFICOS

Como objetivos específicos a serem alcançados:

- Colher acerola de forma mecanizada, utilizando Arduino como forma de automação.
- Usar a linguagem de programação C para o desenvolvimento.
- Utilização de atuadores e sensores para coleta do fruto.

1.5 TRABALHOS CORRELATOS

Uma variedade de protótipos de robôs móveis agrícolas tem sido concebida para enfrentar os desafios encontrados no campo (Bechar e Vigneault, 2016). Em termos gerais, esses dispositivos incorporam soluções inteligentes e inovadoras, como redes de sensores, sistemas de navegação autônoma ou semiautônoma para evitar obstáculos (Tangerino et al., 2011; Freitas et al., 2012), estruturas mecânicas modulares que permitem reconfiguração no local (Freitas et al., 2009; Grimstad e From, 2017), sistemas de gerenciamento de energia avançados e sistemas de controle sofisticados.

O artigo qual o nome se identifica como Adaptação de um automodelo para aplicações de robótica móvel na agricultura, tem sido uma das referências tidas

como base para desenvolvimento do projeto de automatização na colheita da acerola.

Seguindo essa linha de pesquisa temos pautado o trabalho sobre *Robot delta para cultivon em hileiras* em que esse setor está passando por uma transformação digital por meio do uso de robôs que permitem que o trabalho mais árduo seja realizado de forma eficiente, além da otimização de custos.

A maior parte dos trabalhos realizados até o momento nesta área está focada em grandes áreas de monoculturas, com poucos projetos adequados para linhas onde diferentes tipos de plantas são encontrados e, portanto, com diferentes morfologias. Para o controle do robô, foi feita uma interface gráfica com o ambiente de desenvolvimento MATLAB App Designer, através da qual o usuário pode realizar inúmeros tipos de trajetórias.

Para validar o funcionamento do robô, foram realizados testes com um dispositivo laser, bem como com uma webcam acoplada à extremidade do robô. Com a realização desses testes, ficou demonstrada a correta execução das trajetórias que devem ser realizadas. Durante esses estudos, plantas artificiais e espaços controlados foram utilizados.

Em matéria disponibilizada pela revista Da Fruta em 2021, apresenta que o Brasil possui a maior fazenda orgânica do mundo voltada a produção de acerola, localizada em Ubajara, no Ceará.

São 1.300 hectares e mais de 200.000 pés de acerolas, que produzem 10.000 toneladas de acerola orgânica; 50.000 mudas produzidas ao ano em um viveiro de 42 hectares; 112 produtores integrados; 280 empregos diretos. A capacidade de processamento da fruta é de 15.000 toneladas ao ano e 1.200 tonelada de processamento de pó. (REVISTA DA FRUTA, 2021).

Também foram criadas máquinas para oportunizar a colheita mecanizada da acerola, que reduz os custos de produção, evita o desperdício e libera a lavoura mais cedo para nova florada. Não havia no Brasil registros de colheita mecanizada para a fruta.

Sobre o aumento da produtividade o Rural Centro em 2009, desde o segundo semestre deste ano, uma máquina de colheita de café foi adaptada para os campos de acerola, a fim de acelerar a colheita, sem a colheita mecanizada, a gente ia ter um grande problema com relação ao número de pessoas e mão de obra necessária.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BREVE HISTÓRIA DA AGRICULTURA

A agricultura, desde sua iniciação há cerca de 12.000 anos atrás, tem sido a pedra angular da civilização humana. Este empreendimento fundamental começou com a Revolução Neolítica, quando as sociedades de caçadores-coletores começaram a se estabelecer e a cultivar plantas, domesticar animais e estabelecer as primeiras aldeias agrícolas permanentes. Este foi um ponto de virada, pois permitiu o desenvolvimento de excedentes alimentares, que sustentaram o crescimento populacional e a urbanização, e liberaram indivíduos para se engajarem em atividades além da subsistência, dando início a um avanço cultural sem precedentes.

Com o surgimento das primeiras civilizações, a agricultura tornou-se mais sofisticada. Sistemas de irrigação foram desenvolvidos no Crescente Fértil, ferramentas de metal foram forjadas na Europa e na Ásia, e o arado foi inventado, revolucionando a preparação do solo para o plantio. Estas inovações aumentaram a eficiência e a produtividade, consolidando ainda mais a agricultura como alicerce da economia e da sociedade.

Ao longo dos séculos, a agricultura continuou a se adaptar e evoluir. A Revolução Agrícola, entre os séculos 17 e 19, viu melhorias como a rotação de culturas e o uso de fertilizantes, aumentando os rendimentos e impulsionando a Revolução Industrial. A mecanização da agricultura transferiu a mão de obra do campo para as cidades, alimentando o crescimento da indústria.

No século XX, a Revolução Verde introduziu modernas práticas agrícolas, com novas variedades de culturas de alto rendimento, pesticidas e fertilizantes químicos, o que ajudou a prevenir a fome em muitas partes do mundo. No entanto, o custo ambiental dessas práticas e a sustentabilidade a longo prazo tornaram-se preocupações crescentes.

Hoje, a relevância da evolução agrícola é mais crítica do que nunca. Enfrentamos desafios sem precedentes: mudanças climáticas, degradação do solo, escassez de água e uma população mundial em rápida expansão. A sustentabilidade tornou-se um imperativo, e a agricultura está na vanguarda dessa luta. A Agricultura 4.0 e 5.0, com a integração de tecnologias digitais, inteligência artificial e práticas regenerativas, prometem aumentar a eficiência e reduzir o impacto ambiental.

Agricultores e cientistas estão explorando formas de produzir mais com menos, utilizando recursos de maneira mais eficiente e minimizando o desperdício.

A evolução agrícola atual não é apenas sobre a inovação tecnológica; é uma redefinição do que significa cultivar de maneira responsável. É um compromisso de alimentar o mundo enquanto se preserva a terra para as gerações futuras. À medida que continuamos a avançar, a agricultura permanece como o sustentáculo da civilização humana, um testemunho da nossa resiliência e do nosso compromisso contínuo com a melhoria e a inovação.

Na figura 02 a seguir veremos a imagem que demonstra o desenvolvimento na agricultura.

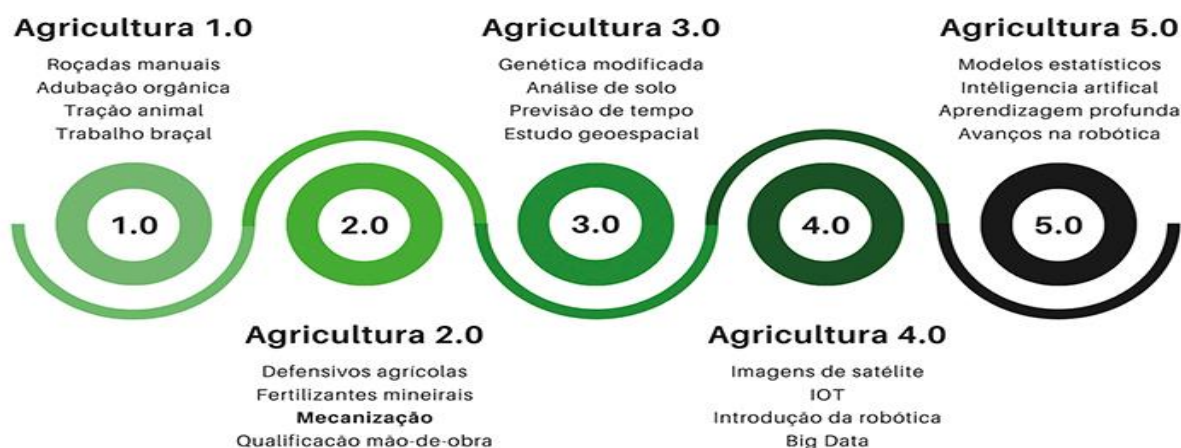


Figura 02: Desenvolvimento da agricultura.

Fonte: <https://revistacultivar.com.br/noticias/como-avanca-o-processo-de-modernizacao-da-agricultura> (2020)

2.2 AGRICULTURA 1.0

A fase conhecida como Agricultura 1.0 remonta às fundações da agricultura pré-industrial, um período que se estendeu até o surgimento da Revolução Industrial no final do século 18. Este era o mundo da agricultura baseada na força humana e animal, onde as ferramentas eram simples e a terra era trabalhada pelo suor do rosto de agricultores e suas famílias.

As características dominantes da Agricultura 1.0 incluíam a roçada manual, a adubação orgânica e o emprego de animais de tração. A produção era altamente dependente das condições climáticas, da fertilidade natural do solo e de técnicas

agrícolas transmitidas de geração em geração. A terra era cultivada em pequena escala, com a maioria dos agricultores produzindo apenas o suficiente para sustentar suas próprias famílias, com pouco ou nenhum excedente para o comércio.

Os métodos de cultivo eram laboriosos e ineficientes. O arado de madeira, puxado por bois ou cavalos, era a ferramenta mais avançada disponível, utilizada para virar o solo e prepará-lo para o plantio. Outras ferramentas incluíam a enxada e o ancinho, usados para plantar, cuidar e colher as culturas manualmente. A rotação de culturas era praticada, mas em um ciclo simples, muitas vezes alternando entre leguminosas e cereais para manter a fertilidade do solo.

Os principais desafios da Agricultura 1.0 estavam relacionados à produtividade e sustentabilidade. A produtividade era limitada pela falta de conhecimento científico sobre o solo, plantas e nutrição. Além disso, sem os avanços em fertilizantes e pesticidas, os rendimentos eram vulneráveis a pragas e condições climáticas adversas. A sustentabilidade era uma luta constante, com as práticas agrícolas muitas vezes levando ao esgotamento do solo e à erosão.

Em muitas regiões, a agricultura pré-industrial também estava sujeita ao sistema de terras comunais, onde a terra era dividida em parcelas para o cultivo individual, mas o pastoreio e a coleta de lenha eram praticados coletivamente. Este sistema, embora socialmente inclusivo, muitas vezes impedia a inovação e o investimento em métodos de cultivo mais eficientes.

A história agrícola no mundo deve ser comemorada como uma das grandes conquistas da humanidade. No início do século 20 tinha-se a agricultura 1.0, em que a força de trabalho era provida pela mão de obra das famílias, utilizando instrumentos manuais, ajudada pela tração animal, era uma agricultura com baixa produção (EMBRAPA, 2020).

2.3 AGRICULTURA 2.0

A Revolução Industrial, que ocorreu na Europa no século XVIII, também teve um impacto significativo na agricultura. A mecanização da agricultura, a introdução de adubos químicos e o melhoramento genético das plantas foram as principais inovações que impulsionaram a Agricultura 2.0.

A mecanização da agricultura começou com a introdução do trator, no final do século XIX. O trator permitiu que os agricultores realizassem tarefas agrícolas de

forma mais eficiente e rápida. Isso levou a um aumento da produtividade agrícola, o que possibilitou a produção de mais alimentos para uma população crescente.

Outras máquinas agrícolas que foram introduzidas durante a Revolução Industrial incluem:

- Colheitadeiras: As colheitadeiras permitiram aos agricultores colherem as culturas de forma mais rápida e eficiente.
- Plantadeiras: As plantadeiras permitiram aos agricultores plantarem as sementes de forma mais uniforme e precisa.
- Armazéns: Os armazéns permitiram aos agricultores armazenarem os alimentos de forma mais eficiente.

A mecanização da agricultura teve um impacto significativo na produção agrícola. Ela permitiu que os agricultores produzissem mais alimentos com menos recursos, o que foi essencial para alimentar a crescente população mundial.

Ainda no início do século XX, a mecanização e o conhecimento científico começaram a mudar o cenário no meio rural. Os animais que puxavam o arado e as carroças deram lugar às máquinas movidas a motores à combustão. A ciência também passou a se voltar para a produção agrícola. Neste contexto, destacam-se o início da produção em escala, o comércio global, o fornecimento de insumos, dentre outros. O surgimento dos tratores e de outros equipamentos agrícolas são símbolos da Agricultura 2.0. (BLOG FIELDVIEW, 2021).

A introdução de adubos químicos também foi um fator importante na Revolução Industrial na agricultura. Os adubos químicos fornecem às plantas os nutrientes de que precisam para crescer e se desenvolver. Isso levou a um aumento da produtividade agrícola e permitiu que os agricultores cultivassem culturas em áreas com solos pobres.

O melhoramento genético das plantas também foi uma inovação importante da Revolução Industrial. O melhoramento genético envolve a seleção de plantas com características desejadas, como resistência a pragas e doenças. Isso permitiu aos agricultores produzirem culturas mais produtivas e resistentes.

A Revolução Industrial na agricultura teve um impacto significativo na sociedade e no meio ambiente.

No nível social, a mecanização da agricultura levou à redução da força de trabalho agrícola. Isso porque as máquinas agrícolas podiam realizar tarefas que

antes eram realizadas por pessoas. Isso levou ao êxodo rural, com muitas pessoas deixando o campo para trabalhar nas cidades.

No nível ambiental, a Revolução Industrial na agricultura levou a um aumento da poluição. O uso de adubos químicos e pesticidas pode contaminar o solo, a água e o ar. Além disso, a monocultura, que é uma prática agrícola comum na Revolução Industrial, pode levar à perda de biodiversidade.

2.4 AGRICULTURA 3.0

A Agricultura 3.0, marcada pela Revolução Verde, foi uma fase de grande transformação na agricultura mundial, iniciada em meados do século XX. Este período foi caracterizado pela introdução de tecnologias agrícolas inovadoras que aumentaram significativamente a produtividade e a eficiência das práticas agrícolas. O movimento foi impulsionado pela necessidade de abordar a escassez de alimentos em um mundo com uma população em rápido crescimento, particularmente em países em desenvolvimento.

A Revolução Verde introduziu variedades de alto rendimento de culturas básicas como trigo e arroz, que, quando combinadas com fertilizantes químicos e sistemas de irrigação melhorados, resultaram em colheitas substancialmente maiores. O papel desse movimento na transformação agrícola foi monumental, possibilitando a muitos países aumentarem a produção de alimentos e, assim, reduzir a fome e a pobreza.

Com o avanço da biotecnologia, a Agricultura 3.0 também foi definida pelo desenvolvimento de culturas geneticamente modificadas (GM). Essas culturas foram projetadas para ter características desejáveis, como resistência a pragas, tolerância a herbicidas ou aprimoramentos nutricionais. A introdução de culturas GM prometia não apenas aumentar os rendimentos, mas também reduzir a necessidade de produtos químicos agrícolas, potencialmente minimizando o impacto ambiental da agricultura.

No entanto, a utilização de culturas GM também gerou um debate intenso e contínuo. Questões ambientais surgiram, com preocupações sobre a perda de biodiversidade, a transferência horizontal de genes e a possibilidade de culturas GM afetarem negativamente os ecossistemas não-alvo. Esses debates éticos estenderam-se às práticas corporativas, como a patenteabilidade de sementes GM e as implicações para a soberania alimentar dos agricultores e das nações.

Devido aos avanços dos sistemas embarcados, engenharia de software e tecnologias de comunicação, os sistemas agrícolas também evoluíram para a conhecida Agricultura 3.0, que visava explorar tecnologias de informação para a Agricultura de Precisão (NARVAEZ et al., 2017).

Apesar dos benefícios em termos de produção de alimentos, a Revolução Verde e a biotecnologia associada levantaram questões fundamentais sobre sustentabilidade, justiça e ética na agricultura moderna. Essas questões continuam a influenciar o desenvolvimento de políticas agrícolas e práticas de sustentabilidade em todo o mundo.

2.5 AGRICULTURA 4.0

A agricultura 4.0, também conhecida como agricultura digital, é uma revolução tecnológica que está transformando o setor agrícola. Essa revolução se baseia na integração de tecnologias digitais, como o GPS e sensores, na agricultura de precisão.

As tecnologias digitais permitem aos agricultores coletarem dados de forma automatizada e em tempo real. Esses dados podem ser usados para monitorar o solo, as plantas e o clima. Com essas informações, os agricultores podem tomar decisões mais precisas e eficientes sobre a produção agrícola.

Algumas das tecnologias digitais mais utilizadas na agricultura 4.0 incluem:

- Sistema de Posicionamento Global (GPS): O GPS é usado para determinar a localização precisa de máquinas e equipamentos agrícolas. Isso permite aos agricultores aplicar insumos, como fertilizantes e pesticidas, com maior precisão.
- Sensores: Os sensores são usados para coletar dados sobre o solo, as plantas e o clima. Esses dados podem ser usados para monitorar a saúde das plantas, o crescimento das culturas e as condições climáticas.
- Imagem por satélite: A imagem por satélite é usada para gerar mapas de campo detalhados. Esses mapas podem ser usados para identificar áreas com diferentes condições de solo e clima.

A Internet das Coisas (IoT) está revolucionando a forma como as pessoas interagem com o mundo ao seu redor. Essa tecnologia também está sendo adotada na agricultura. A IoT permite conectar máquinas e equipamentos agrícolas à internet,

isso permite aos agricultores controlarem e monitorar suas operações agrícolas remotamente.

A robótica também está sendo cada vez mais utilizada na agricultura. Os robôs podem realizar tarefas agrícolas repetitivas e perigosas. Isso libera os trabalhadores humanos para tarefas mais complexas e criativas.

Big Data e sua aplicação na tomada de decisão e gestão de culturas, o Big Data é o termo usado para descrever o enorme volume de dados que está sendo gerado a cada dia. Esses dados podem ser usados para identificar padrões e tendências. Na agricultura, o Big Data pode ser usado para tomar decisões mais precisas sobre a produção agrícola. Por exemplo, o Big Data pode ser usado para identificar áreas com maior produtividade, para otimizar o uso de insumos e para prever as condições climáticas.

O Big Data também pode ser usado para melhorar a gestão de culturas. Por exemplo, ser usado para monitorar o crescimento das plantas, para identificar pragas e doenças e para prever a colheita.

A agricultura 4.0 tem o potencial de transformar o setor agrícola. Essa revolução tecnológica pode levar a uma série de benefícios, incluindo:

- Aumento da produtividade: A agricultura 4.0 pode ajudar os agricultores a produzirem mais com menos recursos.
- Melhoria da eficiência: A agricultura 4.0 pode ajudar os agricultores a reduzirem os custos de produção.
- Redução do impacto ambiental: A agricultura 4.0 pode ajudar os agricultores a produzirem alimentos de forma mais sustentável.

A seguir o esquema do Diagrama Smart farming, agricultura inteligente, apresentando várias tecnologias e métodos usados na agricultura moderna.

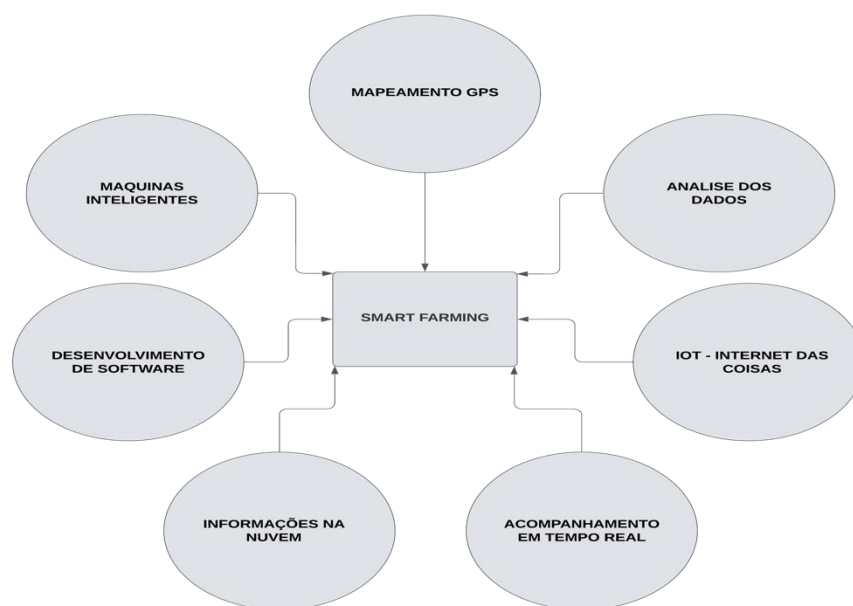


Figura 03: Diagrama Smart farming.

Fonte: Adaptado de Xin e Zazueta (2016)

2.6 AGRICULTURA 5.0

A Agricultura 5.0 é a mais recente fase da revolução digital na agricultura. Ela é caracterizada pelo uso de inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina (ML) e robótica avançada para melhorar a produtividade, eficiência e sustentabilidade da produção agrícola.

A IA, o ML e a robótica avançada estão sendo explorados em uma variedade de aplicações agrícolas, incluindo:

- Previsão do clima: A IA pode ser usada para prever padrões climáticos, como precipitação, temperatura e umidade. Isso pode ajudar os agricultores a tomarem decisões informadas sobre quando plantar, irrigar e colher suas culturas.
- Detecção de doenças e pragas: A IA pode ser usada para detectar doenças e pragas em plantas. Isso pode ajudar os agricultores a tomarem medidas preventivas ou corretivas para proteger suas culturas.
- Automação de tarefas agrícolas: A robótica avançada pode ser usada para automatizar tarefas agrícolas, como plantio, irrigação, colheita e controle de pragas. Isso pode reduzir os custos de produção e melhorar a eficiência.

Modelos estatísticos na previsão de padrões climáticos e doenças de plantas

Modelos estatísticos também estão sendo usados na agricultura 5.0 para prever padrões climáticos e doenças de plantas. Esses modelos podem ser usados para gerar alertas precoces sobre condições adversas, o que pode ajudar os agricultores a tomarem medidas preventivas.

A automação e o controle remoto também estão desempenhando um papel importante na agricultura 5.0. Esses recursos podem ajudar os agricultores a monitorarem suas operações de forma remota, o que pode melhorar a eficiência e reduzir os custos.

A agricultura 5.0 tem o potencial de transformar a agricultura de forma significativa. Ela pode ajudar a aumentar a produtividade, reduzir os custos, melhorar a sustentabilidade e tornar a agricultura mais resiliente às mudanças climáticas.

No entanto, é importante considerar os desafios associados à agricultura 5.0, como o custo da tecnologia e a necessidade de treinamento dos agricultores. Além disso, é importante garantir que a agricultura 5.0 seja implementada de forma sustentável, evitando impactos negativos no meio ambiente.

A agricultura 5.0 é uma tecnologia promissora que tem o potencial de melhorar a produção agrícola, a eficiência e a sustentabilidade. No entanto, é importante considerar os desafios associados a essa tecnologia e garantir que ela seja implementada de forma sustentável.

3 MICROCONTROLADOR

Um microcontrolador é um pequeno computador em um único circuito integrado, projetado para sistemas incorporados. Ele é capaz de executar instruções simples ou complexas e pode ser programado para executar uma variedade de tarefas. Os microcontroladores são fornecidos em diferentes tamanhos e arquiteturas, mas todos têm uma unidade central de processamento, memória e portas de entrada/saída.

Um microcontrolador é um sistema microprocessado que conta com memória de programa e dados, I/O serial e paralelo, timer e interrupções internas e externas - tudo integrado em um único chip que pode ser adquirido por tão pouco quanto dois dólares. Cerca de 40 por cento de todas as aplicações de microcontroladores são encontradas em equipamentos de escritório, como PCs, impressoras a laser, máquinas de fax e telefones inteligentes (IBRAHIM, 2008).

Eles são programados por meio de ferramentas de desenvolvimento de software que permitem que o usuário escreva códigos e os carregue na memória do microcontrolador. A versatilidade dos microcontroladores faz deles um componente essencial nos dispositivos eletrônicos modernos. A figura 04 a seguir ilustra uma das ferramentas que serão utilizadas no desenvolvimento do projeto.

Na figura 04 tem-se um microcontrolador, custando em média R\$ 60,00 no mercado, ele se trata de um chip de circuito integrado único, com memória, núcleo de processador e periféricos de entrada e saída que têm o poder de serem programados.

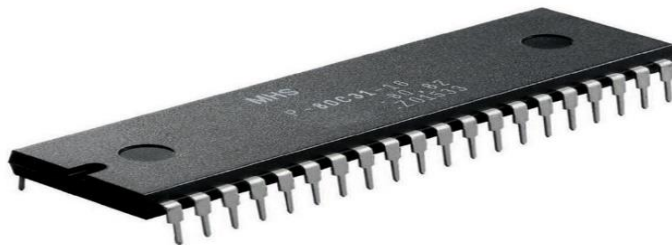


Figura 04: Imagem do componente microcontrolador.

Fonte: www.baudaeletronica.com.br

3.1 ARDUINO

O Arduino é uma plataforma de microcontrolador de código aberto que ganhou imensa popularidade no campo da eletrônica e da programação. É um sistema fácil de usar que pode ser facilmente programado com a ajuda de um computador. A placa Arduino inclui um microcontrolador, que é o cérebro do sistema, e uma variedade de pinos de entrada e saída que podem ser usados para conectar vários sensores, atuadores e outros dispositivos.

O Arduino faz parte do conceito de Hardware e Software livre que se encontra disponível para uso e contribuição de toda sociedade, sendo um conceito recente que tem a finalidade de criar um dispositivo que seja utilizado em projetos e ou protótipos de uma forma mais simplificada em relação a outros dispositivos disponíveis no mercado. (RENNA et al.,2013 p. 03)

Com sua natureza versátil, o Arduino pode ser usado em uma ampla gama de aplicações, como robótica, automação residencial e dispositivos de IoT. Uma das vantagens mais significativas do Arduino é sua relação custo-benefício e facilidade de uso, o que o tornou acessível tanto para amadores quanto para profissionais. De modo geral, o Arduino revolucionou o mundo dos microcontroladores e abriu novas possibilidades de inovação e criatividade.

A figura 05 a seguir ilustra uma das ferramentas que serão utilizadas no desenvolvimento do projeto, com valor no mercado em torno de R\$ 267,99, soma neste projeto como plataforma de prototipagem eletrônica

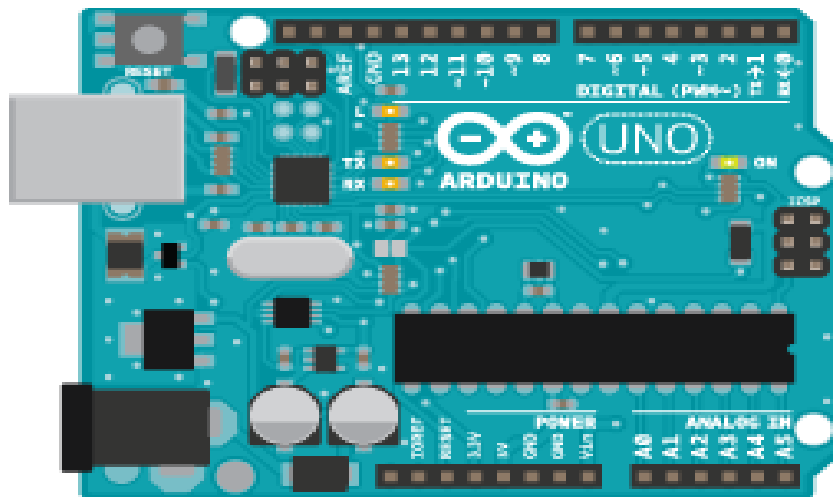


Figura 05: Visão superior do Arduino UNO.

Fonte: www.arduino.cc

3.2 MOTORES

Ao se pensar em construir um dispositivo que seja dotado de movimento próprio, surge a necessidade de se trabalhar com motores. Existem alguns tipos de motores que são comumente usados em prototipação de projetos acadêmicos, e que podem ser facilmente controlados por uma placa de prototipação como as citadas anteriormente. No intuito de escolher qual motor ideal para este trabalho, foi feito um pequeno levantamento com os três motores mais comuns utilizados por projetos iniciais, são eles: o servo motor, o motor de passo e o motor DC.

3.3 SERVO MOTOR

Os motores servos são bastante utilizados em projetos de robótica, especialmente nos braços e pernas de robôs. Existem vários modelos, mas no geral são motores pequenos, precisos e capazes de girar 90° (noventa graus), 180° (cento e oitenta graus) e alguns modelos alcançam os 360° (trezentos e sessenta graus). São capazes de se posicionarem em um ângulo específico, recebendo um sinal de controle, verificando a posição atual do eixo, e a partir daí girar até a posição desejada.

Para isso, possuem um sensor, que geralmente é um potenciômetro solidário ao eixo. Possuem ainda um sistema atuador composto de um motor de corrente contínua ligado a engrenagens e um circuito de controle que indica o sentido no qual o motor deve girar (ROBOLIV, 2016).

O Servo Motor (Figura 06) Com cotação em torno de R\$ 863,55, utilizado para movimentar, com precisão, um objeto, permitindo-o girar em ângulos ou distâncias específicas, com garantia do posicionamento e garantia da velocidade.



Figura 06: Imagem do componente servo motor.

Fonte: <https://www.techmakers.com.br>

3.4 MOTOR DE PASSO

Motores de passo ou *steppers motors* são dispositivos que convertem pulsos elétricos em movimentos mecânicos, rotacionando seu eixo em pequenos incrementos angulares, denominados “passos”. São motores precisos, porém lentos,

logo são indicados para projetos que demandam alta precisão, mas não grandes velocidades.

Eles podem ser usados em aplicações onde é necessário controlar vários fatores tais como: ângulo de rotação, velocidade, posição e sincronismo. O ponto forte de um motor de passo não é a sua força (torque), tampouco sua capacidade de desenvolver altas velocidades ao contrário da maioria dos outros motores elétricos, mas sim a possibilidade de controlar seus movimentos de forma precisa (Brites e Santos 2008, p. 03).

Sua velocidade de giro do rotor (eixo) varia de acordo com a frequência de pulsos elétricos e o tamanho do ângulo é relacionado ao número de pulsos aplicados. Solenoides (condutores enrolados em forma de espiral) alinhados dois a dois, quando energizados, atraem o rotor para uma direção, o que gera o movimento do motor, determinada pela ordem em que os solenoides são ativados.

Na figura 07 Motor de Passo que está cerca de R\$ 85,98, move em passos precisos em vez de girar continuamente. Esses motores são amplamente utilizados em uma variedade de aplicações que exigem controle preciso de movimento.



Figura 07: Imagem do componente motor de passo.

Fonte: <https://www.techmakers.com.br>

3.5 MOTOR DC

Um motor DC (*direct current* ou corrente contínua) é um dispositivo que converte a energia elétrica em energia mecânica. Apesar da baixa precisão, o motor possui boa velocidade e deve ser alimentado com tensão contínua, que pode provir

de pilhas e baterias, para motores pequenos, ou de uma rede alternada após retificação, no caso de motores maiores.

Os principais componentes desse tipo de motor são: o estator, um enrolamento alimentado por uma fonte, ou um simples ímã permanente, em se tratando de motores pequenos; o rotor ou armadura, que é alimentado por uma fonte de tensão contínua através do comutador e escovas de grafite; e o comutador, dispositivo mecânico no qual estão conectados os terminais da armadura, e cujo papel é inverter sistematicamente o sentido da corrente contínua que circula na armadura (FRANCA, 2001). Na figura 08 temos o Motor DC, avaliado por volta de R\$159,66 trata-se de dispositivos elétricos que convertem energia elétrica em movimento mecânico rotativo.



Figura 08: Imagem do componente motor dc.

Fonte: <https://www.hsiangneng.com>

3.6 PROTOBOARD

Uma protoboard, é uma placa de circuito usada para a montagem e teste de circuitos eletrônicos. Ela oferece uma plataforma conveniente para a criação de protótipos temporários, permitindo a conexão de componentes eletrônicos sem a necessidade de soldagem (C. Platt 2015).

A estrutura básica de uma protoboard é composta por uma matriz de orifícios condutores, divididos em linhas e colunas cada linha é composta por uma faixa de orifícios conectados eletricamente, enquanto as colunas são separadas umas das

outras. Isso torna possível a inserção de componentes eletrônicos nos orifícios, estabelecendo conexões temporárias. A protoboard é capaz de conectar de forma rápida e flexível uma grande variedade de componentes eletrônicos, tais como resistores, capacitores, diodos, transistores e circuitos integrados.

Na figura 09 abaixo apresenta-se a Protoboard com valor em média de R\$ 35,00 Ela fornece uma plataforma provisória para conectar componentes eletrônicos, como resistores, capacitores, transistores e fios, facilitando a montagem e desmontagem rápida de circuitos.

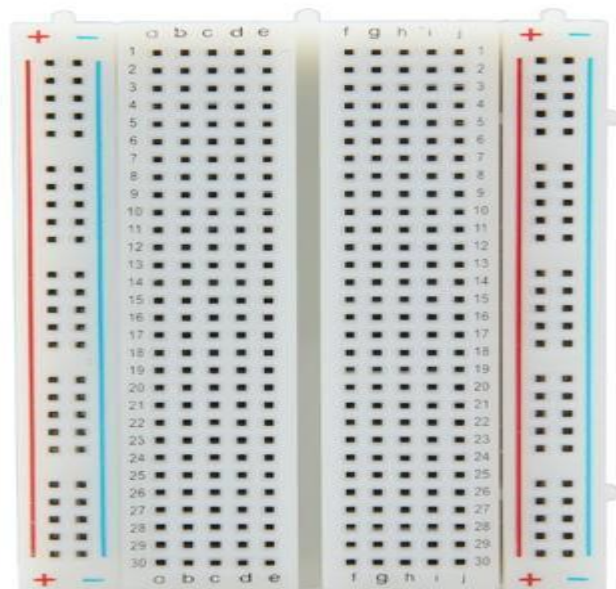


Figura 09: Imagem do componente protoboard.

Fonte: <https://www.diversoeletronica.com.br/>

3.7 SENSORES

Sensores Arduino são dispositivos eletrônicos usados em conjunto com placas Arduino para detectar e medir diferentes fenômenos do mundo físico. Existem inúmeros tipos de sensores Arduino disponíveis, projetados para capturar dados como luz, temperatura, umidade, movimento, som e muito mais.

Um sensor é um dispositivo que responde a um estímulo físico ou químico de maneira específica, produzindo um sinal que pode ser transformado em outra grandeza física para fins de medição e/ou monitoramento. Desta forma, o

sensor associado a um módulo de transformação do estímulo em uma grandeza pode ser definido como transdutor ou medidor, que converte um tipo de energia em outro, para fins de medição (Each 2018).

Essas referências fornecem uma base sólida sobre sensores Arduino e como integrá-los em projetos eletrônicos. Na figura 10 é reproduzida a imagem do componente que se trata de dispositivos projetados para medir a aceleração de um objeto em resposta a vibrações ou movimentos. Eles são amplamente utilizados em diversas aplicações, desde monitoramento estrutural até dispositivos eletrônicos portáteis.

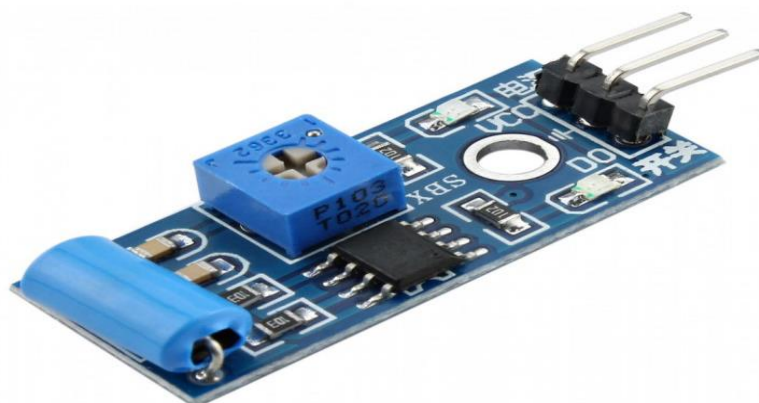


Figura 10: Imagem do componente de Sensor de vibração.

Fonte: <https://www.diversoeletronica.com.br>

3.8 RELÉ

Um relé é um dispositivo eletromecânico que controla um circuito elétrico de alta potência através da ação de uma chave elétrica. Ele é composto por um eletroímã, um conjunto de contatos e uma mola. O princípio de funcionamento de um relé é simples: quando uma corrente elétrica é aplicada ao eletroímã do relé, ele cria um campo magnético que atrai uma alavanca ou armadura móvel. Essa armadura está ligada a um conjunto de contatos, que pode ser aberto ou fechado dependendo do estado do relé.

Estes contatos podem ser normalmente abertos ou normalmente fechados. Um contato normalmente aberto é aquele que está aberto em seu estado de repouso, ou seja, sem a influência da corrente elétrica. Deste modo, quando a corrente elétrica passa pelo contato normalmente aberto, este torna-se normalmente fechado. A mesma lógica funciona para os contatos normalmente fechados, em seu estado de repouso o contato normalmente

fechado fica fechado, porém, sobre a influência da corrente elétrica este contato torna-se normalmente aberto (Mattede Henrique 2015)

Na figura 11 a seguir trata-se de um relé que está por volta de R\$ 13,00, é um dispositivo de fácil utilização e confiabilidade que permite controlar circuitos de alta potência utilizando um sinal elétrico de baixa potência. Ele desempenha um papel crucial em diversas aplicações, fornecendo uma interface entre o mundo digital e o mundo físico.

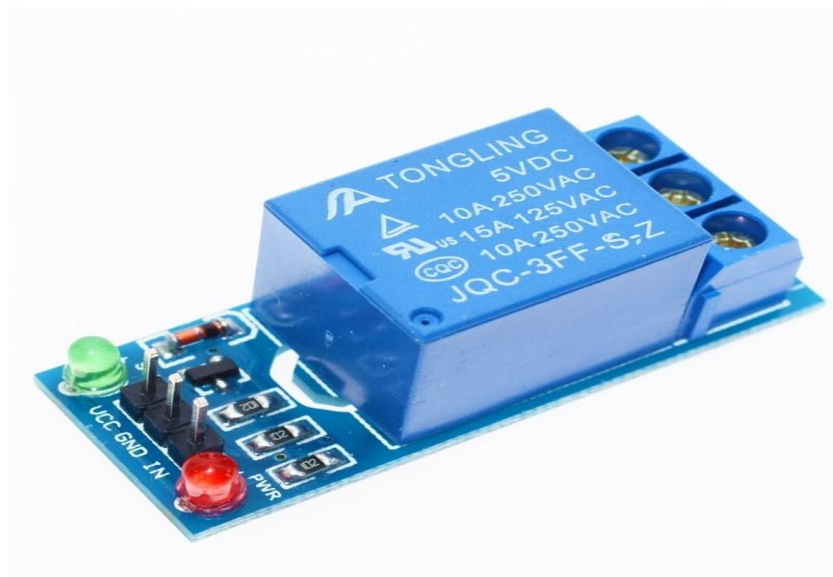


Figura 11: Imagem do componente Relé.

Fonte: <https://www.huinfinito.com.br>

3.9 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO C

A linguagem de programação C é uma das mais populares e versáteis do mundo, sendo usada para criar desde sistemas operacionais até jogos e aplicativos. Uma das vantagens da linguagem C é que ela é de alto nível, isso faz com que ela seja ideal para programar dispositivos eletrônicos, como o Arduino.

Aí que entram as chamadas linguagens de alto nível. Elas são criadas para permitir a programação utilizando comandos de alto nível e que são posteriormente traduzidos para a linguagem de baixo nível (Assembly ou diretamente para código de máquina (PEREIRA, 2007).

A utilização da linguagem C para a programação de microcontroladores parece ser uma opção natural. Pois a maioria dos microcontroladores atualmente disponíveis

dispõe de compiladores de linguagem C para o desenvolvimento de software. Dessa maneira, é possível criar programas e aplicações muito mais complexos do que seria possível usando apenas o Assembly.

3.10 SKETCHUP

O SketchUp é um software de design 3D que permite criar modelos tridimensionais de forma rápida e precisa oferecendo uma interface simples e intuitiva, com ferramentas robustas e flexíveis que se adaptam a qualquer tipo de projeto. Suas versões podem ser encontradas no SketchUpPRO e conta também com uma versão online gratuita mais limitada, mas que dispensa a instalação de aplicativos extras e pode ser acessada de qualquer navegador.

Na figura 12 tem-se a imagem visual da plataforma que serve de desenvolvimento para projetos com representações tridimensionais, atualmente o valor da versão profissional está custando R\$ 3.670,00.

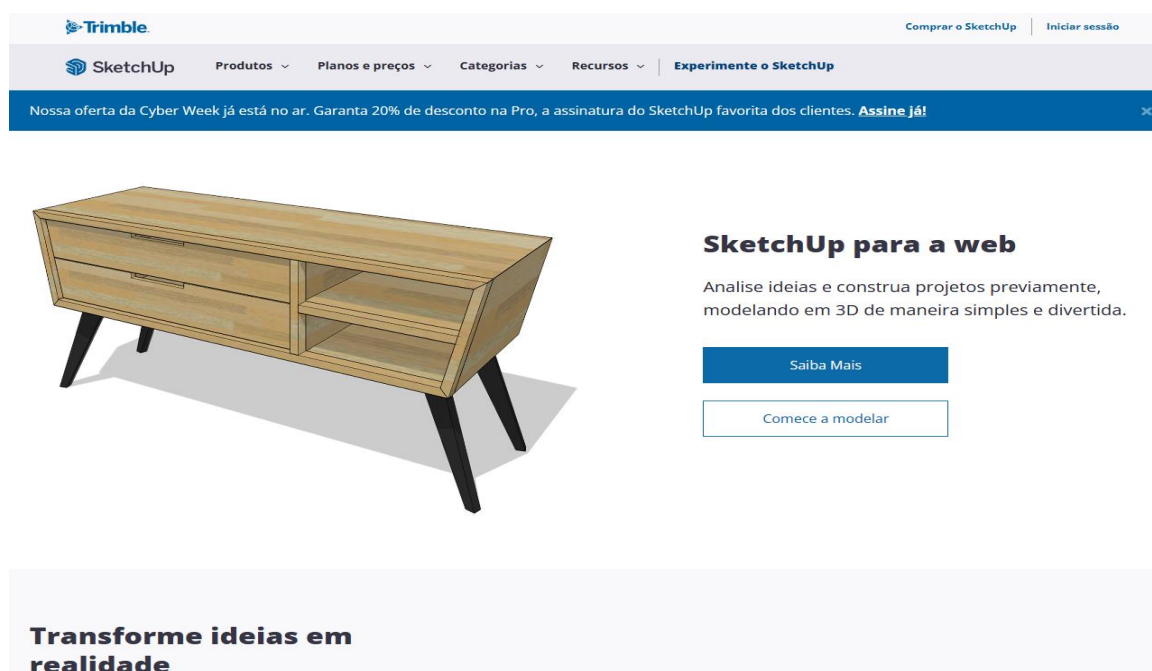


Figura 12: Imagem visual da plataforma Sketchup.

Fonte: <https://www.sketchup.com/pt-BR/products/sketchup-for-web>

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 PLANEJAMENTO

A pesquisa bibliográfica será utilizada para analisar e explorar os conhecimentos e informações disponíveis em fontes bibliográficas, tais como artigos científicos, periódicos, livros, dissertações e outros materiais. Neste tipo de pesquisa, o foco será a análise e revisão da literatura existente sobre a temática em questão.

A revisão e a mapeamento do estudo serão fundamentais para identificar as lacunas existentes, identificar teorias, conceitos ou modelos relevantes para a fundamentação da pesquisa. Em seguida, será necessário obter um fundamento teórico para sustentar a argumentação, comparar diferentes perspectivas sobre o tema em questão e, finalmente, identificar fontes de dados e informações relevantes para a pesquisa.

4.2 DESENVOLVIMENTO

Devido a complexibilidade do projeto priorizamos dividir por estágios a construção:

Definição do projeto: determinando os requisitos e objetivos dele, incluindo o tamanho da colheitadeira, capacidade de colheita, funcionalidades desejadas e orçamento.

Projeto mecânico: Desenhe o layout e os mecanismos da colheitadeira, incluindo os braços de colheita, lâminas de corte, sistemas de transporte e qualquer outro componente necessário para a colheita das acerolas. Considere fatores como o tamanho das acerolas, a velocidade e a eficiência da colheita.

Seleção de componentes: Determinar os componentes eletrônicos necessários, como motores, sensores, atuadores e a placa Arduino. Considerando as especificações técnicas, como torque dos motores, tipo de sensor necessário e compatibilidade com a placa Arduino.

Montagem dos componentes: conectar os componentes eletrônicos na placa arduino, efetuando as conexões corretamente, utilizando componentes conforme a necessidade do projeto.

Programação: escrever o código do Arduino para controlar os motores, sensores e atuadores. Isso envolve a definição de ações de colheita, processamento dos sinais dos sensores e controle dos motores e atuadores de acordo com a lógica de programação.

Testes e ajustes: realizar testes da colheitadeira para verificar o funcionamento dos componentes e a interação com o Arduino. Ajustar o código e a mecânica conforme necessário para melhorar o desempenho e a eficiência da colheitadeira.

A seguir as imagens do layout do protótipo proposto, mostrando várias vistas, incluindo uma visão de cima para baixo, uma visão lateral e uma visão frontal.

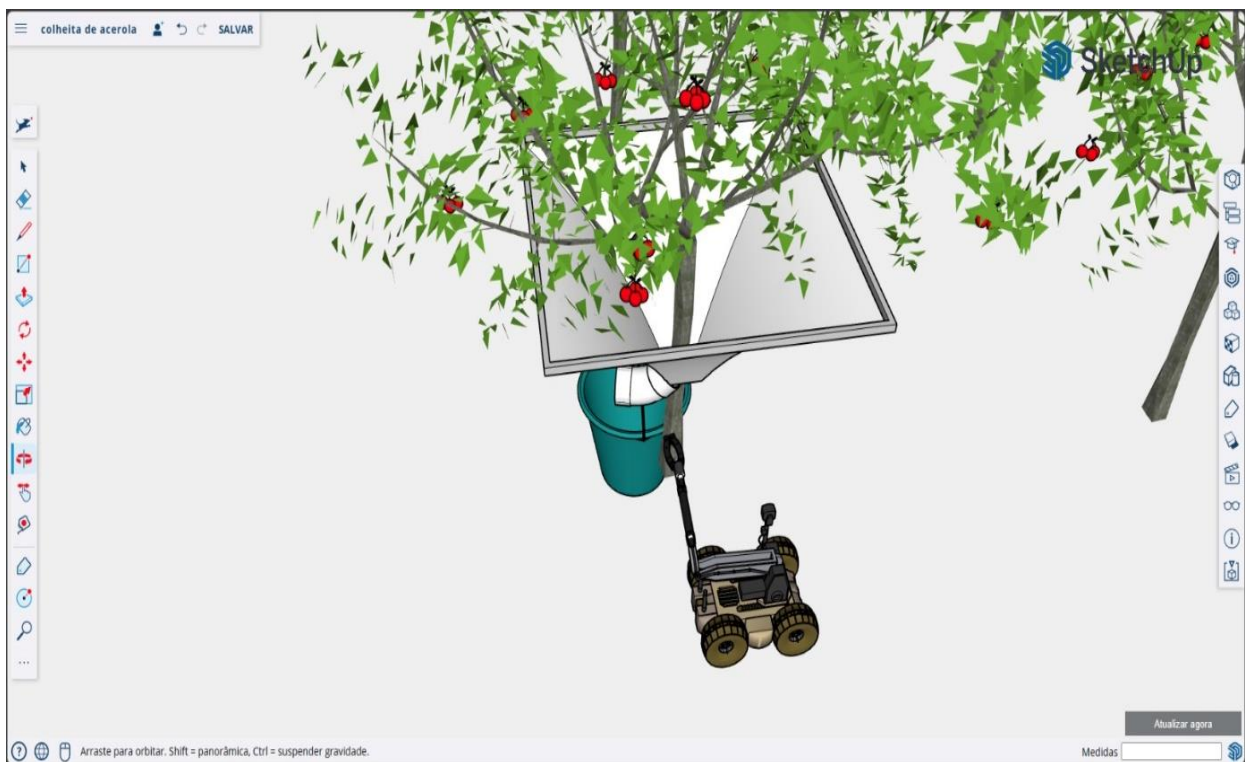


Figura 13: Imagem de cima para baixo do protótipo sem sua totalidade.

Fonte: Autoral.



Figura 14: Imagem com zoom levemente estendido, do protótipo.

Fonte: Autoral.

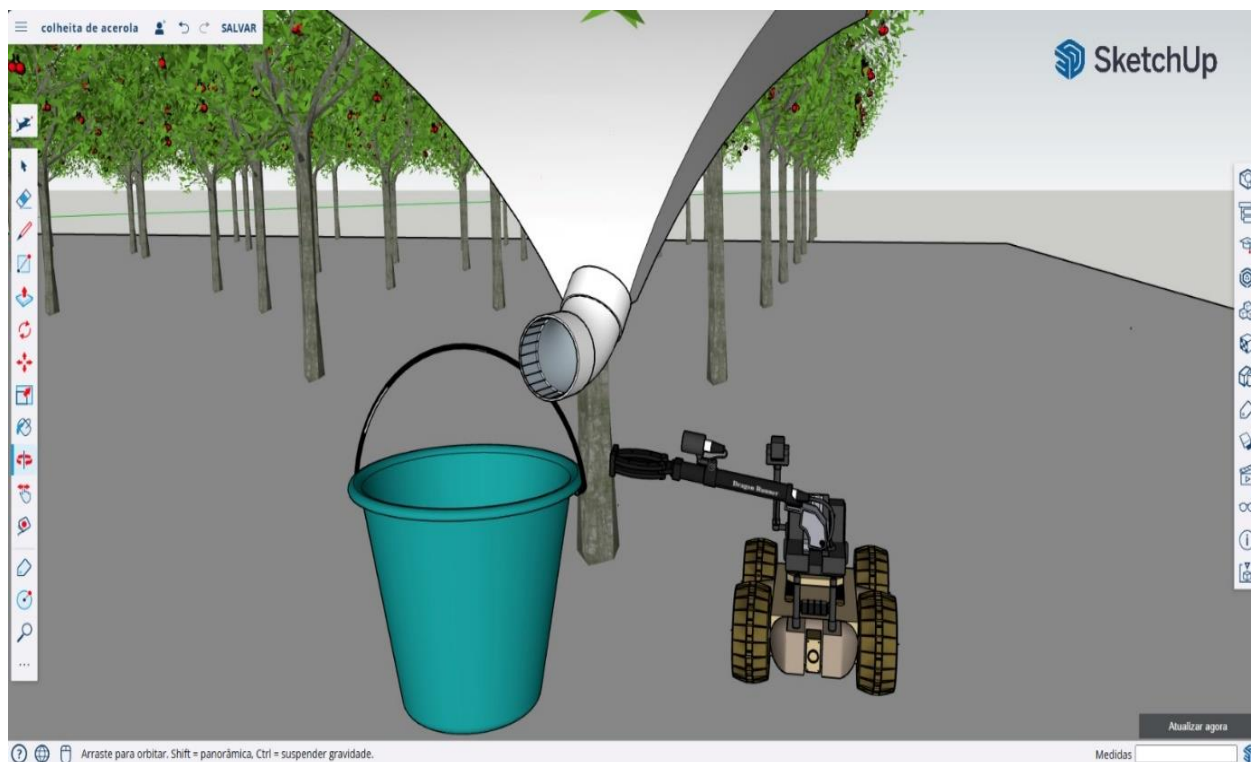


Figura 15: Imagem frontal com zoom aproximado, do protótipo.

Fonte: Autoral.



Figura 16: Imagem frontal com zoom estendido, do protótipo.

Fonte: Autoral.



Figura 17: Imagem do protótipo em sua totalidade.

Fonte: Autoral.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para realizar uma análise e discussão consideramos eficiência, custos, impacto ambiental e social.

Eficiência da automatização: avaliou-se a eficiência do processo automatizado em comparação com métodos tradicionais de colheita. Considerando a rapidez, precisão e qualidade da colheita, se a automatização contribuiu para um aumento na produtividade assim com também se ocorre uma redução no tempo de colheita.

Os resultados da implementação da automatização na colheita da acerola revelam uma melhoria significativa na eficiência do processo. A utilização de equipamentos automatizados demonstrou uma colheita mais rápida e precisa em comparação com métodos tradicionais. Observou-se um aumento notável na produtividade, com a capacidade de colher uma maior quantidade de frutas em um período reduzido. Esse aumento na eficiência é crucial para atender à crescente demanda do mercado.

Custos Associados à automatização: foram observados custos de implementação da tecnologia de automatização, incluindo a compra e manutenção dos equipamentos. Comparando estes custos com os benefícios financeiros obtidos, como aumento na produção e redução nos custos operacionais.

Os custos associados à automatização levantam considerações importantes. Embora a eficiência operacional seja aprimorada, os investimentos iniciais na aquisição e manutenção dos equipamentos podem ser substanciais. A relação custo-benefício deve ser cuidadosamente avaliada, considerando não apenas os ganhos financeiros decorrentes da maior produção, mas também os potenciais impactos nos custos operacionais globais.

Impacto ambiental: houve abordagem se a automatização traz benefícios ambientais, como redução no uso de produtos químicos, diminuição do desperdício e/ou conservação de recursos naturais.

Em termos de impacto ambiental, os resultados sugerem uma redução nas emissões de carbono associadas à colheita, juntamente com uma diminuição no uso de produtos químicos. No entanto, é essencial analisar de forma abrangente os efeitos ambientais, levando em consideração a produção e descarte dos equipamentos automatizados.

Impacto Social: a automatização para com os trabalhadores agrícolas. Houve perda ou criação de empregos? A qualidade de vida dos trabalhadores melhorou? Considere a aceitação da comunidade local em relação à introdução de tecnologias automatizadas na agricultura.

O impacto social da automatização na colheita da acerola é notável. Houve uma diminuição na demanda por mão de obra manual, o que pode impactar negativamente os trabalhadores agrícolas locais. Este aspecto levanta questões importantes sobre o suporte social e requalificação desses trabalhadores para novas funções na cadeia produtiva.

Em resumo, enquanto a automatização na colheita da acerola oferece benefícios em termos de eficiência e redução de impactos ambientais, há desafios associados aos custos financeiros e ao impacto social. Recomendações futuras devem considerar estratégias para equilibrar esses aspectos, promovendo uma transição suave para práticas agrícolas mais automatizadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo representa a conclusão do desenvolvimento do estudo proposto, a automação da colheita da acerola é uma tecnologia promissora que tem o potencial de transformar a produção de acerola. A automação pode oferecer uma série de benefícios, incluindo aumento da produtividade na hora da colheita, redução dos custos, melhoria das condições de trabalho e redução do impacto ambiental.

No entanto, a automação neste cenário de coleta enfrenta alguns desafios, incluindo os custos, a complexidade e a disponibilidade de infraestrutura para obtenção de maquinários. Esses desafios precisam ser superados para que a automação da colheita da acerola se torne uma realidade mais próxima.

Os avanços tecnológicos recentes voltados a automação no setor agrícola estão tornando o processo de automatização mais viável e acessível. Esses avanços estão incentivando o desenvolvimento de novas tecnologias e soluções para a Implementação de sistemas automatizados na colheita de acerola.

O desenvolvimento de máquinas de colheita mais eficientes e de baixo custo é uma prioridade para o setor agrícola no Brasil, tornando-se mais comum nas próximas décadas. À medida que os custos da automação diminuem e as tecnologias se tornam mais sofisticadas, a automação da colheita da acerola se tornará uma opção mais viável para os agricultores.

A adoção da automação da colheita da acerola pode trazer benefícios significativos para a cadeia produtiva da acerola. Os agricultores podem aumentar a produtividade, reduzir os custos, melhorar as condições de trabalho e reduzir o impacto ambiental.

As implementações futuras para a colheita da acerola podem abranger uma série de inovações e melhorias, considerando tanto os avanços tecnológicos quanto as práticas sustentáveis.

- Sistemas de Monitoramento Baseados em IoT^{**}: Implementação de sensores e dispositivos inteligentes para monitorar a saúde das plantas, a maturidade dos frutos e as condições ambientais, otimizando o tempo de colheita.

- Utilização de drones e imagens de satélite: Uso de drones e imagens de satélite para avaliar a saúde das plantações de acerola e identificar áreas que necessitam de mais atenção, melhorando a eficiência da colheita.
- Técnicas de Agricultura de Precisão: Aplicação de práticas de agricultura de precisão para gerenciar de forma mais eficaz o uso de recursos como água e fertilizantes, resultando em frutos de melhor qualidade e mais fáceis de colher.
- Integração de Dados e Inteligência Artificial: Utilização de IA para analisar grandes conjuntos de dados, desde condições climáticas até padrões de crescimento das frutas, para prever o melhor momento para a colheita e otimizar a logística.
- Treinamento e Capacitação: Investimento na capacitação dos trabalhadores agrícolas, ensinando-lhes sobre as novas tecnologias e métodos para a colheita eficiente da acerola.
- Cadeia de Suprimentos e Logística: Melhorias na cadeia de suprimentos, garantindo que as acerolas colhidas sejam rapidamente processadas e transportadas, mantendo sua frescura e qualidade.

Estas implementações não só aumentariam a eficiência da colheita da acerola, mas também contribuiriam para a sustentabilidade e a resiliência do setor agrícola diante dos desafios ambientais e econômicos.

REFERÊNCIAS

ANDRITOIU, D. et al. **Agriculture autonomous monitoring and decisional mechatronic system. Proceedings of the 2018 19th International Carpathian Control Conference, ICCC 2018**, p. 241–246, 2018.

BATTE, M. T. National Research Council. Precision Agriculture in the 21st Century: Geospatial and Information Technologies in Crop Management. Oxford University Press, 1999.

BECHAR, A. AND VIGNEAULT, C. (2016). **Agricultural Robots for Field Operations: Concepts and Components**, *Biosystems Engineering* 149: 94–111. Disponível em: <https://www.sba.org.br/open_journal_systems/index.php/cba/article/view/452/414> Acesso em: 10 de ago. de 2023.

BLOG FIELDVIEW, 2021. **Tecnologia na agricultura: como a tecnologia 4.0 potencializa o resultado no campo**. Disponível em: <<https://blog.climatefieldview.com.br/tecnologia-na-agricultura>> Acesso em: 09. de set. de 2023.

CONTRAF BRASIL, **Agricultura familiar do Brasil é 8ª maior produtora de alimentos do mundo**, 2023. Disponível em: <<https://contrafbrasil.org.br/noticias/agricultura-familiar-do-brasil-e-8-maior-produtora-de-alimentos-do-mundo-d4f2/>> Acesso em: 27 de fev. de 2023.

C. Platt. Make: Electronics: Learning Through Discovery. 2nd edition. Maker Media, Inc., 2015. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5400956/mod_resource/content/4/Platt_%20Make_%20electronics.pdf> Acesso em: 5 de abr. de 2023. tradução nossa. 39 p.

CAMPO E NEGÓCIOS, 2021. **Manejo de plantio de acerola**. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/manejo-de-plantio-de-acerola/>> Acesso em: 07. de set. de 2023.

DE SOUZA, Anderson R. et al. **A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, p. 1702, 2011.

EMBRAPA, 2012. **Agricultura da acerola**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128278/1/PLANTAR-Acerola-ed03-2012.pdf>> Acesso em: 07. de set. de 2023.

ESTÁGIO NO SÍTIO DOS HERDEIROS, 2021. **Perguntas e respostas: acerola**. Disponível em: <<https://estagiositiodosherdeiros.blogspot.com/2013/04/perguntas-e-respostas-acerola.html>> Acesso em: 10. de set. de 2023.

EMBRAPA, 2020. **Agricultura digital**, p. 27. Disponível em:<file:///C:/Users/arnol/Downloads/LV-Agricultura-digital-2020.pdf> Acesso em: 07. de set. de 2023.

FELIPE GONÇALVES BRITES E VINICIUS PUGA DE ALMEIDA SANTOS, 2008. p.03. **Universidade federal fluminense centro tecnológico escola de engenharia curso de engenharia de telecomunicações programa de educação tutorial grupo pet-tele** Disponível em:<
<https://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/stepmotor/stepmotor2k81119.pdf>> Acesso em: 07. de set. de 2023.

FRANCA, A. L. M. *Energia Eletrica Para Engenheiros*. [s.n.], 2001. Disponível em: <https://cdn.hackaday.io/files/9127390489568/motor_cc.pdf> Acesso em: 27 de fev. de 2023.

FLORA PAULISTA, 2023. **Acerola**. Disponível em:<
<https://florapaulista.loja2.com.br/8146167-Acerola>> Acesso em: 09. de set. de 2023.

G1, 2015. **Dificuldades fazem produtores desistirem do cultivo de acerola no Vale do São Francisco**. Disponível em: < <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/bom-dia-pe/video/dificuldades-fazem-produtores-desistirem-do-cultivo-de-acerola-no-vale-do-sao-francisco-3996835.ghtml> > Acesso em: 09. de set. de 2023.

GIMENEZ, S. P. **Microcontroladores 8051**. 1ª ed. São Paulo: Pearson, 2005.
Disponível em: < <https://pergamum.mackenzie.br/acervo/169146>> Acesso em: 01 de
abr. de 2023

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J.M. **Acerola para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: MAARA-SDR. EMBRAPA-SPI. 1994. 43p. Disponível em:
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44461/1/CPATC-DOCUMENTOS-6-INSTRUcoes-PARA-O-CULTIVO-DA-ACEROLA-FL-13124.pdf>>
Acesso em: 05 de abr. de 2023.

IBRAHIM, D. Advanced PIC microcontroller projects in C: from USB to RTOS with the PIC18F series. Burlington: Newnes, 2008, tradução nossa. 560 p.

LINKEDIN, 2023. **A evolução da agricultura: da agricultura 2.0 a 4.0 - Como as tecnologias avançadas estão mudando a face da produção agrícola.** Disponível em: < https://pt.linkedin.com/pulse/evolu%C3%A7%C3%A3o-da-agricultura-20-40-como-tecnologias-est%C3%A3o-r-junior?trk=articles_directory > Acesso em: 09. de set. de 2023.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. [Tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. São Paulo: UNESP, 2010.

Mattede Henrique. Mundo da Elétrica. Relé – Funcionamento, tipos e aplicações.

2015 Disponível em: < <https://www.mundodaeletrica.com.br/rele-funcionamento-tipos-aplicacoes/> > Acesso em: 5 de abr. de 2023.

NARVAEZ, F.; et al. **A survey of ranging and imaging techniques for precision agriculture phenotyping.** *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, v. 22, n. 6, p. 2428-2439, 2017. Disponível

NETO L.G.; SOARES J.M., **Acerola para exportação: aspectos técnicos da produção**, EMBRAPA, Brasília, Brazil, 1994, 13 p.

PORTAL GOVERNO DO AMAPÁ, **Nosso campo: governo do amapá desenvolve plataforma para impulsionar vendas de produtores rurais**, 2023. Disponível em: <<https://www.portal.ap.gov.br/noticia/1402/nosso-campo-governo-do-amapa-desenvolve-plataforma-para-impulsionar-vendas-de-produtores-rurais>> Acesso em: 15 de mar. de 2023.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC - Programação em C.** São Paulo, Editora Saraiva, 2009. *E-book*. ISBN: 9788536519937. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519937/>>. Acesso em: 24 mai. 2023.

PORTAL GOVERNO DO AMAPÁ, **Governo fortalece agricultura familiar no interior do estado**, 2017. Disponível em: <https://www.portal.ap.gov.br/ler_noticia.php?slug=0508/governo-fortalece-agricultura-familiar-no-interior-do-estado> Acesso em: 01 de abr. de 2023

PLANTA DELIVERY, 2023. **Acerola**. Disponível em:<<https://www.plantadelivery.com.br/acerola>> Acesso em: 20 de ago. de 2023.

RENNA, Roberto Brauerdi. BRASIL, Rodrigo Duque Ramos. CUNHA, Thiago Elias Bitencourt. BEPPU, Mathian Motta. FONSECA, Érica Guimarães Pereira da. Tutoriais Pet Tele: Introdução ao kit de desenvolvimento Arduino. Programa de educação tutorial. Universidade Federal Fluminense, UFF. Niterói, Rio de Janeiro, 2013.

ROBOLIV. **Servo Motor. 2016**. Disponível em: <<http://www.roboliv.re/conteudo/servomotor>> > Acesso em: 5 de abr. de 2023.

ROBOT DELTA PARA CULTIVON EM HILEIRAS, **politécnica**, 2021. Disponível em:<https://oa.upm.es/69186/2/TFG_VICTOR_ORIHUEL_ARRIBAS.pdf> Acesso em: 10 de ago. de 2023.

REVISTA DA FRUTA, 2021. Maior fazenda orgânica de acerola do mundo fica no Brasil. Disponível em:<<https://www.revistadafruta.com.br/eventos/maior-fazenda-organica-de-acerola-do-mundo-fica-no-brasil,404533.jhtml>> Acesso em: 05. de nov. de 2023.

RURAL CENTRO, 2009. **Aumento da produtividade da acerola**. Disponível em:<
<https://www.ruralcentro.com.br/noticias/aumento-da-produtividade-da-acerola-15102>> Acesso em: 06. de nov. de 2023

TRIMBLE **Sketchup**, 2023 Disponível em: <<https://www.sketchup.com/pt-BR/products/sketchup-for-web>> Acesso em: 5 de abr. de 2023

ANEXOS

Trecho do código do servo motor carro.

```
#include <Servo.h>

Servo eixo_x; // Cria objeto para controlar o servo no eixo X
Servo eixo_y; // Cria objeto para controlar o servo no eixo Y

int graus=90;
int valory = 90;
int valorx = 90;
char dados;

void setup(){
  eixo_x.attach(3);
  eixo_y.attach(9);

  Serial.begin(9600);

  eixo_x.write(35);
  delay(15);
  eixo_y.write(105);
}

void loop(){

  while(Serial.available() > 0) {
    dados = Serial.read();

    if (dados == 'A') { //Fechado
      eixo_x.write(15);
      delay(15);
      eixo_y.write(130);
      delay(15);
    }
    if (dados == 'C') { //Aberto
      eixo_x.write(120);
      delay(15);
      eixo_y.write(20);
      delay(15);
    }
    if (dados == 'B') { //Reto
      eixo_x.write(35);
      delay(15);
      eixo_y.write(105);
      delay(15);
    }
  }
}
```

```
}  
}
```

Trecho do código do motor DC do carro.

```
//Definicoes pinos Arduino ligados a entrada da Ponte H  
int IN1 = 6;  
int IN2 = 5;  
int IN3 = 11;  
int IN4 = 10;  
char dados;  
  
void setup(){  
  //Define os pinos como saida  
  pinMode(IN1, OUTPUT);  
  pinMode(IN2, OUTPUT);  
  pinMode(IN3, OUTPUT);  
  pinMode(IN4, OUTPUT);  
  
  Serial.begin(9600);  
}  
  
void loop(){  
  
  while(Serial.available() > 0) {  
    dados = Serial.read();  
  
    //Caso seja recebido o caracter F  
    if (dados == 'F') {  
      //Gira o Motor A e B no sentido horario  
      digitalWrite(IN1, HIGH);  
      digitalWrite(IN2, LOW);  
      digitalWrite(IN3, HIGH);  
      digitalWrite(IN4, LOW);  
    }  
  
    if (dados == 'R') {  
      //Gira o Motor A e B no sentido antihorario  
      digitalWrite(IN1, LOW);  
      digitalWrite(IN2, HIGH);  
      digitalWrite(IN3, LOW);  
      digitalWrite(IN4, HIGH);  
    }  
  
    if (dados == 'D') {  
      //Gira o Motor para direita  
      digitalWrite(IN1, HIGH);  
      digitalWrite(IN2, LOW);  
      digitalWrite(IN3, LOW);  
    }  
  }  
}
```

```

    digitalWrite(IN4, LOW);
}

if (dados == 'E') {
    //Gira o Motor para esquerda
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, HIGH);
    digitalWrite(IN4, LOW);
}

if (dados == 'P') {
    //Gira o Motor A e B no sentido horario
    digitalWrite(IN1, LOW);
    digitalWrite(IN2, LOW);
    digitalWrite(IN3, LOW);
    digitalWrite(IN4, LOW);
}
}
}

```

Código do braço robótico.

```

#include <VarSpeedServo.h> //biblioteca para controle da velocidade e da
posição dos servos

#define servoBase 3 // Porta Digital do Servo da Base
#define servoAltura 4 // Porta Digital do Servo da Altura do Braço
#define servoAngulo 5 // Porta Digital do Servo do Ângulo do Braço
#define servoGarra 6 // Porta Digital do Servo da Garra

#define potBase A0 // Porta Analógica do Potenciometro para Controle da
base
#define potAltura A1 // Porta Analógica do Potenciometro para Controle da
altura do braço
#define potAngulo A2 // Porta Analógica do Potenciometro para Controle do
ângulo do braço
#define potGarra A3 // Porta Analógica do Potenciometro para Controle da
garra

#define botao_trava 8 // Porta Digital do Botao trava
#define botao_destrava 9 // Porta Digital do Botao trava

//Instanciação dos Objetos de Controle dos Servos

VarSpeedServo base;
VarSpeedServo altura;
VarSpeedServo angulo;
VarSpeedServo garra;

```

```

//Variaveis para cálculo dos angulos
int leitura_Base;
int valor_Base;
int leitura_altura;
int valor_altura;
int leitura_angulo;
int valor_angulo;
int leitura_garra;
int valor_garra;

//Variaveis para controle dos botões
int estado_trava, estado_destrava;
int anterior_trava = HIGH;
int anterior_destrava = HIGH;
boolean travado = false;

void setup(){
  pinMode(botao_trava, INPUT_PULLUP);
  pinMode(botao_destrava, INPUT_PULLUP);

  //Usa o LED do Arduino para informar estado de congelado
  pinMode(13, OUTPUT);
  digitalWrite(13, LOW);

  //Configuração das Portas dos Servos
  base.attach(servoBase);
  altura.attach(servoAltura);
  angulo.attach(servoAngulo);
  garra.attach(servoGarra);
}

void loop() {

  if (!travado) {
    leitura_Base = analogRead(potBase); //Leitura do Angulo do Potenciometro
    valor_Base = map(leitura_Base, 0, 1023, 0, 180); //Conversão do valor do
    potenciometro (de 0 até 1024) para o angulo (de 0 até 180)
    base.slowmove(valor_Base, 30); //envio do ângulo para o servo

    leitura_altura = analogRead(potAltura); //Leitura do Angulo do
    Potenciometro
    valor_altura = map(leitura_altura, 0, 1023, 180, 0); //Conversão do valor
    do potenciometro (de 0 até 1024) para o angulo (de 0 até 180)
    altura.slowmove(valor_altura, 40); //envio do ângulo para o servo
  }
}

```

```

    leitura_angulo = analogRead(potAngulo);           //Leitura do Angulo do
Potenciometro
    valor_angulo = map(leitura_angulo, 0, 1023, 180, 0); //Conversão do valor
do potenciometro (de 0 até 1024) para o angulo (de 0 até 180)
    angulo.slowmove(valor_angulo,40);                 //Envio do
angulo para o Servo

    leitura_garra = analogRead(potGarra);             //Leitura do Angulo do
Potenciometro
    valor_garra = map(leitura_garra, 0, 1023, 0, 50); //Conversão do valor do
potenciometro (de 0 até 1024) para o angulo (de 0 até 180)
    garra.slowmove(valor_garra, 40); //envio do ângulo para o
servo
}

//Se o botao de congelar foi apertado
estado_trava = digitalRead(botao_trava);
if (estado_trava != anterior_trava) {
    travado = true;
    digitalWrite(13, HIGH); //Informa o estado de congelado no LED interno do
Arduino
}
anterior_trava = estado_trava;

//Se o botao de descongelar foi apertado
estado_destrava = digitalRead(botao_destrava);
if (estado_destrava != anterior_destrava) {
    travado = false;
    digitalWrite(13, LOW); //Informa o estado de congelado no LED interno do
Arduino
}
estado_destrava = anterior_destrava;
}

```