

ROBÔ AUTOMÁTICO PARA PLANTIO DE ALHO

Carlos Willian Silva Camargos ¹; Allan Rafael Nunes Medeiros ²; Mateus Fernandes Martins ³; Calebe Giaculi Júnior ⁴; Francisco Heider Willy dos Santos ⁵; Carlos Renato Noll ⁶; Robson Shigueaki Sasaki ⁷;

1 Carlos Willian Silva Camargos, Bolsista IFMG, Engenharia de Computação, IFMG Campus Bambuí, Bambuí - MG;

cwscamargos@gmail.com

2 Allan Rafael Nunes Medeiros, Engenharia de Computação, IFMG Campus Bambuí, Bambuí - MG

3 Mateus Fernandes Martins, Engenharia de Computação, IFMG Campus Bambuí, Bambuí - MG

4 Calebe Giaculi Júnior: Pesquisador do IFMG, Coordenador do projeto, Campus Bambuí; calebe.giaculi@ifmg.edu.br

5 Francisco Heider Willy dos Santos: Pesquisador do IFMG, Coorientador do projeto, Campus Bambuí;

6 Carlos Renato Noll: Pesquisador do IFMG, Coorientador do projeto, Campus Bambuí;

7 Robson Shigueaki Sasaki: Pesquisador do IFMG, Coorientador do projeto, Campus Bambuí;

RESUMO:

Robôs autônomos têm sido utilizados em diversas aplicações para melhorar a qualidade dos processos, aumentar a produtividade e melhorar a qualidade de vida das pessoas evitando trabalhos em locais inóspitos e de difícil acesso, ou até mesmo cotidianos e repetitivos, podendo realizar tarefas de forma contínua e consistente com repetibilidade. O uso de tecnologias advindas da robótica voltadas para a agricultura é algo relativamente recente, já que existem relatos da utilização de robôs em estufas há cerca de 20 anos. Na horticultura, por exemplo, robôs foram utilizados para a colheita de citrinos e maçãs. A produção de alho no estado de Minas Gerais representou cerca de 36,9% de toda a produção no Brasil em 2016, e foi considerada pela ANAPA como a região que mais produziu alho no país em 2018. O processo de produção de alho ainda é em grande parte manual, tendo como consequências uma grande necessidade de mão de obra e a submissão de trabalhadores a más condições de ergonomia na realização do plantio. Com base nos problemas encontrados, uma nova implementação robótica foi construída após uma profunda revisão bibliográfica, que teve como foco verificar o estado da técnica usada nas áreas de construção de robôs autônomos e mecanismos para plantio de alho. Para tal implementação, foi desenvolvido um modelo tridimensional que permitiu averiguar detalhadamente diversas formas de montagem utilizando materiais disponíveis no comércio local e de baixo custo, antes mesmo da efetiva construção, o que possibilitou o refinamento do projeto evitando erros e desperdício de tempo e material. Durante o processo de construção percebeu-se a necessidade de pequenas alterações do projeto mecânico original, o mesmo ocorreu com o projeto eletrônico e ambos funcionaram satisfatoriamente, dentro das expectativas da atual fase do projeto. Este projeto está sendo conduzido em um processo de melhoria contínua, onde cada novo teste gera novos requisitos para a reformulação do mesmo. Na etapa final este robô será submetido a um teste real de plantio, e como resultado principal espera-se ter o projeto mecânico e eletrônico consolidado.

Palavras-chave: Robótica. Agricultura. Plantio de alho.

INTRODUÇÃO:

A produção de alho tem grande relevância no cenário agrícola de Minas Gerais. De acordo com a CONAB, em 2016 o estado representou 36,9% de toda a produção de alho no Brasil. Em 2018, segundo a ANAPA, Minas Gerais era a região que mais produzia alho no país, com aproximadamente 4,5 mil hectares plantados. O processo de produção de alho ainda é em grande parte manual, como consequência há uma grande necessidade de mão de obra e os trabalhadores precisam se submeter a má postura para que consigam realizar o plantio. Ao longo do tempo, a má postura pode trazer sérias consequências para a saúde do trabalhador. De acordo com Dos Santos (2016), fatores como uma jornada de trabalho excessiva, desrespeito a questões ergonômicas, má postura e estresse formam um conjunto nocivo em diversas atividades profissionais. A robótica aplicada às técnicas agrícolas tem grande potencial para melhorar a produtividade do trabalho no campo, seja de forma assistida ou autônoma. Além disso, pode poupar os trabalhadores de realizar tarefas repetitivas e com baixa ergonomia.

A Robótica e os Sistemas Autônomos ao longo dos anos vêm transformando os processos industriais, aumentando a produtividade e a qualidade dos processos, mas a aplicação dessas tecnologias na agricultura é relativamente recente. Segundo Hackenhaar (2014) nos últimos 20 anos a robótica na agricultura vem sendo utilizada em ambientes como estufas de horticultura. Estudos vêm sendo feitos para desenvolver colheitadeiras autônomas de tomate cereja, pepino, cogumelos, e outras frutas. Além disso, robôs foram utilizados para a colheita de citrinos e maçãs.

A nova geração de robôs leves, com pneus de baixa pressão, revolverá o volume mínimo de solo para permitir a acomodação das sementes. Estas por sua vez serão precisamente semeadas de acordo com os níveis de umidade do solo. Seus movimentos serão controlados por software específicos - SAFAR (Arquitetura de Software para Robôs Agrícolas), e as rotas serão planejadas por meio de Google Earth. Os robôs ainda serão capazes de colheita seletiva, permitindo aos agricultores obter uma maior qualidade de corte, enquanto as plantas que ainda necessitam de tempo para crescer, são deixados no campo (HACKENHAAR, 2014, p. 122).

Muitos processos tradicionalmente empregados envolvem grande necessidade de mão de obra ou maquinário pesado em sua realização. A aplicação da robótica nos processos agrícolas se apresenta como uma opção intermediária voltada aos produtores de médio porte, e com a redução do custo poderá atender até mesmo produtores de pequeno porte. Essas tecnologias terão maior impacto no setor Agroalimentar, tendo como foco a produção de alimentos desde a fazenda até a prateleira dos varejos (DUCKETT, Tom et al, 2018).

De acordo com Resende et. al. (2004) o plantio do alho depende de vários fatores para que ocorra com sucesso. Resende et. al. (2004) cita que o preparo do solo e a escolha deste é essencial para uma boa cultura do alho, de acordo com ele, um terreno ótimo deve conter solo leve, de textura média, ricos em matéria orgânica, planos ou ligeiramente inclinados facilitando o preparo do terreno. Para fazer o preparo do solo, Resende et. al. (2004) aconselha realizar uma aração com profundidade mínima de 20 cm, essa aração deve ser feita cerca de 45 a 60 dias antes do plantio do alho. No plantio do bulbilho é indicado por Resende et. al. (2004) um espaçamento de 20 a 30 cm entre as fileiras do campo, e 7 a 10 cm de cada bulbilho e uma profundidade de 2 a 3 cm. Segundo Borrero Guerrero (2017) o deslocamento adequado de um robô móvel entre as fileiras de uma cultura agrícola implica numa apropriada configuração estrutural do veículo, é preciso também considerar a detecção das filas de plantas ou árvores, bem como o desenvolvimento de um sistema de controle de locomoção.

Visando implementar novas tecnologias voltadas à melhoria no processo de plantio de alho com foco no produtor de médio porte, este trabalho tem como objetivo desenvolver um robô para plantio de alho que possa funcionar de forma autônoma ou assistida. Com isso pretende-se avaliar técnicas de construção de robôs de baixo custo que tenham potencial para melhorar as condições de trabalho do agricultor, além de explorar possíveis melhorias em relação à produtividade do processo.

METODOLOGIA:

Após uma profunda revisão bibliográfica, o primeiro objetivo a ser alcançado foi a modelagem 3D do protótipo, para facilitar a visualização do projeto como um todo. No processo de modelagem foi usado o software SolidWorks, onde foram feitas todas as peças em tamanho real, começando pelo chassi onde seriam encaixadas as outras peças do modelo. Todas as peças foram modeladas pensando em facilitar sua construção e reduzir o custo final do projeto, utilizando principalmente materiais de baixo custo e disponíveis no comércio local.

Dentre as peças modeladas destaca-se a esteira usada na locomoção do protótipo, onde foi proposta uma maneira única de construção utilizando correntes de motocicleta, braçadeiras artesanais, parafusos e tiras cortadas de pneu de carro. A construção da esteira consiste em posicionar as braçadeiras nas partes internas dos elos da corrente de moto (com um espaçamento entre elas, para que a esteira se movimente corretamente) e então fixá-las nas tiras de pneu usando parafusos ao longo de toda a extensão da corrente usada (Figura 01).

No modelo 3D também foram usadas outras peças, tais como um gerador movido a gasolina, motores de para brisa de automóvel, motor de passo, etc. Usando como base o modelo 3D, foi iniciado então o processo de construção do protótipo. Primeiramente foi construída toda a estrutura mecânica do robô, onde foram usadas ferramentas e equipamentos básicos (máquina de solda inversora, serra circular, mini torno adquirido com recursos do projeto, além de uma furadeira de bancada) e materiais reaproveitados de carros, motocicletas e outras estruturas metálicas (Figura 02).



Figura 01 - Modelagem da esteira do protótipo



Figura 02 - Construção da estrutura mecânica

Assim que a construção da estrutura mecânica foi finalizada, foi iniciada a construção da parte elétrica do protótipo e em paralelo também foi construído o mecanismo semeador, que consiste em um motor de passo que sobe e desce um eixo fixado à uma cunha que abre o solo e um recipiente que armazena os bulbilhos de alho e possui em seu interior uma corrente de motocicleta com pás fixadas à ela que funcionam como um elevador, conduzindo os bulbilhos até o ponto em que caem em um duto metálico e são direcionados ao solo (Figuras 05 e 06). Foi usado um gerador de tensão alternada 110V para fornecer energia a uma fonte de corrente contínua que fornece 12V aos demais componentes eletrônicos do protótipo. Também foi confeccionada uma placa eletrônica para unir alguns dos componentes utilizados e facilitar a troca de dados entre eles. No processo de confecção foi usada uma CNC para gravar o desenho do circuito na placa de fenolite (Figura 03). Ao todo, neste projeto foram usados os seguintes componentes eletrônicos:

- 4 módulos de ponte H;
- 2 microcontroladores (1 arduino pro micro e um ESP32);
- 1 módulo GPS;
- 1 módulo magnetômetro;
- 1 módulo acelerômetro;
- 3 sensores indutivos;
- 1 sensor ultrassônico;
- 4 motores de para brisa de automóvel;
- 1 motor de vidro elétrico de automóvel;
- 1 fonte de corrente contínua 12V;
- 1 gerador de corrente alternada 110V;
- 1 motor de passo.

Com exceção dos módulos de ponte H, motores e sensores indutivos e ultrassônico, todos os outros componentes foram soldados à placa confeccionada e montados em um painel construído dentro de uma caixa plástica (Figura 04). Dentro da caixa foi colocada também a fonte de corrente contínua responsável por fornecer energia a todos os demais componentes eletrônicos do protótipo.

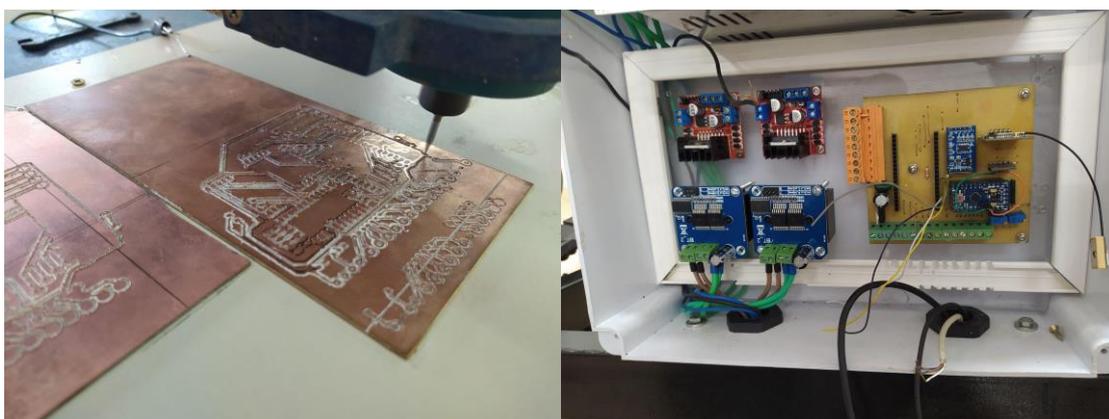


Figura 03 - Confeção da placa na CNC

Figura 04 - Montagem do painel elétrico

Ao final do processo de construção da parte elétrica, o protótipo foi testado como um todo, tanto suas estruturas mecânicas quanto o funcionamento dos motores, sensores e demais dispositivos eletrônicos. Foram feitos testes de resistência da estrutura mecânica, testes de torque e corrente dos motores, testes de eficácia do mecanismo semeador e testes de funcionamento dos sensores. Na Tabela 01 estão listadas algumas especificações dos motores utilizados (não foram encontrados dados a respeito da temperatura de trabalho dos motores). Logo após os testes, foi iniciada a implementação do software de controle cuja função é integrar o funcionamento de todas as estruturas e dispositivos presentes no protótipo, interpretando os resultados obtidos das leituras dos sensores e fazendo o acionamento correto dos mecanismos nos momentos necessários.

Torque nominal	8.82 Nm
Corrente máxima	12A
Tensão de alimentação	12V

Tabela 01 - Especificações dos motores



Figura 05 - Mecanismo semeador de bulbilhos

Figura 06 - Primeira versão do protótipo

Foi utilizada a IDE Arduíno na implementação deste software, a sintaxe da linguagem usada nessa IDE se assemelha bastante à das linguagens C e C++. A interface gráfica de controle desenvolvida para smartphones Android foi criada no software MIT AppInventor (disponível em: <https://appinventor.mit.edu/>) e se comunica com o robô através da interface Bluetooth do microcontrolador ESP32.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Com a construção deste protótipo foi observado que apesar de ainda haver necessidade de melhorias, nos testes em campo a estrutura mecânica como um todo, principalmente as esteiras de locomoção se mostraram robustas e eficientes na tarefa de locomover o robô pelo solo. Além disso, o custo de construção foi relativamente baixo, visto que em sua maioria foram usados materiais de fácil acesso como correias e correntes de motocicletas, motores de parabrisa veicular entre outras estruturas. Os motores de parabrisa utilizados se mostraram capazes de movimentar o robô a uma velocidade de aproximadamente 2 metros por segundo (sem carga), com consumo médio de corrente de 10A por motor.

O mecanismo semeador se mostrou eficaz na tarefa de conduzir os bulbilhos até o duto metálico que os direciona ao solo, e através desse sistema é possível controlar a taxa de plantio por meio do software. Na etapa final do projeto o robô será testado em um canteiro onde será verificada sua capacidade de abrir sulcos no solo, e será avaliada a quantidade de energia necessária para realizar o processo de plantio.

CONCLUSÕES:

O trabalho foi realizado de forma bastante satisfatória tanto no que se refere aos objetivos previamente estabelecidos quanto no ganho de conhecimento para a equipe envolvida, principalmente para os alunos da Engenharia de Computação envolvidos que puderam aplicar na prática diversos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, além de poder desenvolver novas habilidades como modelagem 3D de mecanismos, elementos de máquinas e projeto de produtos.

Espera-se com a conclusão deste trabalho que novas melhorias sejam implementadas de forma que o projeto desenvolvido possa ser utilizado como prova de conceito e base para futuros projetos.

REFERÊNCIAS:

BORRERO GUERRERO, Henry. **Desenvolvimento de um sistema de controle em um robô móvel agrícola em escala reduzida para deslocamento entre fileiras de plantio**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DOS SANTOS, Patrícia Vieira; MARTINS, Paulo Eduardo Silva. **Qualidade de vida no trabalho: contribuições dos programas de saúde e segurança no trabalho**. Ideias e Inovação-Lato Sensu, v. 3, n. 1, p. 35-44, 2016.

DUCKETT, Tom et al. **Agricultural robotics: the future of robotic agriculture**. arXiv preprint arXiv:1806.06762, 2018.

HACKENHAAR, Neusa Maria; HACKENHAAR, Celso; ABREU, Yolanda Vieira. **Robótica na agricultura**. 2014 Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/inter/v16n1/1518-7012-inter-16-01-0119.pdf>>. Acesso em: 07 de junho de 2021.

RESENDE, Francisco Vilela; DUSI, André Nepomuceno; MELO, Werito Fernandes. **Recomendações básicas para a produção de alho em pequenas propriedades**. Distrito Federal: EMBRAPA, 2004.