

Avaliação da eficiência de mecanismos dosadores helicoidais de distribuição de fertilizantes sólidos

Guilherme Augusto Bellorini^{1*}; Vanderlei Artur Bier¹; Victor Schermack Peil¹

¹ Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

^{1*} guilherme99bellorini@gmail.com

Resumo: A semeadura é um processo bastante complexo, em instantes a máquina deve realizar a abertura do sulco, depositar as sementes e o fertilizante de forma adequada. Os mecanismos dosadores são responsáveis por realizar a distribuição do fertilizante, seu desempenho pode ser afetado por diversos fatores. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência de mecanismos dosadores helicoidais de distribuição de fertilizantes sólidos, presentes em semeadoras-adubadoras das principais marcas presentes no mercado. O experimento foi implantado em uma propriedade rural, no município de Corbélia-Paraná, entre o período de setembro de 2020 e agosto de 2021. Sendo os modelos de dosadores testados: helicoidal com transbordo e descarga lateral, helicoidal com transbordo transversal e o sistema com duplo helicóide. As cinco posições de inclinações transversais e longitudinais de operação foram: em nível, inclinação lateral para a direita, inclinação lateral para a esquerda, aclive e declive. Os parâmetros avaliados no experimento foram a uniformidade na distribuição do fertilizante em diferentes inclinações, coeficiente de variação na distribuição linear do fertilizante e a correlação entre a distribuição e a produtividade, em delineamento experimental inteiramente casualizado. O sistema de dosador com transbordo transversal apresentou o melhor conjunto de características desejáveis para exercer sua função, apresentando um baixo coeficiente de variação em distribuição linear, seu fluxo de fertilizante é pouco afetado quando submetido a diferentes inclinações longitudinais e transversais de operação, além de apresentar fácil manutenção e limpeza, sendo assim, considerado a melhor opção de mecanismo dosador mecânico.

Palavras - chave: Mecanização agrícola; Adubação; Uniformidade.

Abstract: Sowing is a very complex process, in a few moments the machine must open the furrow, deposit the seeds and fertilizer properly. The dosing mechanisms are responsible for carrying out the fertilizer distribution, its performance can be affected by several factors. The objective of the present work was to evaluate the efficiency of helical metering mechanisms for the distribution of solid fertilizers, present in seeder-fertilizers of the main brands present in the market. The experiment was implemented in a rural property, in the municipality of Corbélia-Paraná, between the period of September 2020 and August 2021. The tested metering models were: helical with overflow and lateral discharge, helical with transshipment and the system with double helical. The five positions of transverse and longitudinal inclinations of operation were: in level, lateral inclination to the right, lateral inclination to the left, incline and decline. The parameters evaluated in the experiment were uniformity in the distribution of fertilizer on different slopes, coefficient of variation in the linear distribution of fertilizer and the correlation between distribution and yield, in a completely randomized design. The cross-overflow feeder system has the best set of desirable characteristics to perform its function, presenting a low coefficient of variation in linear distribution, its fertilizer flow is little affected when subjected to different longitudinal and transversal operating slopes, in addition to presenting easy maintenance and cleaning, therefore, considered the best option for a mechanical dosing mechanism.

Keywords: Agricultural mechanization; Fertilizing; Uniformity.

Introdução

A distribuição de fertilizantes pelos mecanismos dosadores helicoidais de semeadoras-adubadoras, tem mostrado diferença na quantidade distribuída horizontalmente, conforme a posição em que o mecanismo está trabalhando em relação ao nivelamento longitudinal.

As máquinas agrícolas potencializam a capacidade de trabalho do homem, e através delas que são aplicados aos maiores avanços tecnológicos nos sistemas de cultivo, a mecanização dos sistemas agrícolas está diretamente relacionada ao desenvolvimento da agricultura, foi através dela que se atingiu o patamar de produção atual e sua evolução representa uma ferramenta para o aumento de produtividade dos cultivos, pois, a mão-de-obra rural está cada vez mais escassa, e assim mesmo, tem-se um aumento da produção superior ao aumento da área cultivada (BONOTTO, 2012).

O sucesso de qualquer cultura agrícola está diretamente ligado ao processo de semadura, quando ocorrem problemas nessa etapa, estes tornam-se, muitas vezes, insuperáveis ao longo do ciclo de desenvolvimento das plantas, comprometendo seu resultado produtivo (REIS, 2001).

A distribuição de fertilizante por dosadores de rosca helicoidal é um fator essencial para o estabelecimento e rendimento das culturas (ZIECH, 2017). Segundo Brandt (2010), o dosador de fertilizante é um componente acoplado à semeadora que afeta consideravelmente seu desempenho, os dosadores transportadores de fertilizante tipo rosca sem-fim ou dosadores helicoidais, tem como característica principal, uma superfície em formato de hélice, ou seja, um eixo que vai se alongando e formando voltas ao redor do seu próprio centro.

No Brasil, uma grande parcela dos custos de produção deve-se aos fertilizantes; desse modo, a uniformidade na sua distribuição e deposição no momento de semeadura tornam-se um fator que deve ser levado em consideração, pela sua importância, para a obtenção de melhores resultados com custos mínimos (GARCIA, 2007).

O manejo correto de semeadoras-adubadoras, de modo a assegurar uma distribuição uniforme de sementes e de adubos no solo, é um dos principais passos para a obtenção de estande adequado de plantas (SILVA *et al.*, 1999).

O processo de semeadura, utilizando de uma semeadora-adubadora é bastante complexo, pois em poucos instantes, o implemento que é tracionado por um trator, deve efetuar o corte da palhada, abertura do sulco e deposição do fertilizante, deposição da semente, fechamento do sulco juntamente com a retirada de bolsões de ar. O desempenho

dos dosadores helicoidais de fertilizantes pode ser afetado por diversos fatores envolvidos no processo da semeadura. De acordo com Altmann *et al.* (2010) os principais fatores que influenciam no funcionamento dos mecanismos dosadores de fertilizantes são: inclinação de trabalho, velocidade de acionamento e o tipo de fertilizante.

Distribuição de fertilizantes sólidos de forma desuniforme podem ser prejudiciais às culturas, afetando seu crescimento, desenvolvimento e produtividade. Para Frank *et al.* (2014) entre os principais fatores geradores de erros na aplicação de fertilizantes podem ser citados os efeitos de inclinações transversais e longitudinais de trabalho.

De acordo com Brandt (2012), algumas características que devem conter nos dosadores, como: regularidade no fluxo de fertilizante; não alteração das características físicas e químicas dos fertilizantes; exigir pouca manutenção; fácil limpeza e remoção de resíduos.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência e qualidade na distribuição de fertilizantes granulados, em mecanismos dosadores helicoidais de transporte e distribuição de fertilizantes sólidos, presentes em semeadoras-adubadoras das principais marcas presentes no mercado, na região oeste do Paraná.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em uma propriedade rural, localizada no município de Corbélia - Paraná, com as coordenadas de latitude: 24°54'20.47"S e longitude: 53°12'46.74"O; realizado entre o período de setembro de 2020 a abril de 2021. A região possui solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico (EMBRAPA, 2018). O clima é caracterizado como Cfa, clima subtropical, com verão quente, as temperaturas são superiores a 22°C no verão e com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco e a precipitação anual entre a faixa de 1800-2000 mm (IAPAR, 2019).

O trabalho foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, dividido em três etapas; na primeira etapa, foi avaliada a eficiência em distribuição de fertilizante pelos modelos de dosadores, em diferentes posições de inclinações transversais e longitudinais realizando a coleta do conteúdo, em seguida a pesagem.

Dentre os mecanismos dosadores testados, o modelo de dosador com transbordo e descarga lateral denominado neste estudo de HTDL (Figura 1) é composto por um transportador de fertilizante do tipo helicoidal, seu helicóide forma 7 voltas em torno do seu próprio eixo, possui 20 cm de comprimento, seu diâmetro mede 5,5 cm, o fertilizante

transportado por esse sistema de rosca sem-fim, é descarregado ao tudo que o conduzirá até o solo após passar por transbordo na lateral da capa interna do dosador.

O sistema com transbordo transversal, denominado neste estudo de HTT (Figura 2) é composto por um transportador de fertilizante do tipo helicoidal, seu helicoide forma 2 voltas em torno do seu próprio eixo, apresenta 9,5 cm de comprimento e 5,5 cm de diâmetro, o fertilizante é conduzido até a parte posterior do dosador, onde é barrado por um transbordo na transversal, constituído de uma peça de plástico que pode ser desacoplada individualmente da carcaça do dosador, quando em operação, o fertilizante preenche o compartimento até o nível do transbordo, assim o conteúdo que será descarregado para o tubo condutor, é o fertilizante excedente que transborda por cima do transbordo transversal.

O sistema de duplo helicoide abreviado por DH (Figura 3) é composto por duas roscas helicoidais que trabalham uma oposta a outra, cada helicoide possui 10,5 cm de comprimento, 4,4 cm de diâmetro e forma 4 voltas em redor do próprio eixo, cada um dos helicoides transporta o fertilizante para uma extremidade do dosador, a descarga ocorre por uma abertura, o conteúdo descarregado pelos dois helicoides se encontra em um funil anexo ao dosador, assim o conteúdo total descarregado, é conduzido junto até o sulco no solo.



Figura A HTDL

Figura B HTT

Figura C DH

1. Coleta de fertilizante sólido em diferentes inclinações

As semeadoras foram pré reguladas, antes do início dos experimento para chegar em uma quantidade próxima a 310 kg ha^{-1} de fertilizante sólido distribuído por cada um dos três sistemas de dosadores helicoidais, porém pelas diferenças estruturais e de funcionamento e regulação não permitiu gerenciar todos os mecanismos dosadores com

a mesma dosagem, utilizando-se assim a regulagem que proporcionou o resultado mais próximo aos 310 kg ha⁻¹ realizando a coleta do fertilizante em 5 linhas da semeadeira em solo nivelado.

Para a realização do experimento foi preciso selecionar os locais da lavoura que se encaixassem na proposta de conseguir trabalhar com os mecanismos dosadores em diferentes inclinações longitudinais e transversais, ainda contando com uma fração de solo nivelado próximo ao local declivoso. Assim, localizou-se uma área com as características descritas acima.

Com as características de relevo desejadas para a execução deste teste dentro do mesmo talhão. As áreas foram caracterizadas em subgrupos de acordo com seu relevo: uma área com solo nivelado, para realizar a amostragem em nível, uma área com inclinação horizontal de 8%, para realizar a amostragem em aclave e declive e uma área com inclinação lateral de 8%, para realizar a amostragem em desnível lateral para a esquerda e para a direita. A percentagem de inclinação do terreno foi mensurada com o auxílio de uma mangueira de nível com água, duas estacas de 1 metro, um nível com bolha de ar em meio a água para acertar a posição vertical das estacas e uma trena métrica.

Cada uma das áreas foram delimitadas com uma trena métrica, possuindo 30 metros de comprimento linear e balizadas com uma estaca em cada extremidade para demarcar sua extensão, onde nesta distância foi realizada a coleta do fertilizante em sacos plásticos, distribuído pelas semeadoras-adubadoras, submetidas a passadas sempre no mesmo lugar para cada uma das repetições em cada uma das 3 áreas selecionadas, aplicando os tratamentos de acordo com o requisito de posicionamento longitudinal e transversal, assim garantindo a submissão de cada tratamento a mesma condição de trabalho. São três modelos de dosadores testados e cinco posições de trabalho, totalizando 15 tratamentos, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Relação dos tratamentos para a avaliação do desempenho dos mecanismos dosadores submetidos em diferentes inclinações transversais e longitudinais de operação e para a realização do experimento de avaliação de produtividade correlacionada com a distribuição de fertilizante sólido pelos mecanismos dosadores.

Tratamentos	Dosador + Nivelamento transversal e longitudinal de operação
01	HTDL + em nível
02	HTDL + aclave
03	HTDL + declive
04	HTDL + inclinação lateral para a direita

05	HTDL + inclinação lateral para a esquerda
06	HTT + em nível
07	HTT + aclone
08	HTT + declive
09	HTT + inclinação lateral para a direita
10	HTT + inclinação lateral para a esquerda
11	DH + em nível
12	DH + aclone
13	DH + declive
14	DH + inclinação lateral para a direita
15	DH + inclinação lateral para a esquerda

HTDL= helicoidal com transbordo e descarga lateral; HTT= Helicoidal com transbordo transversal; DH= Duplo helicoidal.

O parâmetro avaliado nesta etapa do experimento foi: a uniformidade na distribuição do fertilizante, através da coleta do fertilizante em 5 linhas de 0,45 m de espaçamento, em cada um dos dosadores, aplicados nos 15 tratamentos descritos acima, conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado. As máquinas foram tracionadas na velocidade de 3,6 km/h.

Os dados obtidos nas pesagens das 5 linhas, nas 3 repetições foram somados e divididos por 15 para obter a média de cada tratamento, feito isto, os dados passaram por uma normalização, cada dosador teve sua média em gramas em terreno nivelado dividido pelo resultado (em gramas) das demais posições de trabalho, assim se obteve a média de cada tratamento normalizada, possibilitando a comparação entre os modelos de dosador testados, para realizar a análise estatística ainda foi feito o distanciamento da média normalizada até o seu tratamento de controle, ou seja, o número 1,0 que representa o teste realizado em solo nivelado, este distanciamento é que uma subtração em modulo do valor normalizado com o número 1,0, assim se obteve os dados que foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey pelo programa estatístico SISVAR, ao nível de 5 % de significância.

2. Distribuição linear de fertilizante sólido

A segunda parte se deu através da coleta de fertilizante sólido distribuído pelos mecanismos dosadores em solo nivelado, foram posicionadas 29 bandejas de plástico, lado a lado, realizou-se a distribuição do fertilizante pelos mecanismos dosadores sobre as bandejas, com a adaptação de tubo telescópico acoplado nos dosadores, direcionando todo o conteúdo que saia do dosador para dentro das bandejas.

O segundo parâmetro avaliado foi o coeficiente de variação na distribuição linear do fertilizante, qual foi determinado através da passagem da semeadora, na velocidade de 1 km/h, sobre as bandejas de plástico com extensão de 0,26 m cada, para a coleta do fertilizante de apenas 1 linha de 0,45 m de espaçamento, em uma extensão de 7,54 m, para realização deste procedimento foi acoplado um tubo telescópico no dosador de fertilizante e direcionado para a parte externa da máquina, visando distribuir o fertilizante sobre as bandejas, ainda foi adaptado na extremidade do tubo condutor, um pedaço de pano para reduzir a velocidade de queda do fertilizante, evitando assim, que o conteúdo distribuído caísse fora das bandejas, o processo foi submetido a três repetições para cada modelo de dosador, realizado separadamente da área de condução do experimento, o fertilizante de cada bandeja foi coletado e pesado separadamente. O conteúdo da bandeja foi pesado e realizado a somatória para obtenção da média distribuída por cada dosador, feito isto, os dados foram submetidos a uma normalização através do número encontrado na média de cada dosador dividido pela massa coletada em cada bandeja, assim possibilitou comparar de forma justa o desempenho linear dos modelos de dosador testados, verificando o coeficiente de variação com os números normalizados, obtido através do software EXCEL.

3. Correlação de produtividade com a dosagem de fertilizante

A terceira parte foi conduzida em esquema fatorial (3 x 5), instalado no delineamento em blocos ao acaso, com três modelos de dosador helicoidal e as cinco posições de inclinações transversais e longitudinais de trabalho. Totalizando 15 tratamentos, conforme a Tabela 1 exposta acima.

Nesta etapa cada tratamento foi submetido a três repetições, totalizando assim 45 unidades experimentais. As unidades experimentais serão compostas por seis linhas de 0,45 m, totalizando 2,7 m laterais e comprimento de 20 m, assim cada parcela terá 54 m² de área total, para as bordaduras, será utilizado 5 m iniciais e 5 m finais da extensão da parcela; ainda será descontado na bordadura 1 linha de 0,45 m à direita da parcela e 1 linha de 0,45 m à esquerda da parcela; ficando assim a área central da parcela, uma área útil de 10 m de comprimento por 4 linhas de 0,45 m, totalizando a área útil da parcela em 18 m².

Entre as parcelas será deixado um espaço conforme o necessário para as manobras com o maquinário. A área total do experimento conta com 2.430 m², dividida em parcelas de acordo com a declividade do terreno para a adequação das posições de inclinações

transversais e longitudinais de trabalho dos mecanismos dosadores de adubo, parcelas estas, que serão subdivididas em subparcelas para cada um dos dosadores testados.

O experimento foi implantado na primeira quinzena de novembro de 2020, em uma área que tem histórico de cultivo com mais de 20 anos, realização da correção de solo com periodicidade de 4 em 4 anos, livre de plantas daninhas resistentes de difícil controle, área recebe todos os anos culturas de cobertura no inverno como aveia. Antecedendo a implantação do experimento a área estava com uma cobertura de *Brachiaria ruziziensis*, gramínea com sistema radicular vigoroso para a descompactação do solo, grande quantidade de matéria seca e ciclagem de nutrientes. A área recebeu aplicação de calcário dolomítico em taxa variável em agosto de 2020, de acordo com a necessidade requerida nas amostragens de solo.

A variedade de soja escolhida para o experimento foi a MONSOY M5705 IPRO com tecnologia INTACTA RR2 PRO®, a semeadura da cultivar foi com 11 sementes por metro linear com o espaçamento de 0,45 m entre linhas, totalizando uma população de 244.445 sementes ha⁻¹. Além disso, a semeadura ainda contou com a co-inoculação da semente na caixa da semeadora com os inoculantes *Bradyrhizobium* spp. e *Azospirillum* spp. Com adubação de base regulada em terreno nivelado para 310 kg ha⁻¹ da formulação NPK 04-24-12, todo o manejo da cultura, inclusive as aplicações químicas foi de acordo com o padrão da fazenda.

A produtividade foi o terceiro parâmetro avaliado, sobre a área central da parcela, após a senescência das plantas, foram coletadas 20 plantas aleatórias para se fazer a debulha e pesagem da massa de grãos, com os dados obtido da massa de grãos e conhecendo a população final de plantas foi possível estimar a produtividade potencial da área.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey pelo programa estatístico SISVAR, ao nível de 5 % de significância.

Resultados e Discussão

1. Coleta de fertilizante sólido em diferentes inclinações

Na Tabela 2 temos expressos os valores referentes a coleta de fertilizante sólido em diferentes inclinações longitudinais e transversais de operação, realizada a pesagem após ser percorrido uma distância de 30 metros lineares.

Tabela 2 - Coleta de fertilizante sólido, em gramas, obtido em diferentes inclinações verticais e transversais em uma distância de 30 metros.

	HTDL (g)	HTT (g)	DH (g)
Nível	432,40	417,73	406,07
Aclive	477,67	473,40	404,47
Declive	426,80	393,13	413,80
Incl. Direita	394,47	425,20	407,73
Incl. Esquerda	496,67	448,93	382,93

HTDL= helicoidal com transbordo e descarga lateral; HTT= Helicoidal com transbordo transversal; DH= Duplo helicoides.

Pelo fato de não conseguir a mesma regulação em todos os mecanismos, necessitou fazer o processo de normalização dos dados para poder fazer uma comparação estatística.

Adotando a média dos dados obtidos em condição de solo nivelado como controle para as demais condições de inclinação transversais e longitudinais. Assim, foi realizado da seguinte forma: a normalização dos dados foi obtida através da divisão do resultado médio do tratamento em nível pelo resultado médio de cada um dos demais tratamentos. Deste modo, possibilitou fazer uma comparação justa entre os modelos de dosadores.

Na Tabela 3 estão expostos os resultados referentes a normalização dos dados da coleta de fertilizante nas diferentes inclinações de operação propostas. Esta tabela demonstra que a variável inclinação afetou os mecanismos dosadores de fertilizante, em comparação com o tratamento em solo nivelado, podemos notar que valores acima de 1,0 condiz que o dosador realizou uma dosagem acima da esperada, de mesmo modo valores inferiores a 1,0 refere-se a dosagens abaixo do observado em solo nivelado.

Tabela 3 - Normalização dos dados da coleta de fertilizantes em diferentes inclinações de operação.

	HTDL	HTT	DH
Nível	1,0000	1,0000	1,0000
Aclive	1,1047	1,1333	0,9961
Declive	0,9870	0,9411	1,0190
Incl. Direita	0,9123	1,0179	1,0041
Incl. Esquerda	1,1486	1,0747	0,9430

HTDL= helicoidal com transbordo e descarga lateral; HTT= Helicoidal com transbordo transversal; DH= Duplo helicoides.

A normalização dos dados demonstra que ocorreu variação em todas as operações, porém ainda não é possível observar se essas variações vão se diferir estatisticamente, pois o programa SISVAR não processa os dados de maneira que o número 1,0 seja entendido como o valor de controle para as demais situações. Assim para realizar a análise

de variância, foi preciso fazer o distanciamento dos dados normalizados até o controle, ou seja, dado observado subtraindo número 1,00 o resultado em módulo, não importando se for positivo ou negativo, pois o importante é o quanto o as inclinações de trabalho influenciaram e fizeram distanciar os dados do parâmetro de controle; com esse distanciamento, o software estatístico consegue realizar a análise de variância.

Na Tabela 4 temos a análise de variância para a coleta de fertilizante sólido distribuído ao longo de 30 metros lineares, em diferentes condições de inclinações transversais e longitudinais de operação. Podemos observar que ocorre diferença estatística na distribuição de fertilizante entre os modelos testados e também se observa diferenciação estatística dentro do mesmo modelo de dosador, ocasionado pelo fator de inclinação do posicionamento de operação.

Tabela 4 - Teste de Tukey para as variáveis distribuição de fertilizante sólido em diferentes inclinações de trabalho.

	HTDL	HTT	DH
Nível	0,0000 Aa	0,0000 Aa	0,0000 Aa
Aclive	0,1047 Bb	0,1333 Bd	0,0106 Aa
Declive	0,0130 Aa	0,0589 Bbc	0,0190 Aab
Inc. direita	0,0877 Bb	0,0200 Aab	0,0682 Bc
Inc. esquerda	0,1486 Bc	0,0747 Ac	0,0570 Abc
D. P.	0,08	0,06	0,04
C. V. %	0,02	0,01	0,01
DMS	0,04	0,04	0,04
P-valor	0,00	0,00	0,00

HTDL= helicoidal com transbordo e descarga lateral; HTT= Helicoidal com transbordo transversal; DH= Duplo helicoide. Números seguidos pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância; D. P.= Desvio Padrão; C. V. % = Coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa.

Nesta Tabela podemos observar que os tratamentos com maior variação estatística são respectivamente ocasionados pelo dosador com transbordo lateral juntamente com a inclinação de operação para a esquerda, seguido pelo dosador com transbordo transversal operando em condição de aclive. Em contrapartida temos o transbordo lateral em condição de operação de declive, demonstrando o segundo menor distanciamento de todo o conjunto, sendo estatisticamente semelhante ao tratamento de controle em solo nivelado. Entre todos os tratamentos, o que demonstrou menor distanciamento, ou seja, realizou a dosagem mais próxima ao controle, foi o dosador com sistema de duplo helicoide em operação com inclinação em aclive, não diferenciando estatisticamente do controle em solo nivelado.

Ferreira *et al.* (2010) em seu trabalho, descreve que em situação de inclinação longitudinal de dez graus positivos e dez graus negativos altera a quantidade média de fertilizante distribuído independentemente do sistema de liberação do mecanismo dosador testado por ele. Enquanto neste trabalho as inclinações positivas ao sentido de deslocamento ocasionam maiores variações na dosagem de fertilizante em todos os mecanismos avaliados.

Ainda de acordo com Ferreira *et al.* (2010) observa-se um aumento em todos os dosadores testados por ele, em situações de aclave. Enquanto o presente trabalho demonstra que a inclinação positiva ocasiona variações com tendência a aumentar a quantidade média de fertilizante a ser distribuída pelos dosadores com transbordo posterior e com transbordo lateral, enquanto o sistema com duplo helicóide tendeu a distribuir menos fertilizante do que a média obtida em solo nivelado, porém se mantendo muito próximo do parâmetro de controle.

De acordo com Pasini *et al.* (2017) O mecanismo dosador de fertilizante sólido duplo helicóide apresenta maior uniformidade de distribuição que o mecanismo dosador com transbordo transversal. Em meu trabalho o modelo de duplo helicóide foi superior em condições de aclave e inclinação para a esquerda, enquanto o transbordo lateral se mostrou mais consistente em situação de declive e transbordo transversal obteve o melhor desempenho no quesito de inclinação para a direita.

Segundo Reynaldo e Gamero (2015), todos os mecanismos dosadores de fertilizante apresentaram erros na dose de fertilizante, submetidos a simulações de trabalhos em inclinações longitudinais, com os ângulos de inclinação positivos, +5 e +15° apresentaram os maiores erros de dose. Em meu trabalho, o modelo de duplo helicóide não apresentou diferença estatística quanto a distribuição de fertilizantes em inclinações longitudinais, enquanto que o modelo de transbordo lateral, não apresentou diferença estatística em condição de declive. A condição de inclinação positiva, ou seja, condição de aclave, resultou em uma maior variação na distribuição nos modelos de transbordo transversal e transbordo lateral.

Para Pasini *et al.* (2017) para o mecanismo dosador transbordo transversal, o ângulo de inclinação longitudinal influencia na vazão dos fertilizantes sólidos avaliados, enquanto que no mecanismo dosador modelo duplo helicóide o ângulo de inclinação longitudinal não influencia a vazão dos fertilizantes sólidos avaliados. Neste estudo, obtive resultado semelhante, onde a inclinação longitudinal teve maior influência no modelo com transbordo transversal, e menor influência no mecanismo de duplo helicóide.

Cansian *et al.* (2015) concluiu que dosador de fertilizante helicoidal por transbordo demonstra maior eficiência na redução da variação de distribuição ao longo da linha de semeadura, comparado com sistemas convencionais. Neste experimento ficou esclarecido que a distribuição de fertilizante com transbordo é eficiente, porem o sistema que possui duplo helicoide se mostra mais consistente após as pesagens em 30 metros de operação.

2. Distribuição linear de fertilizante sólido

Na segunda parte do experimento, foram acomodadas 29 bandejas lado a lado em solo nivelado apenas, afim de coletar o fertilizante sólido, para analisar o desempenho em pequenas distâncias. Cada dosador passou por três repetições. Os dados obtidos foram submetidos a normalização, para poder comparar entre eles já que não foi possível ministrar a mesma regulagem nos três modelos de dosadores como citado acima.

Figura 1 – Dados da distribuição de fertilizante sólido, normalizado com a média de cada mecanismo testado.

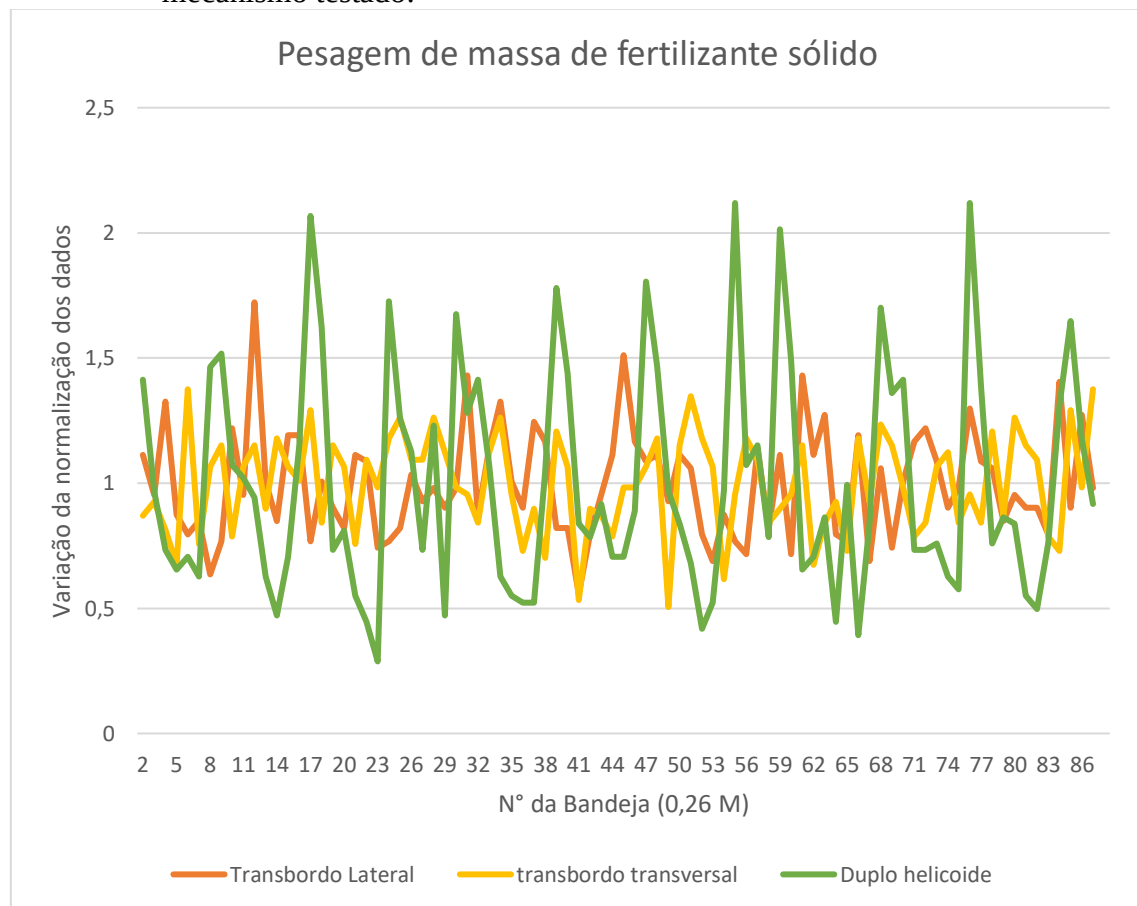


Tabela 5 – Tabela variação de distribuição de fertilizante sólido coletado em bandejas de 0,26 Metro, pelos mecanismos dosadores testados.

Mecanismo dosador	D. P.	C. V. (%)	Média(g)
HTDL	0,2146	5,69	3,77
HTT	0,1950	5,47	3,56
DH	0,4426	11,58	3,82

HTDL= helicoidal com transbordo e descarga lateral; HTT= Helicoidal com transbordo transversal; DH= Duplo helicoide. C. V. % = Coeficiente de variação; D. P.= Desvio padrão.

Floss (2018) realizou a distribuição de fertilizantes sobre bandejas, com medição de massa a cada 0,45 m, comparando o sistema de duplo helicoide com sistemas tradicionais de dosadores adubadores, em seu estudo, concluiu que o sistema de duplo helicoide é mais consistente na distribuição linear, em contrapartida em meu trabalho, realizei a pesagem da massa a cada 0,26 m, observei que o sistema de duplo helicoide se mostra inferior, ocasionando maiores variações que os modelos com transbordo transversal e lateral.

Bonotto *et al.* (2013) concluiu em seu trabalho que o desempenho de todos os mecanismos dosadores de fertilizantes foi considerado insatisfatório quanto à distribuição longitudinal, independentemente da dose ou tipo de fertilizante aplicado. Em contrapartida neste trabalho, o modelo de duplo helicoide se mostrou mais consistente em relação as diferentes inclinações longitudinais e transversais, enquanto que o modelo com transbordo transversal, obteve a menor variação em massa coletada a cada 0,26 m.

3. Correlação de produtividade com a dosagem de fertilizante

Na terceira e última parte do experimento, a semeadura feita em cinco condições de inclinações transversais e laterais diferentes, com cada um dos sistemas de distribuição de fertilizante testados neste trabalho, submetidos a três repetições, os tratos culturais foram de acordo com o padrão da propriedade, a colheita e debulha do material foi de forma manualmente, sendo avaliado a produtividade das parcelas, conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Teste de Tukey para a produtividade da soja obtida em diferentes inclinações longitudinais e transversais de trabalho dos mecanismos dosadores.

	HTDL	HTT	DH
Nível	3219,66 Ab	3194,33 Abc	3431,33 Abc
Aclive	3262,66 Aa	3679,99 Aa	3634,66 Aab
Declive	3013,66 Ab	2971,33 Ac	3050,00 Ac
Incl. direita	3687,00 Aa	3597,66 Aab	3788,66 Aab
Incl. esquerda	3956,33 Aa	3901,33 Aa	3890,33 Aa
Média	3567,87	3468,87	3559,00
D. P.	445,55	376,60	338,86
C. V. %	12,49	10,86	9,53
P-valor	0,00	0,00	0,00
DMS	449,62	449,62	449,62

HTDL= helicoidal com transbordo e descarga lateral; HTT= Helicoidal com transbordo transversal; DH= Duplo helicoidal. Letra seguidas pelo mesmo número na coluna não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância; D. P.= Desvio Padrão; C. V. % = Coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa.

O mecanismo dosador não é um insumo para a cultura, porém o intuito foi correlacionar possíveis variações na produtividade final de cada parcela com a média de fertilizante distribuídos pelos dosadores nas mesmas condições de operação transversais e longitudinais.

Ao correlacionar as quantidades de fertilizante sólido distribuídos em diferentes inclinações transversais e longitudinais de trabalho com a produtividade encontrada nas mesmas condições de relevo do terreno, foi obtida uma correlação de 0,34 indicando uma baixa correlação entre a quantidade de fertilizante distribuído e a produtividade final da mesma condição de relevo. Porém observou-se que as duas médias de maior produtividade da soja, foram as que receberam a maior taxa de adubação, este fato ocorreu com a semeadura usando o mecanismo dosador transbordo lateral, em condição de operação longitudinal de aclive e transversal com inclinação para a esquerda, onde se obteve os maiores coeficientes de variação. Importante ressaltar que em solos férteis, pequenas variações na distribuição do fertilizante, não tem relação direta com a produtividade, porém o aumento da produtividade pelo fato do mecanismo ter distribuído mais fertilizante no caso citado, pode ser economicamente inviabilizado pelo alto preço do insumo.

Cansian *et al.* (2015) concluiu em seu estudo que em solo fértil, variações de adubação não resulta em variações no desenvolvimento de plantas. Neste experimento foi observado que em solos de boa fertilidade pequenas variações na distribuição de fertilizante não é correlacionada diretamente com a produtividade.

Conclusões

Para o quesito de distribuição de fertilizante sólido em diferentes inclinações longitudinais e transversais de operação, o modelo com duplo helicóide apresentou o menor coeficiente de variação, enquanto o modelo com transbordo lateral teve a maior variação.

Em operação com inclinação longitudinal negativa, ou seja, declive, o transbordo lateral obteve o melhor resultado, enquanto que o transbordo transversal obteve uma distribuição mais assertiva na inclinação lateral para a direita, e as condições de aclive e inclinação lateral para a esquerda, o sistema duplo helicóide apresentou melhor distribuição.

Para a distribuição linear, o sistema com transbordo transversal obteve o melhor resultado, com ligeira vantagem sobre o sistema com transbordo lateral, enquanto que o sistema de duplo helicóide teve o maior coeficiente de variação.

Para o quesito de produtividade, houve uma baixa correlação entre a quantidade de fertilizante sólido distribuído pelos mecanismos testados, com a produtividade final da cultura.

O sistema de dosador com transbordo transversal apresentou o melhor conjunto de características desejáveis para exercer sua função, apresentando um baixo coeficiente de variação em distribuição linear, seu fluxo de fertilizante é pouco afetado quando submetido a diferentes inclinações longitudinais e transversais de operação, além de apresentar fácil manutenção e limpeza, sendo assim, considerado a melhor opção de mecanismo dosador mecânico.

Referências

ALTMANN, A., BONOTTO, G., BEDIN, P., SILVEIRA, H., AT, C., DP, D., ... & ALONÇO, A. D. S. Metodologia para avaliação dos mecanismos dosadores de fertilizantes em semeadoras adubadoras. **XIV Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão, 14.** 2010, Santa Maria, RS. Centro Universitário Franciscano. p. 16-17.

BONOTTO, G. J., ALONÇO, A. DOS S., BEDIN, P. R., ALTMANN, A. S., MORREIRA, L. J. **Distribuição de fertilizantes por dosadores de semeadoras adubadoras em linhas.** Reveng - Engenharia na agricultura, Viçosa - Mg, v. 21, n. 4, p. 368-378, 2013.

BONOTTO, G. J. **Desempenho de dosadores de fertilizantes de semeadoras-adubadoras em linhas.** 2012. Dissertação (Mestrado no programa de pós graduação em

engenharia agrícola), área de concentração em mecanização agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, RS. p. 99.

BRANDT, M. A. **Projeto conceitual de um dosador de fertilizante granulado**. 2012. Trabalho de conclusão de curso de engenharia mecânica da Universidade Regional do estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ.

CANSIAN, C. A., ROSA, D. P. DA., PAGNUSSAT, L., LONGARETTI, M., MIKKELSING, G. **Desenvolvimento do Milho Submetido a Dois Dosadores de Fertilizante**. Xxxv congresso brasileiro de ciência do solo, 2015.

EMBRAPA-Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FERREIRA, M. F. P., DIAS, V. O., OLIVEIRA, A., ALONÇO, A. S., BAUMHARDT, U. B. **Uniformidade de vazão de fertilizantes por dosadores helicoidais em função do nivelamento longitudinal**. Reveng - Engenharia na agricultura, Viçosa - Mg, v.18 n.4, p. 297-304, 2010.

FLOSS L. G. **Teste de distribuição de adubo comparando a rosca tradicional com o topplanting**. 2018. Disponível em: < [http:// www.grupoflos.com/teste-de-distribuição-de-adubo-comparando-rosca-tradicional-com-o-topplanting/](http://www.grupoflos.com/teste-de-distribuição-de-adubo-comparando-rosca-tradicional-com-o-topplanting/)>. Acesso em: 24 nov. 2020.

FRANCK, C. J., ALONÇO, A. S., MACHADO, O. D. C., FRANCETTO, T. R., CARPES, D. P., BELLÉ, M. P. **Modelos estatísticos para seleção de dosadores helicoidais com diferentes dispositivos de descarga de fertilizante**. Rev. bras. eng. agríc. ambient., v. 19, n. 5, p. 512-518, 2015.

GARCIA, A. P. **Desenvolvimento de um sistema de controle eletromecânico para dosador de fertilizantes**. 2007. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Campinas, SP.

IAPAR - Instituto agrônômico do Paraná. **Atlas climático do estado do Paraná**—Londrina (PR): Instituto Agrônômico do Paraná, p. 210, 2019.

PASINI, M. P. B., FIORIN, J. E., ARNS, K., TRAGNAGO, J. L., ZAMBERLAN, J. F., BORTOLOTTTO, R. P., BENACHIO, M. J., BRONZATTI, G. P., HESEL, A., ENGEL, E. Mecanismos dosadores e seu efeito sobre fertilizantes sólidos. **“Agricultura Digital: Inovação para Eficiência, Preservação e Produtividade”** Prefeitura de Não-Me-Toque; Sindicato Rural de Não-Me-Toque; Sistema FARSUL; UFSM; Cotrijal, 2017.

REIS, A. V. Erros na semeadura. **Cultivar Máquinas**, v. 1, n.2, p. 12-13, 2001.

REYNALDO, É. F., GAMERO, C. A. Avaliação de mecanismos dosadores de fertilizantes helicoidais em ângulos de nivelamento longitudinal e transversal. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 2, p. 125-136, 2015.

SILVA, J. G.; FONSECA, J. R. Colheita. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE,

L. F.; ZIMERMMANN, M. J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, p.523-541, 1996.

ZIECH, R. O. **Modelagem matemática da dinâmica de um sistema dosador de adubo à taxa variável com acionamento hidráulico**. 2017. Dissertação (Mestrado), UNIJUÍ - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.