



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**MARCOS VINICIUS COTTA NEIVA**

**DESEMPENHO DE MECANISMOS DOSADORES HELICOIDAIS COM E  
SEM ADIÇÃO DE GRAFITE AGRÍCOLA AO FERTILIZANTE QUÍMICO  
GRANULADO**

**BRASÍLIA, DF**

**2021**

**MARCOS VINICIUS COTTA NEIVA**

**DESEMPENHO DE MECANISMOS DOSADORES HELICOIDAIS COM E SEM ADIÇÃO DE GRAFITE AGRÍCOLA AO FERTILIZANTE QUÍMICO GRANULADO**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV da Universidade de Brasília - UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia

**BRASÍLIA, DF**

**2021**

## MARCOS VINICIUS COTTA NEIVA

### FICHA CATALOGRÁFICA

NEIVA, Marcos Vinicius Cotta

**“DESEMPENHO DE MECANISMOS DOSADORES HELICOIDAIS COM E SEM ADIÇÃO DE GRAFITE AGRÍCOLA AO FERTILIZANTE QUÍMICO GRANULADO”**. Orientação: Tiago Pereira da Silva Correia, Brasília 2020. 22 páginas. Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2020.

1.dosador de adubo 2.escoabilidade 3.distribuição longitudinal 4.semeadura  
5.plantabilidade

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NEIVA. M. V.C. **DESEMPENHO DE MECANISMOS DOSADORES HELICOIDAIS COM E SEM ADIÇÃO DE GRAFITE AGRÍCOLA AO FERTILIZANTE QUÍMICO GRANULADO**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 22 páginas, 2020. Monografia.

### CESSÃO DE DIREITOS

**Nome do Autor:** MARCOS VINICIUS COTTA NEIVA

**Título da Monografia de Conclusão de Curso:** DESEMPENHO DE MECANISMOS DOSADORES HELICOIDAIS COM E SEM ADIÇÃO DE GRAFITE AGRÍCOLA AO FERTILIZANTE QUÍMICO GRANULADO

**Grau:** 3º **Ano:** 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para fins acadêmicos e/ou científicos. Ao autor reserva-se outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

MARCOS VINICIUS COTTA NEIVA

CPF: 088.175.386-63

SQSW 103 Bloco K apto 311, Brasília-DF

(61) 98110-8600 / e-mail: marcosvcottaneiva@gmail.com

# **DESEMPENHO DE MECANISMOS DOSADORES HELICOIDAIS COM E SEM ADIÇÃO DE GRAFITE AGRÍCOLA AO FERTILIZANTE QUÍMICO GRANULADO**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV da Universidade de Brasília - UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva  
Correia

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia  
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAV/UnB  
(ORIENTADOR) e-mail: tiagocorreia@unb.br

---

Eng. Agrônomo, Msc. Arthur Gabriel Caldas Lopes  
Doutorando do PPGA da Universidade de Brasília  
lopesarthurgc@gmail.com

---

Eng. Agrônomo, Eliot Ness Francisco Melo  
Maqcampo John Deere  
eliotmelo04@gmail.com

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus. Agradeço também aos meus pais, Marcos Vinicius Soares Neiva e Luzirene Soares Cotta, por me apoiarem desde o início a buscar o meu sonho, pelo carinho, afeto, amor e educação. À minha irmã, Ana Clara Cotta Neiva, por estar sempre ao meu lado e à minha noiva, Isadora Helena Gardes Cardoso, por todo o amor, carinho, suporte, companheirismo e aos inúmeros incentivos.

Agradeço ao Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia e a toda equipe do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMAGRI) pelo suporte durante todos os anos juntos e durante a execução deste trabalho.

Agradeço a todos os professores da Universidade de Brasília que tive contato, por passarem seus conhecimentos e experiências.

Agradeço, por fim, aos meus colegas que proporcionaram inúmeras risadas pelo corredores da faculdade e ao companheirismo nessa jornada, a todos os colaboradores da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária e a todos os funcionários da Fazenda Água Limpa.

## RESUMO

Na operação de semeadura, a dosagem e a distribuição longitudinal de adubo no sulco deve ser realizada de maneira uniforme, proporcionando a correta fertilização das culturas para o pleno desenvolvimento e produtividade. O objetivo do trabalho foi avaliar a dosagem e a distribuição longitudinal de fertilizante químico granulado por mecanismos dosadores de helicoide simples e dupla helicoide com rotações opostas, utilizando diferentes doses de grafite em pó no fertilizante. O trabalho foi realizado no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Fazenda Água limpa (LAMAGRI/FAL), pertencente a Universidade de Brasília, neste trabalho foi adotado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 6, sendo composto por dois mecanismos dosadores de fertilizante, um helicoide e duplo helicoide, e seis doses de grafite em pó no adubo, 0, 3, 6, 9, 12 e 15 g kg<sup>-1</sup> de fertilizante, com 10 repetições por tratamento. A metodologia utilizada foi a de dosagem e distribuição em simulador de semeadura, este constituído de motor elétrico e sistema de transmissão para acionamento dos dosadores simultaneamente, reservatório de insumos e esteiras emborrachadas com 5,2 m de comprimento, uma por dosador. A velocidade de semeadura simulada foi de 1,84 km h<sup>-1</sup> e o fertilizante utilizado foi o formulado NPK 4-30-16, fertilizante granulado, teor de umidade de 6,38%, ângulo de repouso de 59,59°, e o grafite agrícola foi o Grafsolo, com concentrado em pó de grafite natural cristalino de densidade aparente 2,1g cm<sup>-3</sup>. A avaliação de dosagem e distribuição longitudinal de fertilizante foi realizada por meio da coleta com pincel do volume depositado a cada 0,5 metros de comprimento da esteira, posteriormente pesado em balança digital de precisão 1 grama. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro (P≤0,05). Conclui-se que a adição de grafite aumenta a escoabilidade do fertilizante, observando correlação linear com das dosagens de grafite estudadas com o aumento da dosagem de fertilizante. A maior dosagem de grafite aumentou em 51,1% a dosagem de fertilizante no sistema helicoidal simples e em 74,6% no helicoidal duplo. Com a presença do grafite o mecanismo helicoide duplo dosa em média 16,7% a mais que o helicoide simples. Com a presença do grafite a uniformidade do mecanismo helicoide duplo subiu para 73,1%.

**Palavras-chave:** dosador de adubo, escoabilidade, distribuição longitudinal, semeadura, plantabilidade.

## ABSTRACT

In the seeding operation, the dosage and longitudinal distribution of fertilizer in the furrow should be the most uniform possible, providing the correct fertilization of the crops for full development and productivity. The objective of the work is to evaluate the dosage and the longitudinal distribution of granulated chemical fertilizer by means of single helical and double helical mechanisms with opposite rotations, using different doses of powdered graphite in the fertilizer. The work was performed at the Laboratory of Agricultural mechanization of Fazenda Água Limpa (LAMAGRI / FAL), which is owned by the University of Brasilia, and a completely randomized design in a 2 x 6 factorial scheme was adopted (fertilizer dosing mechanisms: single helical and Duplo helical; and doses of graphite powder in the fertilizer: 0, 3, 6, 9, 12 and 15 g kg<sup>-1</sup> of fertilizer), with 10 repetitions per treatment. The methodology utilized was the dosing and distribution in a seeding simulator, consisting of an electric motor and transmission system for coupling dosers simultaneously, a reservoir of inputs and rubberized mats measuring 5.2 meters long, one per doser. The simulated sowing velocity was 1.84 km h<sup>-1</sup> and the fertilizer used was formulated NPK 4-30-16, granulate fertilizer, moisture of 6.38%, resting angle of 59.59°, with the agricultural graphite being Grafsolo, concentrated in crystalline natural graphite powder of apparent density 2.1g cm<sup>-3</sup>. The evaluation of the dosage and longitudinal distribution of the fertilizer was conducted by collecting the deposited volume with a brush every 0.5 meters in length of the belt, and then weighed on a precision digital scale 1g. The obtained values were submitted for variance analysis and the averages were compared using the Tukey Range Test (P≤0.05). It was concluded that the flowability of the fertilizer is increased with graphite, doses studied have a linear correlation with the increase in the dosage of fertilizer by the dosers. The highest dose of graphite increases the fertilizer dosage in the Single helical by 51.1% and the dosage in Double helical by 74.6%. With the presence of graphite, the fertilizer dosage was on average 16.7% higher in the Double helical. With the presence of graphite, the longitudinal distribution of fertilizer was 73.1% more uniform in the double helical.

**Keywords:** fertilizer feeder, flowability, longitudinal distribution, sowing, plantability.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mecanismos dosadores de adubo Duplo helicóide (A) e Helicóide simples (B)..14
- Figura 2.** Linhas de tendência da dosagem de adubo em função da dose de grafite.....18
- Figura 3.** Distribuição longitudinal de adubo por mecanismo dosador Helicóide simples (Fertisystem) e Duplo helicóide (Duplo sem fim), sem grafite.....18
- Figura 4.** Distribuição longitudinal de adubo por mecanismo dosador Helicóide simples (Fertisystem) e Duplo helicóide (Duplo sem fim), com grafite.....19



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Média da granulometria do fertilizante utilizado.....	15
<b>Tabela 2.</b> Resumo da Análise de variância (ANOVA) para efeitos principais e de interação da dosagem de adubo em função dos fatores mecanismos dosadores e dose de grafite.....	16
<b>Tabela 3.</b> Dosagem de adubo em função da dose de grafite e mecanismo dosador.....	16

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. OBJETIVO.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
6. CONCLUSÃO.....	22
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, a agricultura é um dos principais setores da economia brasileira, superando recordes de produção. Em 2019, o agronegócio obteve parcela importante na economia nacional, contando a soma de bens e serviços gerados, o agronegócio chegou a R\$ 1,55 trilhão ou 21,4% do PIB brasileiro. Dentre os segmentos, a maior parcela é do ramo agrícola, que corresponde a 68% desse valor (CNA, 2021).

Para contextualizar esses números, o Brasil, segundo levantamento da safra 2020/21 (CONAB, 2021), bateu recorde de produção de soja com 135,4 milhões de toneladas, o milho alcançou 106,4 milhões de toneladas, o algodão está estimado na ordem de 5,99 milhões de toneladas de algodão em caroço, o arroz em 11,61 milhões de toneladas e o feijão em 1,33 milhões de toneladas.

Para se atingir os tetos produtivos ou aumentar a produtividade, são necessárias implementações e desenvolvimento de tecnologias no campo que, segundo Souza (2008), podem superar fatores que tinham caráter limitante para a produção, como a uniformidade da distribuição de corretivos fertilizantes.

Segundo Bonotto (2012), nos sistemas de plantio direto, por conta da palhada dos cultivos anteriores, ocorrem melhores ciclagens de nutrientes pelas ações ali regidas no solo, assim permitindo o menor uso de fertilizantes no ato da semeadura, impactando nos fatores ambiental e econômico, tornando a atividade agrícola mais sustentável.

Apesar dos avanços tecnológicos das semeadoras-adubadores, os principais gargalos dos mecanismos dosadores de fertilizantes, segundo Souza (2008), são os problemas de distribuição, sendo que, em semelhantes distâncias percorridas se tem diferentes quantidades de adubo distribuído, além de ocorrer problemas de entupimentos de tubulações durante a distribuição, relacionados ao formato dos grãos de fertilizante e à sua higroscopicidade. Rannov (2018) afirma que a principal dificuldade encontrada para a dosagem e aplicação dos fertilizantes está relacionado à precisão dos dispositivos dosadores. Além disso podemos salientar que uma boa distribuição de insumos pelas semeadoras-adubadora está relacionada a correta regulagem da máquina.

A adição de grafite agrícola em pó ao adubo na operação de semeadura é uma possibilidade que pode auxiliar a dosagem e distribuição do insumo pelos dosadores helicoidais, tendo em vista que é utilizado para esse fim nas sementes. Segundo Mantovani et al. (1999) e Jasper et al. (2006), quando adicionado às sementes ele reduz o coeficiente de atrito entre elas, diminui o ângulo de repouso no reservatório da semeadora e conseqüentemente aumenta a escoabilidade pelo dosador. O mesmo vale para fertilizantes como foi observado por Souza (2008), ao momento em que foi adicionado grafite ao fertilizante granulado, observou-se menor quantidade de interrupções para desentupimento e limpeza das tubulações, além de melhorar a escoabilidade dos mecanismos.

Os dosadores têm a função de dosar quantidades de adubo a serem distribuídas nas linhas de plantio de diversas culturas, de acordo com a regulagem estabelecida. De acordo com Portella (1997), existem quatro mecanismos dosadores,

que são: rotor vertical impulsor, rotor dentado, rotor acanalado e rotores helicoidais, sendo os últimos os empregados na maioria dos equipamentos novos, podendo variar de acordo com o tamanho da rosca para diferentes vazões de fertilizante, esses tamanhos variam de acordo com o fabricante de cada mecanismo dosador e eles variam a distribuição de 50 a 1000 kg ha<sup>-1</sup>, dependendo do passo da rosca sem fim e também da granulometria do fertilizante utilizado.

Bonotto (2012) menciona que os mecanismos para grandes vazões de fertilizantes e produtos granulados são os rotores helicoidais e rotores tipo estrela (rotor dentado), sendo os rotores acanalados adequados para baixas vazões.

Assim sendo, o objetivo do grafite nos mecanismos dosadores de fertilizante tem uma função semelhante ao observado nas sementes. Nos fertilizantes, o trabalho vai observar se com a adição de grafite a distribuição será mais homogênea, uma vez que os mecanismos dosadores apresentam “pulsos” na sua distribuição. Os “pulsos” são devidos ao final da rosca sem fim, pois nele ocorre o despejo do fertilizante, assim tornando a distribuição não homogênea. A utilização do grafite tem o objetivo de tornar esta distribuição mais homogênea e assim reduzir as falhas.

Vale ressaltar que o estudo em questão apresentou diversos desafios, uma vez que a presença de bibliografia é escassa por ter apenas um estudo sobre grafite em mecanismos dosadores de fertilizante, com isso, procurou-se obter o maior número de informações possíveis para este trabalho.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo do trabalho foi avaliar a dosagem e distribuição longitudinal de fertilizante por mecanismos dosadores de uma helicoide e dupla helicoide de rotações opostas utilizando diferentes doses de grafite em pó.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS:

O experimento foi realizado no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Fazenda Água Limpa – LAMAGRI/FAL, pertencente a Universidade de Brasília.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 6, sendo dois mecanismos dosadores, helicoidal simples e dupla helicoides, e seis doses de grafite em pó no adubo (0, 3, 6, 9, 12 e 15 g kg<sup>-1</sup> de fertilizante), com 10 repetições por tratamento.

Os mecanismos dosadores helicoidais utilizados foram o Duplo sem fim e Fertisystem, ilustrados pelas Figuras 1A e B. O dosador de dupla helicoides (Duplo sem fim) é constituído por um par de helicoides posicionadas transversalmente ao reservatório de fertilizante que rotacionam em sentidos opostos, sendo a vazão do adubo feita por gravidade sobre um funil de direcionamento até o tubo condutor, enquanto o dosador de helicoides simples (Fertisystem) é constituído por uma helicoides posicionada transversalmente ao reservatório de fertilizante, cuja vazão é por transbordo transversal direto ao tubo condutor. Ambos dosadores utilizaram helicoides de passo 1" (17mm).



**Figura 1.** Mecanismos dosadores de adubo Duplo helicoides (A) e Helicoides simples (B).

O adubo utilizado foi o formulado NPK 04-30-16. Através do método de quarteação proposto pelo Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2014), foi

caracterizada a granulometria a partir da separação de quatro amostras de 125 g do fertilizante. Para tanto, foram utilizadas peneiras de malha 4,8 mm (ABNT 4), 2,0 mm (ABNT 10), 1,0 mm (ABNT 18) e fundo sem peneira. As frações de adubo peneiradas durante dez minutos em agitador mecânico foram pesadas em balança de precisão e a granulometria pode ser observada na Tabela 1, assim sendo classificado de acordo com a instrução normativa N°38 do MAPA, como granulado e mistura de grânulos.

**Tabela 1.** Média da granulometria do fertilizante utilizado.

Teste	4,8 mm (ABNT 4)	2,0 mm (ABNT 10)	1,0 mm (ABNT 18)
	Retido	Retido	Retido
4-30-16	2,31%	90,8%	6,47%

O método utilizado para determinar a umidade do adubo foi o método padrão da estufa a  $\pm 105^{\circ}\text{C}$  por duas horas, conforme descrito por Alcarde (1967). Foram utilizadas cinco amostras de 2 g cada, sendo a umidade média constatada para as amostras de 6,38%.

O ângulo de repouso do fertilizante foi determinado pela medida da inclinação formada pela superfície de deposição natural do mesmo com o reservatório, conforme metodologia proposta por Altemann (2010). O ângulo de repouso foi calculado utilizando uma estrutura de madeira retangular, composto por duas laterais paralelas de acrílico rígido transparente, e um funil na extremidade da superfície superior esquerda por onde se adicionou o fertilizante e se formou a deposição. Com o auxílio de fitas métricas colocadas na estrutura, foi calculado o posicionamento do fertilizante nos eixos X (base inferior) e Y (lateral esquerda). A partir da leitura dos valores indicados nos eixos foi utilizada a equação trigonométrica da tangente para determinar o cálculo do ângulo de repouso do fertilizante. O ângulo foi determinado pela média de quatro leituras e cálculos, sendo encontrado ângulo de repouso de  $59,59^{\circ}$ .

A dosagem e distribuição longitudinal de adubo foi realizada em um simulador de semeadura, constituído de motor elétrico de 0,73 kW de potência, sistema de redução mecânica e transmissão automática, inversor de frequência CFW100 para regulagem de velocidade, reservatório de insumos com capacidade de  $0,04\text{ m}^3$ , suportes para acionamento simultâneo para três mecanismos dosadores de adubo, regulagem de nivelamento transversal e longitudinal, e esteiras emborrachadas com 5,24 metros de comprimento total por dosador. A esteira foi operada a uma velocidade de  $1,84\text{ km h}^{-1}$ . Cabe salientar que a velocidade de operação da esteira foi baixa, comparado a velocidades de campo. Este experimento é laboratorial, sendo esta velocidade limitada pelo equipamento.

A avaliação de distribuição longitudinal de adubo foi realizada coletando o volume depositado em cada 0,5 m de comprimento da esteira, utilizando um pincel de cerdas e bandeja de plástico. Posteriormente as coletas foram pesadas em balança digital de precisão de 1 g, sendo a dosagem dada pela soma das coletas de cada repetição. Entre repetições o simulador permaneceu ligado por alguns segundos para

estabilização dos dosadores, esteira e vazão do fertilizante. O reservatório foi nivelado tanto para o eixo longitudinal quanto transversal.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ( $P \leq 0,05$ ).



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise de variância, a qual indica efeito significativo para os fatores e interação entre eles ao nível de probabilidade de erro inferior a 5%.

**Tabela 2.** Resumo da Análise de variância (ANOVA) para efeitos principais e de interação da dosagem de adubo em função dos fatores mecanismos dosadores e dose de grafite.

ANOVA			
Fator	GL	Fator F	P valor
Dosador (A)	1	63,77**	<0,0001
Dose de grafite (B)	5	85,51**	<0,0001
A x B	5	4,02**	0,0022
Média geral		21,408 g	
Desvio padrão		1,954 g	
Erro padrão		0,618 g	
CV		9,13 %	

GL: graus de liberdade. CV: coeficiente de variação. \*\*probabilidade de 1% de erro.

Na Tabela 2, observa-se a média geral de todos os tratamentos, sendo a média geral 21,408g de fertilizante dosados, assim também observado o coeficiente de variação de 9,13%, a frente poderemos comparar este resultado com os mecanismos dosadores separadamente.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados de interação para a variável massa dosado de adubo em função dos fatores mecanismos dosadores e dose de grafite no fertilizante.

**Tabela 3.** Dosagem de adubo em função da dose de grafite e mecanismo dosador.

Dosador	Dose de grafite (g kg <sup>-1</sup> )					
	0	3	6	9	12	15
Helicoidal simples	16,8 aC	17,1 bC	18,0 bBC	19,7 bB	22,9 bA	25,4 bA
Duplo helicoidal	16,6 aD	19,2 aC	21,0 aC	24,6 aB	26,6 aAB	29,0 aA

Mesmas letras minúsculas na coluna ou maiúscula na linha, indicam significância pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Diferença mínima significativa na linha = 1,73 g. Diferença mínima significativa na coluna = 2,53 g.

Comparando os dois dosadores, sem a adição de grafite, não houve diferença na quantidade de adubo dosada, sendo obtida a média de 16,7 g m<sup>-1</sup>. Quando adicionado grafite, o Duplo helicoidal dosou maiores quantidades de adubo, da menor

para maior dose de grafite a quantidade dosada de adubo foi respectivamente 12,2; 16,6; 24,8; 16,1 e 14,1% superior ao helicoidal simples, respectivamente.

Os resultados podem ser compreendidos devido à maior escoabilidade do adubo pelo efeito lubrificante do grafite, bem como o maior volume de captação de adubo do reservatório pelo mecanismo com duas helicoides em trabalho simultâneo. Neste dosador, há duas helicoides, a função de uma delas é atuar como “abastecedora” de fertilizante para a outra. Possivelmente, isto reduz o chamado “pulso” de fertilizante, tornando constante o fluxo de vazão e, assim, tornando uniforme a dosagem de adubo pelo mecanismo.

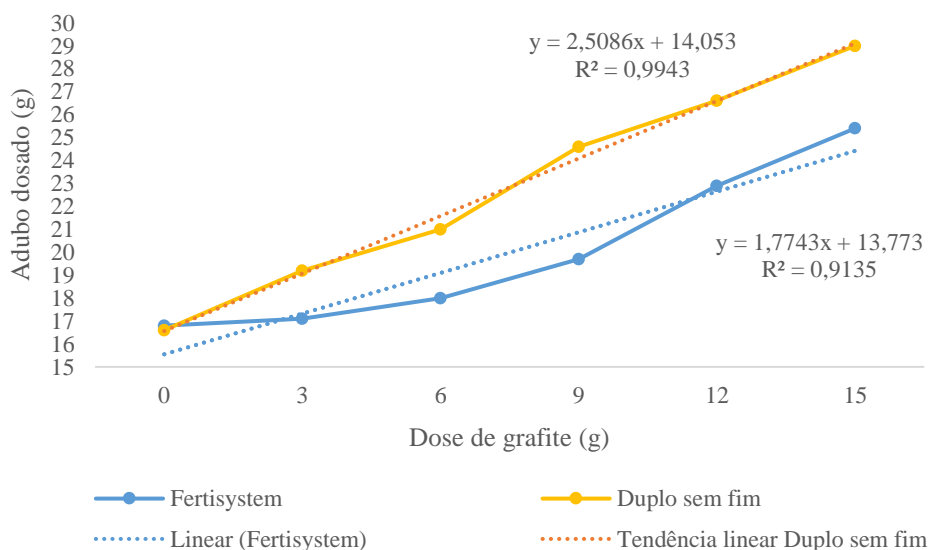
Avaliando isoladamente o mecanismo dosador de fertilizante, as doses de grafite para o mecanismo de helicoides simples não difere das doses 0 e 3 g kg<sup>-1</sup>. Os aumentos foram significativos quando a dose de grafite foi superior a 9 g kg<sup>-1</sup>. Isso porque, de 3 para 9 g kg<sup>-1</sup>, a dosagem aumentou em 15,2%, e de 9 para 12 g kg<sup>-1</sup> a dosagem foi 16,2% maior. A dosagem de 12 para 15 g kg<sup>-1</sup>, não apresentou diferença estatística

Em relação ao Duplo helicoides, comparando as doses de grafite, entre 0 e 3 g kg<sup>-1</sup> a dosagem de adubo diferiu em 15,6%. Entre 3 e 6 g kg<sup>-1</sup>, a dosagem de adubo não diferiu, contudo, de 6 para 9 g kg<sup>-1</sup> e de 9 para 15 g kg<sup>-1</sup>, a dosagem de adubo aumentou em 17,1% e 9%, respectivamente.

De acordo com os dados obtidos, foi observado que quanto maior a dose de grafite maior foi a sua variação, no entanto, isso não indica um erro do dosador, pois este somente é consolidado em caso de regulagem da vazão dos dosadores antes da adição do grafite. Sendo assim, conhecendo a variação da dosagem de adubo em função da dose de grafite, os resultados mostram que primeiro deve-se fazer a adição e assim a posterior regulagem de vazão pelos dosadores.

A Figura 2 mostra o gráfico de linhas de tendência de cada um dos mecanismos dosadores de fertilizante, sendo o Fertisystem (Helicoides simples) e Duplo sem fim (Duplo helicoides).

**Figura 2.** Linhas de tendência da dosagem de adubo em função da dose de grafite.

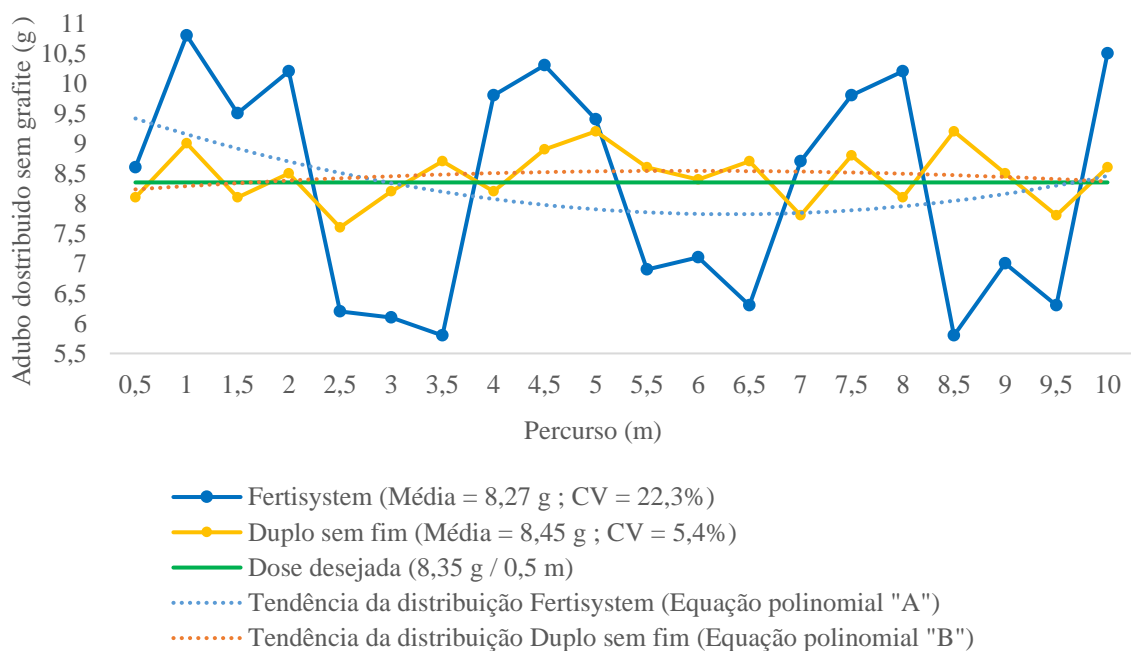


Pela Figura 2 é possível compreender o aumento linear da dosagem de fertilizante em função da dose de grafite. Ambos dosadores apresentam  $R^2$  superior a 90%, indicando segura tendência linear para o aumento da dosagem. O Duplo helicoides apresentou  $R^2$  de 0,9943, apresentando o melhor resultado na tendência linear. O mecanismo de helicoides simples apresentou  $R^2$  de 0,9135, mostrando boa tendência linear comparado ao duplo helicoides.

Para o mecanismo de helicoides simples é observado aumento exponencial médio de 15,7% e 13,9% para o Duplo helicoidal na dosagem de fertilizante para cada 3 g de grafite adicionados por quilo. Assim, a figura 2, mostra com clareza que a adição de grafite tende ao crescimento linear da dosagem de fertilizante, ou seja, quanto maior a dose de grafite, mais fertilizante os mecanismos helicoidais vão dosar.

A Figura 3, mostra a distribuição longitudinal de cada um dos mecanismos dosadores em relação a dose desejada, o gráfico é referente a não adição de grafite.

**Figura 3.** Distribuição longitudinal de adubo por mecanismo dosador Helicoides simples (Fertisystem) e Duplo helicoides (Duplo sem fim), sem grafite.



$$A: y = -0,0026x^2 + 0,0624x + 8,1739$$

$$B: y = 0,0118x^2 - 0,2977x + 9,7013$$

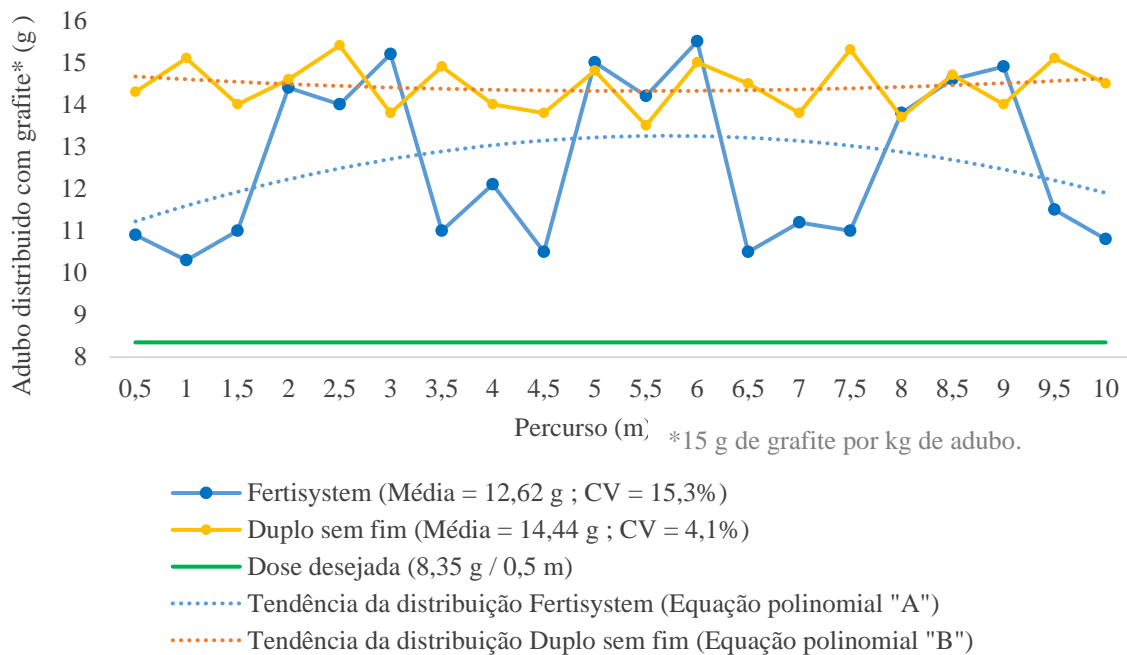
Na Figura 3 são apresentados os resultados de distribuição longitudinal de adubo pelos mecanismos dosadores Duplo helicoides e Helicoides simples. O Duplo helicoides apresentou menor coeficiente de variação para a distribuição longitudinal do adubo, 5,4%, indicando menor frequência de "pulsos" na dosagem e maior homogeneidade de distribuição, isso podendo ser explicado pelo fator dos dois helicoides trabalharem simultaneamente. O Helicoides simples por sua vez apresentou coeficiente de variação expressivamente maior para a distribuição longitudinal do adubo, 22,3%, indicando a ocorrência maior frequência de "pulsos". Comparando com

a tabela de análise de variância, observa-se que o Helicoide simples tem coeficiente de variação maior que a média geral, 9,13%, enquanto o Duplo helicoide, tem o coeficiente abaixo da média geral.

O coeficiente de variação do Helicoide simples foi aproximado ao obtido por Bonotto (2012), no qual o dosador obteve 31,82% de coeficiente de variação. O resultado pode ser compreendido pelo que descreve Casão Junior (2006), onde o autor, avaliou um sistema helicoidal simples e afirma que este mecanismo libera o fertilizante em “pulsos”, havendo desuniformidade da distribuição do adubo ao longo do sulco de semeadura.

A Figura 4, mostra a distribuição longitudinal de cada um dos mecanismos dosadores em relação a dose desejada, o gráfico é referente a maior adição de grafite, 15 g kg<sup>-1</sup>.

**Figura 4.** Distribuição longitudinal de adubo por mecanismo dosador Helicoide simples (Fertisystem) e Duplo helicoide (Duplo sem fim), com grafite.



$$A: y = -0,0186x^2 + 0,4257x + 10,817$$

$$B: y = 0,0036x^2 - 0,0771x + 14,738$$

A Figura 4 ilustra uma relação direta com os resultados da figura 3, em relação a uniformidade de distribuição dos dosadores, o que se observa de diferente são os coeficientes de variação, uma vez que, neste tratamento temos a adição de 15 g kg<sup>-1</sup> de grafite no fertilizante. O coeficiente do duplo helicoidal agora se apresenta com 4,1% e o do Helicoidal simples com 15,3%, corroborando que o uso de grafite melhora a distribuição. Assim, observamos que com a adição de grafite os coeficientes de variação de ambos os dosadores helicoidais diminuíram. Souza (2008), analisou que com a adição de grafite melhora-se a distribuição, isso comprovado pela diminuição do coeficiente de variação.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS:**

Após a adição de grafite ao adubo, a dosagem deve ser reconsiderada nos mecanismos dosadores.

Recomenda-se a adição de grafite durante a operação de fertilização, uma vez que apresenta melhora na distribuição.

Recomenda-se a utilização do mecanismo de duplo helicóide por apresentar uniformidade melhor que o mecanismo de helicóide simples.

## **6. CONCLUSÃO:**

Os dosadores não apresentaram diferença na dosagem sem a presença de grafite.

A adição de grafite ao fertilizante possui correlação linear com a dosagem de adubo pelos dosadores, além de aumentar a escoabilidade do produto.

O dosador Duplo helicóide com a maior dose de grafite aumentou a sua dosagem em 74,6%, enquanto o dosador de Helicóide simples aumentou em 51,1% a dosagem.

Com a presença de grafite, a dosagem de adubo é em média 16,7% maior no Duplo Helicóide em comparação ao Helicóide simples.

Para o Duplo helicóide a uniformidade de distribuição foi de 12,9% sem grafite e de 73,1% com sua adição.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALCARDE, J. C.; CATANI, R. A.; FURLANI, P. R. **A determinação da água livre em fertilizantes**. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v. 24, p. 239-245, 1967.

ALTEMANN, A.S.; BEDIN, P.R.; BONOTTO, G.J.; SILVEIRA, H.A.T.; DIAS, V.O.; CARPES, D.; MONTEMEZZO, L. **Determinação do ângulo de repouso de fertilizantes e sementes através da análise de imagens**. Anais... XIV SEPE (Simpósio de ensino, pesquisa e extensão). Santa Maria, RS. 2010.

BONOTTO, G. J. **Desempenho de dosadores de fertilizantes de semeadoras-adubadoras em linhas**. Santa Maria: UFSM, 2012. 97p. Tese de Doutorado. Dissertação Mestrado.

BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 39, DE 8 DE AGOSTO DE 2018. Ficam estabelecidas as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura, na forma desta Instrução Normativa e seus Anexos I a V. Diário Oficial da União. Brasília, 10 de agosto de 2018. Edição:154, Seção: 1, p.19.

BRASIL. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safrá Brasileira de Grãos. Boletim de grãos - Maio de 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: maio de 2021.

BRASIL. CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. Competição: o que falta para o Brasil alcançar os Estados Unidos no milho?. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/noticias/competicao-o-que-falta-para-o-brasil-alcancar-os-estados-unidos-no-milho>>. Acesso em: maio de 2021.

BRASIL. CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. Panorama do Agro. 2020. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro>>. Acesso em: maio de 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Com supersafra, produção de grãos é estimada em 272 milhões de toneladas. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/03/com-supersafra-producao-de-graos-e-estimada-em-272-milhoes-de-toneladas>>. Acesso em: maio de 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Secretaria de Defesa Agropecuária. MANUAL DE MÉTODOS ANALÍTICOS OFICIAIS PARA FERTILIZANTES E CORRETIVOS. Brasília, 2014.

CASÃO JÚNIOR, R. Plantadeiras-Equipamento bom é aquele bem preparado. Revista A Granja, v. 694. Outubro, 2006.

Jasper, R., Janszen, U., Jasper, M., & Garcia, L. C. (2006). Distribuição longitudinal e germinação de sementes de milho com emprego de tratamento fitossanitário e grafite. Engenharia Agrícola, 26(1), 292-299.

MANTOVANI, Evandro Chartuni et al. Desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes utilizados em semeadoras de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 1999.

PORTELLA, J. A. Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas. **Embrapa Trigo-Documentos (INFOTECA-E)**, 1997.

RANNOV, Carla Luiza et al. Validação Experimental do Modelo Matemático do Sistema de Adubação a Taxa Variável incluindo a Dinâmica do Atrito. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 6, n. 1, 2018.

ROCHA, F.E.C.; MANTOVANI, E.C.; BERTAUX, S.; GARCIA, J. C. Comparação de semeadoras adubadoras de milho com relação a preços de aquisição e eficiência operacional. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 27: 751-757, 1992.

SOUZA, C.M. Efeito do uso de Grafsolo na uniformidade de distribuição de fertilizantes. Universidade Federal de Viçosa / Centro de Ciências Agrárias – Departamento de Fitotecnia. 2008.