

DISPOSITIVO PARA O MONITORAMENTO DA PROFUNDIDADE DE TRABALHO DA HASTE SULCADORA EM SEMEADORAS

EMANUEL TOTI DE PAULA¹, EMERSON FEY², FLÁVIO GURGACZ³, HENRIQUE EDUARDO FEY⁴

¹ Graduando em Engenharia Agrônômica, Centro Ciências Agrárias, Unioeste, Marechal Cândido Rondon – PR, emanueltoti13@outlook.com.

² Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Associado, Unioeste, Marechal Cândido Rondon – PR.

³ Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Adjunto, Unioeste, Cascavel - PR

⁴ Graduando em Engenharia Agrônômica, Centro Ciências Agrárias, Unioeste, Marechal Cândido Rondon – PR.

Apresentado no
LI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2022
27 a 29 de outubro de 2022 - Pelotas - RS, Brasil

RESUMO: Nas semeadoras de plantio direto o sulcador forma o sulco para a deposição do fertilizante e as sementes, para atender essa demanda o sulcador tipo haste é muito utilizado. Em função desse mecanismo geralmente possui uma mola para a regulagem e mantê-lo na profundidade desejada pode ocorrer variação da profundidade, afetando o estabelecimento da cultura. Entretanto, na prática, é trabalhoso mensurar essa variação, pois realiza-se a retirada manual do solo do sulco e mensuração com uma régua. Nesse contexto, a presente proposta buscou desenvolver um dispositivo capaz de monitorar a profundidade da haste ao longo da linha e verificar o efeito da variação do sulco sobre a profundidade de deposição de sementes e a velocidade de emergência. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados com arranjo fatorial 2 x 2, composto pela presença e ausência de roda limitadora de profundidade da haste e duas regulagens de profundidade do sulco. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey. Constatou-se que a leitura de profundidade da haste foi igual entre os métodos de medição manual e dispositivo de monitoramento quando empregado o mecanismo limitador.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, sensor, plantio direto

DEVICE FOR MONITORING THE WORKING DEPTH OF FURROW OPENER IN SEEDERS

ABSTRACT: In no-till seeders, the furrower forms the furrow for the deposition of fertilizer and seeds. To meet this demand, the rod-type furrower is widely used. Due to this mechanism, usually having a spring for adjustment and keeping it at the desired depth, depth variation can occur, affecting the establishment of the culture. However, in practice, it is difficult to measure this variation, as the soil is manually removed from the furrow and measured with a ruler. In this context, the present proposal sought to develop a device capable of monitoring the stem depth along the line and verifying the effect of the furrow variation on the seed deposition depth and emergence speed. A randomized block design with a 2 x 2 factorial arrangement was used, consisting of the presence and absence of a rod depth limiting wheel and two groove depth adjustments. The collected data were submitted to analysis of

variance and comparison of means by the Tukey test. It was found that the depth reading of the rod was equal between the manual measurement methods and the monitoring device when using the limiting mechanism.

KEYWORDS: *Zea mays*, sensor, no-tillage

INTRODUÇÃO: O Brasil destaca-se por ser um dos maiores produtores de grãos do mundo. O cultivo do milho no Brasil é bastante expressivo, não só pelo volume de grãos produzidos, mas também pela área plantada. A estimativa de produção do milho para a safra 2021/22 é de aproximadamente 114,6 milhões de toneladas, com um aumento de mais de 7,8% na área cultivada, ressaltando a sua enorme importância socioeconômica para o Brasil (CONAB, 2022). Para obter essas expressivas produções, fatores como a umidade e temperatura do solo, adubação, escolha do híbrido adequado, época de semeadura e a população e densidade adotada devem ser levados em consideração, pois podem influenciar a instalação da lavoura e conseqüentemente a sua produtividade. De acordo com Palma et al (2010), um fator que merece atenção no sistema de plantio direto é que em condições de campo podem ocorrer variações das propriedades físicas do solo em função do tráfego de máquinas, sulcos de semeadura da cultura anterior, efeito do sistema radicular das culturas anteriores, entre outros. Nessas condições, pode ocorrer uma considerável variação da profundidade de trabalho da haste sulcadora ao longo da linha de semeadura, pois a maioria das semeadoras tem sua profundidade determinada pela pressão de uma mola ajustada em função da resistência do solo. Tal comportamento pode afetar a adequada deposição das sementes no solo (profundidade e bom contato solo-semente) e conseqüentemente na velocidade de emergência. Nesse contexto, a proposta teve como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo para monitorar a profundidade de trabalho da haste sulcadora da semeadora ao longo da linha, que tem potencial de contribuir significativamente para a obtenção de informações sobre o comportamento desse mecanismo durante a semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS: Para execução do processo de desenvolvimento do dispositivo de monitoramento da profundidade de trabalho da haste sulcadora foi utilizada a metodologia descrita no Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (MR – PDMA) proposto por Romano (2003) e os exemplos de aplicação de uma metodologia semelhante a esta, utilizados por Reis (2003), Menegatti (2004) e Fey (2009). Esse modelo envolve fases muito importantes para o desenvolvimento de um novo produto, pois possibilita o desenvolvimento sistemático de um produto procurando se levantar desde as necessidades de clientes (qual situação com os diversos desdobramentos de uso, eficiência, segurança etc. o produto deve atender), avançando até as especificações de projeto (necessidades transcritas em parâmetros de projeto) e, posteriormente são estudados os diversos princípios de solução para o problema e seleciona-se aquele com chance de atender as especificações de projeto e necessidades de clientes para a construção do dispositivo. Para o processo de desenvolvimento, também executou-se as fases de projeto preliminar e detalhado, no qual as principais atividades foram o estabelecimento do leiaute parcial e final do produto, a fabricação do protótipo de testes, os ensaios, a aprovação do protótipo e a apresentação das especificações finais. No desenvolvimento de leiaute inicial, foram definidos requisitos de dimensões, posição, segurança, material etc. buscando o mínimo de modificações na semeadora e a boa operacionalidade da mesma. Foi pensado em um dispositivo pequeno e de fácil instalação, podendo ser acoplado na semeadora de forma

simples e sem prejudicar os demais componentes da máquina (Figura 1).

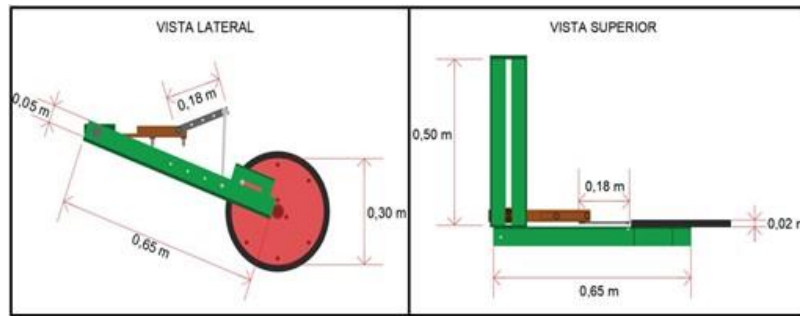


Figura 1. – Leiaute do dispositivo de monitoramento da profundidade de trabalho da haste sulcadora em semeadoras vista lateral e superior.

Além do foco em desenvolver o dispositivo de monitoramento, também se buscou proporcionar ajustes para diversas profundidades de trabalho da haste, aumentando a amplitude de trabalho do dispositivo. Esse ajuste se faz necessário devido as variações da profundidade da haste, que se dá por diversos atributos do solo, como a textura, porosidade, estrutura, estabilidade de agregados e teor de água, o que reflete diretamente no solo quanto a compactação. Na fabricação, para a parte estrutural foram utilizadas peças de aço adquiridas em lojas de peças e acessórios especializada em máquinas agrícolas. Já em relação a roda para acompanhar a superfície optou-se por uma roda cobridora/compactadora de sulco comumente utilizada em semeadoras de plantio direto. O sensor utilizado foi do tipo TPS da marca Magneti Marelli (sensor de borboleta da injeção eletrônico de veículo), o qual foi escolhido levando em consideração a durabilidade, resistência, amplitude de voltagem e o preço. Para a montagem na semeadora o dispositivo foi fixado na barra horizontal de sustentação da haste, possibilitando a leitura da variação da roda de superfície do solo em relação a barra de sustentação da haste (Figura 2).



Figura 2. Dispositivo para monitorar a profundidade da haste acoplado a semeadora.

Após o acoplamento, foi feita a regulagem e calibração do sensor a campo levando em consideração a variação ocorrente na semeadora. Para essa calibração, realizou-se o deslocamento por uma certa distância com a semeadora abaixada (em trabalho), após isso escavou-se o solo na base da haste e foram realizadas medições em diversas profundidades de trabalho do sulcador suspendendo-se o mesmo desde a maior profundidade e a superfície do solo, simulando situações de semeadura (Figura 3). Com essa metodologia objetivou-se

minimizar interferências de variação da posição da barra horizontal de sustentação da haste.



Figura 3. Medição da profundidade real da haste feita a campo para calibração do sensor.

Juntamente com a medição da profundidade da haste, era realizada a leitura do sensor, que variava sua voltagem (V) em função da variação do ângulo entre a barra horizontal de sustentação e a altura da roda (variava conforme mudava a profundidade da haste). A voltagem do sensor foi coletada e armazenada em um Datalogger, modelo Field Logger, da marca Novus, capaz de realizar até 1.000 leituras por segundo dos sinais gerados pelo sensor. Após essa coleta ajustou-se uma equação de calibração para ser usada como base das medidas do sensor (Figura 4).

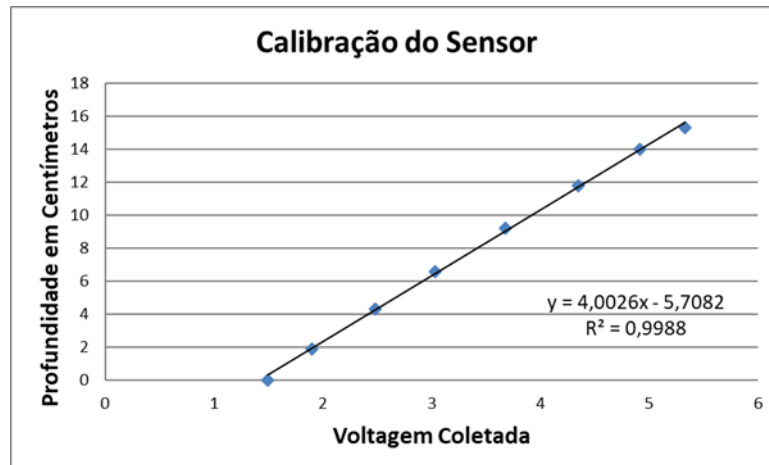


Figura 4. Gráfico e equação de calibração do sensor de profundidade da haste.

O experimento de campo para a avaliação da eficiência do dispositivo de monitoramento da profundidade de trabalho da haste sulcadora e o efeito sobre a cultura do milho foi conduzido na Estação Experimental Professor Alcibíades Luiz Orlando, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) – Campus de Marechal Cândido Rondon, localizada no município de Entre Rios do Oeste – PR. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com arranjo fatorial 2 x 2, composto pela presença e ausência de roda limitadora de profundidade da haste e duas regulagens de profundidades do sulco (11 e 15cm). Dentro de cada parcela com 12 metros de comprimento, a linha equipada com o sensor foi dividida em duas partes para a avaliação da profundidade do sulco (avaliação manual e com o sensor), velocidade de emergência de plantas e profundidade de deposição de sementes. Na

implantação do experimento foi utilizado um trator da marca LS Tractor, modelo Plus 100, 4x2 TDA com 105 cv de potência no motor e uma semeadora-adubadora para sistema plantio direto da marca Planti Center, modelo Terraçu's 9.000 de 8 linhas, com espaçamento entre linhas de 50 cm. No experimento utilizou-se como cultivar o híbrido de milho P4285VYHR da empresa Pioneer, que de acordo com o fabricante apresenta alta tolerância ao acamamento, qualidade de grãos, elevada sanidade foliar e tolerância a colheitas tardias. O espaçamento adotado foi de 50 centímetros entre linhas e 4 plantas por metro. Para a obtenção das duas profundidades de sulco foram modificadas as configurações de pressão da mola do mecanismo sulcador e o nível de atuação do mecanismo controlador de profundidade da haste. Para obter a profundidade de 11 cm foi configurada a pressão “intermediária” da mola da haste e para a profundidade de 15 cm foi configurada a pressão da mola da haste “máxima”. As avaliações de profundidade de trabalho da haste sulcadora foram realizadas de forma manual e com o dispositivo desenvolvido. A manual foi realizada através da escavação do sulco até encontrar a resistência do solo e após isso a profundidade do sulco foi medida com auxílio de uma régua a cada 10 centímetros em três metros lineares (Figura 5).



Figura 5. Metodologia de medição manual da profundidade do sulco.

A medição com o dispositivo acoplado a semeadora foi realizada utilizando taxa de 20 leituras por segundo, percorrendo os mesmos três metros. Para a identificação da área da parcela de realização das medições de profundidade do sulco escavou-se sulcos transversais no início e final da parcela, fazendo com que o sensor identificasse o momento exato de entrada e saída da área experimental. Os valores registrados no data logger foram convertidos em profundidade do sulco conforme equação de calibração apresentada anteriormente (Figura 6).

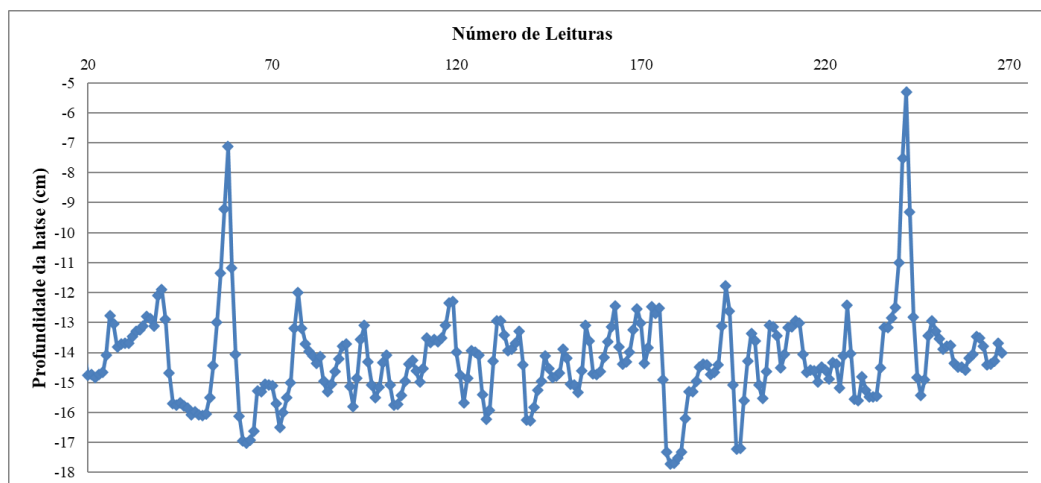


Figura 6. Profundidade do sulco monitorada pelo dispositivo desenvolvido (picos com baixa profundidade indicam o início e final da coleta).

Foi também avaliado o índice de velocidade de emergência através da contagem das plântulas emergidas a cada dia, a partir do dia em que a primeira plântula emergiu, até a não ocorrência de emergência, na linha única da parcela utilizada nos ensaios. Para avaliação da profundidade de deposição de sementes, 7 dias após a emergência as plântulas foram cortadas rente ao solo, e após, com o auxílio de uma espátula retiradas cuidadosamente do solo, mensurando o coleóptilo com o auxílio de uma régua.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Após as avaliações os dados coletados foram submetidos a análise de variância (Tabela 1), onde pode-se observar os valores médios de profundidade do sulco dentro de cada metodologia de avaliação no desdobramento da interação entre a profundidade da haste e roda limitadora de profundidade.

TABELA 1. Médias de profundidade do sulco no desdobramento da interação entre a profundidade da haste, e a roda limitadora em cada metodologia de medição.

Profundidade (cm)	Roda limitadora	
	Com Roda	Sem Roda
Medição manual		
11 cm	10,11 Aa	11,35 Ab
15 cm	14,24 Ba	15,37 Bb
DMS	0,65	
Dispositivo de monitoramento		
11 cm	9,8 Aa	10,55 Ab
15 cm	14,27 Ba	14,11 Ba
DMS	0,65	
CV (%)	4,45	

Letras maiúsculas comparam as médias na coluna e minúsculas na linha (Tukey 5%).

Para profundidade do sulco, os dados mostram que o uso do mecanismo controlador influenciou na profundidade, sendo a penetração menor nos tratamentos com roda limitadora. Quando observado os resultados apresentados na Tabela 2, os dados da medição manual e com o dispositivo de monitoramento foram iguais quando utilizado o mecanismo limitador.

Entretanto, na ausência deste mecanismo as leituras diferiram. Acredita-se que essa diferença pode ter ocorrido em função da capacidade de leituras do sensor, que possibilitou um número maior de leituras numa mesma distância, sendo o mesmo mais sensível para detectar a variação do que a medição manual. Já com a roda limitadora essas variações foram menores e dessa forma a quantidade de registros não traz grandes diferenças.

TABELA 2. Médias de profundidade do sulco dentro de cada profundidade da haste no desdobramento da interação entre metodologia de medição e roda limitadora.

Medição	Roda limitadora	
	Com Roda	Sem Roda
Profundidade 11cm		
Dispositivo	9,8 Aa	10,55 Ab
Manual	10,11 Aa	11,35 Bb
DMS	0,65	
Profundidade 15 cm		
Dispositivo	14,27 Aa	14,11 Aa
Manual	14,24 Aa	15,37 Bb
DMS	0,65	
CV (%)	4,45	

Letras maiúsculas comparam as médias na coluna e minúsculas na linha (Tukey 5%).

Em relação a profundidade de sementes e velocidade de emergência, os dados mostram que o fator roda limitadora da haste não proporcionou diferença (Tabela 3). A profundidade de sementes e o índice de velocidade de emergência se diferiram quando comparadas as profundidades de trabalho da haste. Resultados semelhantes foram encontrados por Gurgacz (2007) que constatou que o revolvimento mais profundo do solo na linha de semeadura provoca a tendência a maior profundidade de deposição de sementes, e conseqüentemente, quanto maior a profundidade do sulco menor é o índice de velocidade de emergência das plântulas.

TABELA 3. Médias de profundidade de deposição de sementes e índice de velocidade de emergência de plântulas.

Mecanismo	Prof. De Semente (cm)	IVE
Com Roda	6,42 A	1,28 A
Sem Roda	6,60 A	1,20 A
Profundidade		
11 cm	5,83 A	1,30 A
15 cm	7,18 B	1,18 B
DMS	0,48	0,09
CV (%)	8,81	9,04

Letras distintas indicam diferença (Tukey 5%).

CONCLUSÕES: O dispositivo apresentou leituras de profundidade da haste iguais ao método manual quando utilizada roda limitadora da haste enquanto na ausência deste mecanismo as leituras se diferiram. Quanto as avaliações a campo, observou-se que a roda limitadora auxilia no controle da profundidade do sulco de semeadura, mas não foram

verificados efeitos sobre a cultura do milho no presente trabalho.

REFERÊNCIAS:

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: Oitavo levantamento, maio 2022 – safra 2021/2022.** Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2022.

FARIAS, J. R. B. (2003). **Tecnologias de produção.** <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/468831>. Acessado em 23 de julho de 2022.

FEY, E. (2009). **Aperfeiçoamento de um mecanismo sulcador para plantio direto de mandioca.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

GURGACZ, F. **Semeadura da soja em sistemas de rotação de culturas e integração agricultura-pecuária em um latossolo sob sistema de plantio direto.** Dissertação de Mestrado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.

PALMA, M.A.Z., VOLPATO, C.E.S., BARBOSA, J.A., SPAGNOLO, R.T., BARROS, M.M., VILAS BOAS, L.A. **Efeito da profundidade de trabalho das hastes sulcadoras de uma semeadora-adubadora na patinagem, na força de tração e no consumo de combustível de um trator agrícola.** Ciência e Agrotecnologia 34, 1320-1326.

ROMANO, L.N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.