

PROJETO CONCEITUAL PARA CIRCUITOS DE CONTROLE DE VELOCIDADE DE DOSADORES DE SEMENTES ACIONADOS POR MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA DE ÍMÃS PERMANENTES

MARLON SOARES SIGALES¹; HENRIQUE GONÇALVES ANDRADE²; MATHEUS ROBERTO ALBARRACIN CASELATTO²; FABRÍCIO ARDAIS MEDEIROS²; EDUARDO WALKER²; ÂNGELO VIEIRA DOS REIS³

¹Universidade Federal de Pelotas – marlonsigales@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – henrique.andrade@ufpel.edu.br

²Universidade Federal de Pelotas – matheuscaselatto@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – medeiros.ardais@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – eduardowalker@yahoo.com.br

³Universidade Federal de Pelotas – areis@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Especula-se que até 2100 a população mundial alcance 11 bilhões de pessoas (ONU, 2019). No Brasil os espaços destinados à agricultura são insuficientes para suprir o crescimento da demanda de produção decorrente disto aliado a sustentabilidade, sendo necessário soluções tecnológicas que eleve ainda mais a precisão, aproximando as curvas da demanda e da produção de alimentos (SAAETH; FACHINELLO, 2018).

A agricultura familiar corresponde atualmente a 77% das propriedades, emprega 67% dos trabalhadores rurais, ocupando apenas 23% da área total de estabelecimentos agrícolas, e é responsável por 23% do valor total da produção agropecuária brasileira, apesar disto apenas 14% destes estabelecimentos possuem acesso à mecanização agrícola (IBGE, 2017).

As semeadoras de precisão são responsáveis por executar a semeadura e a fertilização, garantindo condições para germinação, emergência e desenvolvimento da cultura, de forma que a frequência de deposição longitudinal de sementes seja padronizada. Os dosadores de sementes executam a subfunção central desta máquina, onde ocorre a captura, individualização, dosagem e liberação da semente para o tubo de descida (CASÃO JUNIOR; SIQUEIRA, 2006).

A agricultura de precisão (AP) baseia-se no dimensionamento correto das atividades respeitando a variabilidade espacial, e adota sistemas eletrônicos embarcados para que as atividades foquem no aumento da produção e na minimização de desperdícios de recursos, elevando a rentabilidade (CAMPOS BERNARDI, 2014). No Brasil atualmente estas tecnologias aplicadas em máquinas e implementos estão focadas na aplicação de insumos, coleta de dados para análise e mapeamentos da produção, em geral baseadas no padrão ISOBUS (SIGALES et al, 2020).

O processo metodológico descrito no modelo conceitual para projetos de engenharia elétrica em NILSSON; RIEDEL (2009), pode ser desmembrado segundo o modelo consensual de fases para o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) de OGLIARI (1999). Sendo responsabilidade do projetista as fases de projeto preliminar e detalhado, adequando o projeto às normas e às dimensões e demais aspectos mecânicos.

Estas informações ajudaram a objetivar este trabalho, apresentando aqui a metodologia de projeto adaptada e o projeto conceitual para o circuito de controle de velocidade de dosadores de sementes acionados por motores de corrente contínua de ímãs permanentes. Espera-se com isto auxiliar trabalhos que desenvol-

vam estes mecanismos, em estudos que visam dar assistência à agricultura familiar.

2. METODOLOGIA

Utilizando a metodologia descrita por NILSSON; RIEDEL (2009) adaptada ao modelo consensual de fases de OGLIARI (1999), o projeto iniciou-se coletando e analisando informações sobre os mecanismos dosadores de sementes e os elementos de máquinas que acionam estes, verificando as necessidades de projeto para o controle destes mecanismos quando os elementos de máquinas são substituídos por motores elétricos de corrente contínua. Estas necessidades foram então analisadas e transformadas em especificações de projeto que são dados objetivos, de acordo com os quais o projeto será avaliado para verificar se atende às necessidades iniciais. Com isto, produziram-se esboços de conceitos, que foram traduzidos por meio de modelos matemáticos em topologias de circuitos eletrônicos de modo que atendessem as necessidades de projeto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da metodologia citada foram obtidas as especificações de projeto: A) Definir *set point* de densidade de semeadura de acordo com recomendações agrônômicas; B) Controlar a densidade de semeadura em função da velocidade do implemento até a velocidade máxima do motor elétrico; C) Ajustar velocidade nas curvas em taxas variáveis individualizadas; D) Possibilidade de desligamento individual das linhas; e E) Minimizar Impactos de deposições de falhas e duplas.

Observando as leis físicas que regem cada subsistema que compõe o problema e as equações físicas que relacionam as naturezas das informações foram feitas as modelagens matemáticas. Estas aliadas às especificações de projeto geraram o diagrama em blocos do sistema realimentado com controle de velocidade do motor de corrente contínua de ímãs permanentes, apresentado na Figura 1.

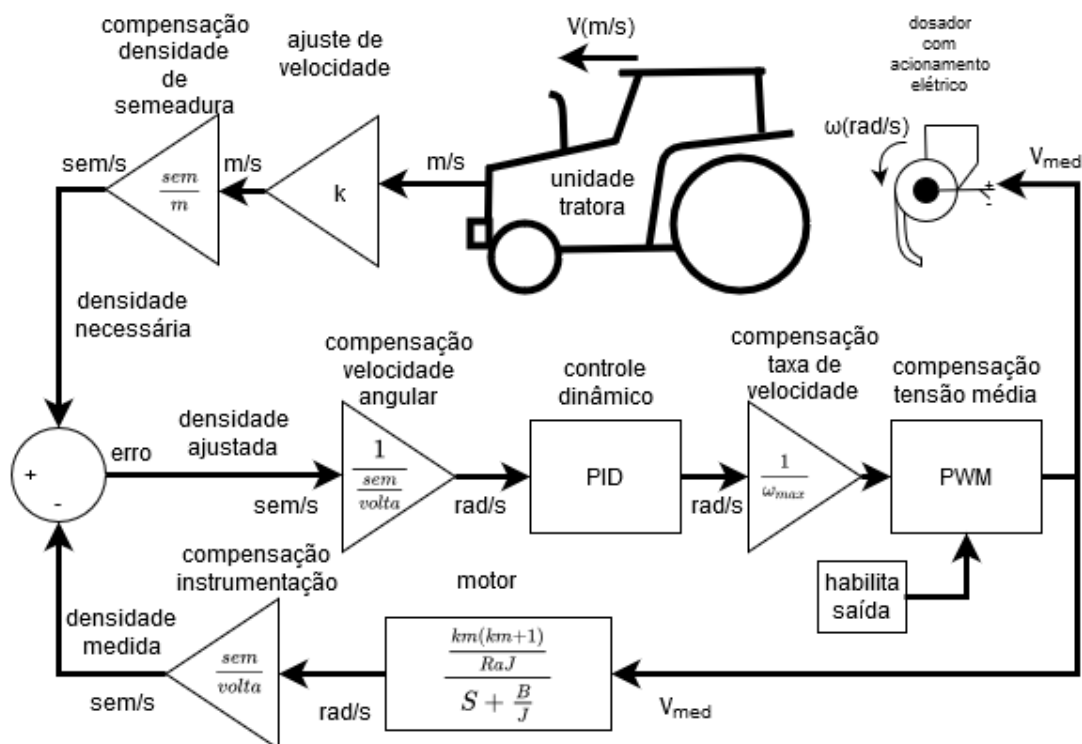


Figura 1: Diagrama em blocos para o sistema de controle

O diagrama tem como entrada a velocidade em $m.s^{-1}$ da unidade tratora. Para atender a especificação 'C', esta é ajustada em um bloco de ganho K, inferior ou igual a 1, que é referente ao gradiente de velocidades ao longo da estrutura do implemento. Este sinal passa por um bloco de ganho onde a velocidade ajustada é multiplicada pelo *set point* fixo de densidade de semeadura de acordo com as recomendações agrônômicas de espaçamentos longitudinais entre sementes, em $sem.m^{-1}$, resultando na taxa de sementes por segundo esperada, dado preferível, pois ao instrumentar o dosador este formato é facilmente obtido, isto garante o atendimento da especificação 'A'. A especificação 'B' é atendida pela malha de controle, onde o erro entre a densidade esperada e a densidade de sementes medida é multiplicado pelo inverso do número de sementes totais em uma volta do disco de plantio, obtendo uma velocidade angular que é colocada em um controlador proporcional integral derivativo (PID), o qual é responsável por reduzir os impactos das influências das perturbações mecânicas do momento de inércia (J) e da componente de atrito viscoso (B), introduzidas pelo motor, presentes na equação do motor na realimentação. Com este bloco a resposta transitória é alcançada em menores tempos, com menores erros e menores oscilações em transições, garantindo precisão da curva de resposta em relação ao *set point*, assim a especificação 'E' também é atendida. O sinal resultante disto é uma velocidade angular ajustada, que é dividida pela maior velocidade angular alcançada pelo mecanismo dosador, resultando em uma taxa que pode ser lida pelo modulador de largura de pulsos (PWM) como o percentual do total da tensão de alimentação que deve ser entregue ao motor, para que o erro seja anulado e em sua saída obtenha-se um valor médio de tensão o qual alimentará o motor e será realimentado pelo número de sementes por segundo que são depositadas. No bloco de PWM ainda existe a possibilidade de desligar a saída, o que atende a especificação 'D'.

A função de transferência do motor no domínio Laplace foi obtida aplicando a metodologia de análise de sistemas físicos relacionando a segunda lei de Newton para o torque mecânico e a leis das correntes para o sistema elétrico, como sugerido por OGATA (1997) utilizando o modelo para motores de corrente contínua de ímãs permanentes presente em UMANS (2014), onde k_m é a constante de conjugado do motor que é um parâmetro construtivo que relaciona a força contraeletromotriz com a frequência angular, R_a é a resistência de armadura deste motor, B a componente de atrito viscoso e J o momento de inércia.

Motores de corrente contínua de ímã permanente têm a peculiaridade de sua velocidade variar linearmente com a tensão aplicada na armadura. A técnica do PWM modula a tensão aplicada ligando e desligando a saída ciclicamente em intervalos mínimos variando no tempo a tensão média aplicada ao motor. Esta técnica tem vantagens de potência instantânea total e mínimas perdas por calor devido a não trabalhar com transistores na região ativa.

Os controladores PID em geral precisam de mais informações sobre o sistema físico, sendo sintonizado a partir destes valores, através de técnicas presentes em OGATA (1997), assim obtêm-se um melhor controle de transientes devido a perturbações em tempos mínimos de reação.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho é o início de um estudo desenvolvido dentro do Núcleo de Inovações em Máquinas e Equipamentos Agrícolas - NIMEq-UFPEL pelo programa de pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar - SPAF-UFPEL,

para fomentar a agricultura 4.0 aos agricultores familiares, em paralelo o grupo está desenvolvendo outros projetos na mesma linha.

Obteve-se êxito em aplicar a metodologia de projeto de engenharia elétrica adaptada ao modelo consensual para PDP, obtendo-se um modelo conceitual, para o controle da densidade de semeadura em função da velocidade de deslocamento do implemento através de motores de corrente contínua de ímãs permanentes, algébrico facilitando em diferentes técnicas de implementação.

Como trabalhos futuros pretende-se completar os próximos passos da metodologia, simulando em softwares, como o SciLab, utilizando dados do sistema real, e verificado seu comportamento executa-se um protótipo físico para a validação e ajustes dos resultados obtidos, sempre refinando ciclicamente o conceito gerado, para então partir-se para o detalhamento do projeto e enfim sua produção definitiva.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS BERNARDI, A. C. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. 2ª ed. DF : Embrapa, 2014. 596p.

CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA;Y. R.; PASSINI, J. J. **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR, 2006. 200p.

IBGE. **Censo Agropecuário: Resultados definitivos 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=73096>>. Acesso em: dez. 2019.

NILSSON, J. W.; RIEDEL, S. A. **Circuitos Elétricos**. 8.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 574p.

OGATA, K. **Modern control engineering**. 3 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997. 997pg.

OGLIARI, A. **Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetados**. 1999. 349p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) — CTC/EMC, Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, Florianópolis.

ONU. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU**. Brasil: ONU, 2019. Especiais. Acessado em 15 Jun. 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-chegar-a-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatorio-da-onu/amp/>

SAATH, K. C. d. O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrição do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.56 ,p.195 – 212, 06 2018.

SIGALES, M. S.; SILVEIRA, D. D.; CENTURION, R. J. B.; REIS, A. V.; FERREIRA, M. F. Como a tecnologia mudou o perfil das máquinas agrícolas. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, ano XVIII, nº 208, p. 18 - 20, 2020.

UMANS, S. D. **Máquinas elétricas de Fitzgerald e Kingsley**. 7 ed. Porto Alegre: AMGH, 2014. 706p.