

## SISTEMA DE CONTROLE E AJUSTE AUTOMÁTICO DE ALTURA EM BARRAS PULVERIZADORAS

ANTONELA BITTENCOURT MAAG<sup>1</sup>  
EDUARDO WALKER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – atmaag@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – eduardowalker@yahoo.com.br*

### 1. INTRODUÇÃO

A base econômica do Brasil está fortemente ligada a produção agrícola. No ano de 2017 os índices mostraram que o país obteve uma safra de cereais, oleaginosas e leguminosas de 240,6 toneladas, superando em 29,5% a safra de 2016 (IBGE, 2017). Os mesmos índices indicaram que no ano de 2019 a produção teve um acréscimo de 6,6% em relação ao ano de 2018, enquanto que a área destinada ao plantio teve um crescimento de apenas 3,7% (IBGE, 2019). Nas últimas décadas tem se observado grande evolução na agricultura brasileira conseguindo-se praticamente dobrar a produção e a produtividade de algumas das principais culturas sem, no entanto, aumentar o tamanho das áreas de produção na mesma proporção (WERNER et. al, 2007).

Vários fatores influenciam o desenvolvimento agrícola, entre eles estão as máquinas e implementos utilizados no campo para facilitar o processo de cultivo. Dentre essas máquinas encontramos os pulverizadores, responsáveis pela aplicação de defensivos e fertilizantes em diversas culturas. Esse tipo de máquina apresenta diferentes modelos, no entanto, para uso em área extensas e de plantio de cereais são principalmente encontrados os pulverizadores de arrasto e os autopropelidos. Estes pulverizadores costumam ser equipados com barras pulverizadoras de 10 à 25 metros (COSTA, 2009).

Devido a extensão das barras pulverizadoras e aos terrenos encontrados no Brasil não serem totalmente planos, essas barras estão sujeitas a danos por entrarem em contato direto com o solo ou obstáculos sobre este, gerando manutenções não previstas. Por conta da variação do nível do solo dentro de uma mesma área de plantio, os pulverizadores acabam recebendo esses desniveis e os transferindo para as barras de uma forma não compensada, gerando duas situações opostas. A primeira temos uma barra muito afastada da altura ideal de aplicação, gerando uma sobreposição na deposição do produto químico, o que implica no aumento do custo de produção, além de danos a cultivar por excesso de agrotóxico. No segundo cenário temos uma barra muito próxima à plantação, gerando falhas na aplicação de defensivos, o que ocasiona perdas no controle das pragas agrícolas.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um sistema de controle e ajuste automático da altura das barras de pulverização que consiga reduzir os impactos gerados pela aplicação de produtos químicos na lavoura com barras pulverizadoras em alturas incorretas. Para realizar esse trabalho, pretende-se construir um protótipo de barras pulverizadoras, via software, juntamente com um sistema de acionamento e controle que será testado por simulação computacional.

## 2. METODOLOGIA

O primeiro passo desse trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica acerca dos sistemas de controle de altura em barras pulverizadoras disponíveis no mercado, observando os sensores que eram utilizados, bem como as formas de controle, acionamento e correção da altura das barras. Além disso, fez-se uma revisão sobre os tipos de sensores existentes para aferir distâncias, bem como sobre os tipos de pulverizadores existentes. Com base nesses estudos, pode-se escolher o sensor do tipo ultrassônico para captar a distância entre as barras pulverizadoras e o solo, por apresentar boas características de precisão e tempo de resposta, comprovando a relação custo-benefício.

Com o sensor escolhido, fez-se os primeiros testes para determinar a sua faixa de operação e as limitações de leitura. O sensor ultrassônico deste estudo é o modelo JSN-SR04, que possui a característica de ser a prova d'água, fator de extrema importância para situações de campo. Para o sistema de controle foi escolhido a placa de microcontrolador Arduino Uno, devido a facilidade de acesso e familiaridade com a plataforma de programação.

A partir dessas escolhas, iniciou-se o desenvolvimento do código de operação e leitura de distância dos sensores ultrassônicos. Através das distâncias captadas, o controle responderá através de faixas de distância pré-definidas em um sistema de máquina de estados finitos onde cada estado acionará o motor de passo responsável por corrigir a altura da barra, de forma a manter esta paralela em relação ao solo. Vale destacar que o sistema de barras pulverizadoras estudado considera barras independentes, as quais serão acionadas por motores de passo distintos e possuirão pares de sensores distintos em cada uma das barras. Assim, quando um dos sensores de uma das barras captar um obstáculo, o valor da distância será testado nas faixas definidas na máquina de estado e a conforme for esse teste o motor andará o número de passos definidos no estado atual em que se encontra a máquina de estados finitos, de forma a corrigir a altura da barra pulverizadora. No entanto, embora as barras sejam independentes, as leituras acontecerão de forma concomitante em ambas as barras, bem como os testes da máquina de estado e o acionamento da correção do motor de passo.

Na sequência fez-se o primeiro protótipo da parte mecânica do pulverizador via software, com enfoque no mecanismo das barras pulverizadoras. Desenvolveu-se várias ideias para a forma de acionamento para a correção da altura das barras. Primeiramente considerando a utilização de um sistema com engrenagens, variando a posição dessas para analisar qual seria a mais eficiente, além de variar a relação de dentes das engrenagens. Também se considerou o acionamento por motor elétrico linear, porém lembrando a desvantagem do tempo de resposta lento desse sistema. Essa etapa da pesquisa segue em desenvolvimento, de forma a encontrar um acionamento mais eficiente, utilizando motores de passo, porém com uma resposta compatível para a solução do problema de altura das barras pulverizadoras. Também considera-se realizar um estudo para posicionar os sensores nas barras com um ângulo a ser definido, de forma que os sensores façam leituras preditivas, garantindo que o tempo necessário para o acionamento dos motores de passo e a efetiva correção da altura das barras seja suficiente, sem gerar atrasos nos sistema de controle.

A partir do projeto mecânico feito via software serão feitos alguns testes para apurar a eficiência do sistema de correção de altura. Da mesma forma, o sistema de controle deverá ser testado, criando cenários em que o sensor faça leituras de distância semelhante as alturas encontradas no protótipo mecânico desenvolvido. Com esses testes será possível aprimorar o sistema proposto, bem

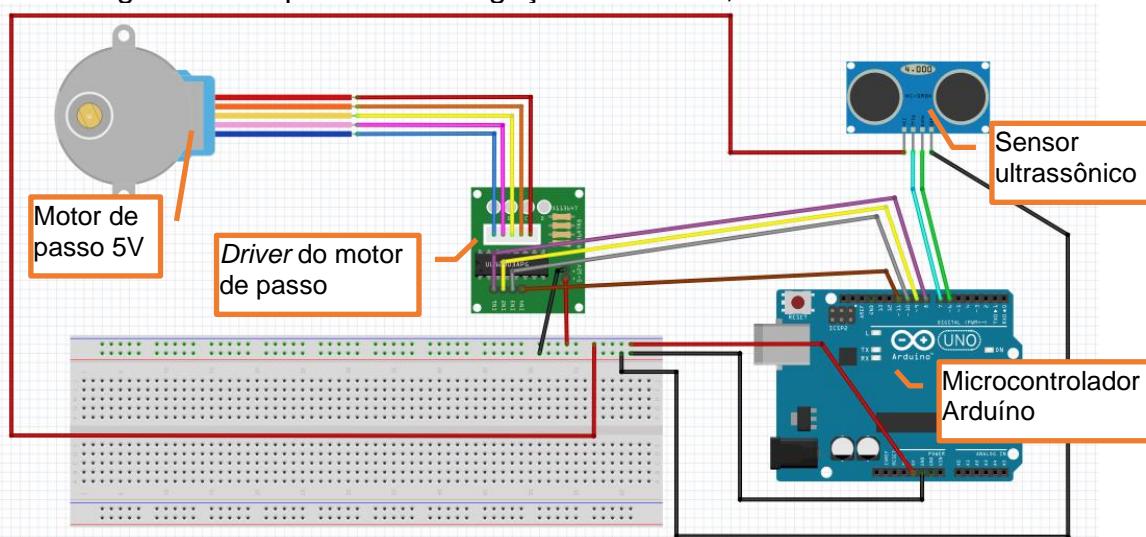
como corrigir possíveis falhas, de forma a gerar um sistema completo, eficiente e automático para a correção da altura das barras pulverizadoras.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os testes com sensor ultrassônico foi desenvolvido um código simples em linguagem C, utilizando a própria IDE do microcontrolador Arduino, para realizar a leitura com o sensor. Nessa fase foi identificado que o sensor não capta distâncias inferiores à 20 cm, podendo se estender com leituras superiores à 1 metro. Além disso, observou-se que o feixe de onda sonora emitida pelo sensor é bastante amplo, em torno de 75° em relação ao centro.

A partir dessas informações, conectou-se também ao Arduino um motor de passo de 5V. Com esse sistema foi possível realizar os primeiros códigos da máquina de estados finitos, considerando várias faixas de leitura de distância, onde cada uma geraria uma correção em número de passos executados pelo motor, o qual acionaria a correção da altura da barra pulverizadora. No entanto, essa etapa ainda não foi concluída, e os estados do controle ainda estão sendo ajustados para gerar um sistema robusto e eficiente. Na Figura 1 é possível visualizar o esquemático do circuito elaborado, o qual utiliza também um driver para conexão com o motor.

Figura 1 - Esquemático de ligação do sensor, motor e microcontrolador.



Um dos possíveis modelos de acionamento para as barras pulverizadoras utiliza duas engrenagens de tamanhos diferentes, onde a de menor diâmetro (motriz), é acionada pelo motor de passo, transferindo o movimento para a engrenagem maior (movida), que está conectada a barra pulverizadora. Nessa configuração, o conjunto atua aumentando o torque para movimentar a barra, porém com a desvantagem de reduzir a velocidade, o que acarreta em um tempo de resposta mais lento. Dessa forma, ainda estuda-se outros sistemas de acionamento que garantam um torque suficiente para movimentação das barras, juntamente com o tempo de resposta adequado.

O trabalho ainda encontra-se em desenvolvimento. Dessa forma, para as próximas etapas espera-se otimizar os códigos de controle, bem como retirar todas as bibliotecas auxiliares de programação. Além disso, encontrar um sistema de acionamento das barras que garanta um rápida resposta, tornando efetivo o sistema de controle de altura. Por fim, pretende-se simular o conjunto mecânico via

software, bem como testar o sistema de controle em situações práticas, usando os sensores para captar distâncias em cenário semelhante ao que a máquina está exposta. Com esses dados, será possível validar o sistema, corrigir possíveis falhas e otimizar o conjunto de controle e acionamento da altura das barras pulverizadoras.

#### 4. CONCLUSÕES

A partir das etapas já realizadas pode-se afirmar que o sensor ultrassônico é eficiente para mensurar distâncias com precisão, bem como para atuar em um sistema de controle. Com os códigos desenvolvidos como máquina de estados finitos, tem-se um controle que atende aos objetivos do trabalho, no entanto ainda pode ser aprimorado. Com os próximos passos e testes em sistema mecânico simulado via software essas conclusões deverão ser reafirmadas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**CASALI, A. L. Caracterização, avaliação e classificação dos Pulverizadores autopropelidos produzidos no Brasil.** 2015. 127f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

**COSTA, Marcos Ferreira da. Tecnologia de Aplicação de defensivos agrícolas.** 2009. 118f. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009. Acesso em: 30 mar. 2020. Online. Disponível em: <[www.ufmt.br/ca/arquivos/0c47da7a08a3ba5142333954601989a3.pdf](http://www.ufmt.br/ca/arquivos/0c47da7a08a3ba5142333954601989a3.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2019.

**IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estatística da Produção Agrícola.** Rio de Janeiro, 2017.

**IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Estatística da Produção Agrícola.** Rio de Janeiro, 2019.

**WERNER, V. et al. Aplicação de fertilizantes a taxa variável em agricultura de precisão variando a velocidade de deslocamento.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.11, n.6, dez. 2007. Acessado em: 11 jun. 2020. Online. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662007000600016&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662007000600016&lng=pt&nrm=iso)>.