

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

YURI CETNARSKI MIKOS

DEPOSIÇÃO LONGITUDINAL DE FERTILIZANTE GRANULADO COM
USO DE DIFERENTES DOSES DE GRAFITE

CURITIBA

2024

YURI CETNARSKI MIKOS

DEPOSIÇÃO LONGITUDINAL DE FERTILIZANTE GRANULADO
COM USO DE DIFERENTES DOSES DE GRAFITE

*Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Agronomia,
Setor de Ciências Agrárias, Departamento
de Solos e Engenharia Agrícola da
Universidade Federal do Paraná, como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.*

Orientador: Prof. Dr. Samir Paulo Jasper

CURITIBA

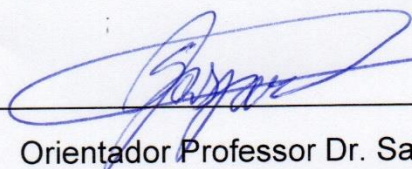
2024

TERMO DE APROVAÇÃO

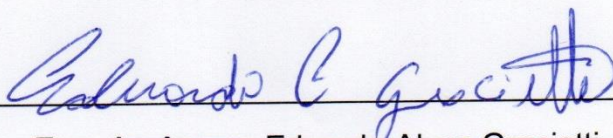
YURI CETNARSKI MIKOS

DEPOSIÇÃO LONGITUDINAL DE FERTILIZANTE GRANULADO COM USO DE DIFERENTES DOSES DE GRAFITE

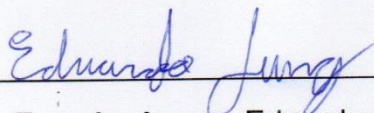
Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo no Curso de Graduação em Agronomia, pela seguinte banca examinadora:



Orientador Professor Dr. Samir Paulo Jasper
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola
Setor de Ciências Agrárias



Eng. Agrônomo Eduardo Alves Gracietti
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola
Setor de Ciências Agrárias



Eng. Agrônomo Eduardo Affonso Jung
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola
Setor de Ciências Agrárias

Curitiba, 13 de dezembro de 2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder forças a realizar esta graduação incluindo também este presente trabalho. Além de me prover tudo o que necessito na minha jornada.

Agradeço a minha grande e amada família, por estar sempre presente e reunida me apoiado nos momentos de necessidade.

Em especial ao meu Anjo da Guarda por sempre me proteger e me cuidar nos percursos desta vida.

A minha noiva Gabrielli, por estar presente em todos os momentos da minha vida, me apoiando, me encorajando e incentivando a ser sempre uma pessoa melhor e buscar um melhor lugar neste mundo.

A todos aqueles com quem convivi durante a faculdade e que sem dúvida foram peças essenciais na minha formação não só como profissional, mas também como pessoa, professores, amigos, colegas e funcionários. Em especial agradeço ao professor e orientador Samir, por estar presente e me ajudar neste momento de conclusão de curso.

RESUMO

O crescimento exponencial da população mundial tem imposto diversos desafios ao setor agrícola, sendo um deles a necessidade em suprir alimentos a toda esta população. Este desafio recai especialmente no Brasil, que desempenha um papel significativo na produção e exportação de alimentos. Um dos principais impasses é aumentar a produção para atender à crescente demanda, sem expandir as áreas de cultivo. Nesse contexto, a utilização de fertilizantes, tal qual o NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio), surgiu como uma estratégia para aumentar a produtividade em uma mesma área. No entanto, a eficiência do uso de fertilizantes pode ser influenciada por diversos fatores, um exemplo é o atrito entre os grânulos do NPK. Este trabalho investiga a influência da adição de grafite, um lubrificante sólido, nas propriedades de escoamento e deposição do fertilizante, com o objetivo de melhorar a uniformidade na aplicação. A pesquisa foi realizada em laboratório, utilizando uma bancada automatizada que simulou velocidades de operação entre 4 e 10 km/h e doses de grafite variando de 0 a 8 g/kg. A metodologia incluiu a análise da vazão do fertilizante em função das variáveis estudadas, bem como suas interações. Este estudo contribui para uma melhor compreensão da influência da escoabilidade do fertilizante granulado na eficiência da aplicação e destaca a importância da otimização do processo de adubação. Nos resultados foi observado que o grafite consegue influenciar nas propriedades de escoamento do fertilizante, mas para visualizar o efeito na aplicação, está deve ser realizada em maiores velocidades.

PALAVRAS-CHAVE: Grafite. Fertilizante. Velocidade. Distribuidor. Vazão. Bancada.

ABSTRACT

The exponential growth of the world population has imposed various challenges on the agricultural sector, one of which is the need to supply food to this growing population. This challenge is especially acute in Brazil, which plays a significant role in food production and exports. One of the main obstacles is increasing production to meet the rising demand without expanding cultivated areas. In this context, the use of fertilizers such as NPK (Nitrogen, Phosphorus, and Potassium) has emerged as a strategy to increase productivity on the same land area. However, the efficiency of fertilizer use can be influenced by several factors, one of which is the friction between NPK granules. This study investigates the effect of adding graphite, a solid lubricant, on the flow and deposition properties of the fertilizer, aiming to improve application uniformity. The research was conducted in a laboratory setting, using an automated bench that simulated operational speeds between 4 and 10 km/h and graphite doses ranging from 0 to 8 g/kg. The methodology included the analysis of fertilizer flow rate as a function of the studied variables and their interactions. This study contributes to a better understanding of the influence of granular fertilizer flowability on application efficiency and highlights the importance of optimizing the fertilization process. The results showed that graphite can influence the flow properties of the fertilizer, but to see the effect on the application, it must be carried out at higher speeds.

Keywords: Graphite. Fertilizer. Speed. Distributor. Flow. Bench.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – PROJEÇÃO DIAGONAL DA BANCADA ELETRÔNICA AUTOMATIZADA.....	13
FIGURA 2 – CURVA DE CALIBRAÇÃO PARA BALANÇA	15
FIGURA 3 – VAZÃO X DOSE DE GRAFITE	17
FIGURA 4 – VAZÃO x VELOCIDADE	18
FIGURA 5 – VAZÃO x VELOCIDADE x DOSE DE GRAFITE	19

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 PORCENTAGEM DE NPK RETIDO EM CADA MALHA:.....	16
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	A DEMANDA POR ALIMENTOS.....	10
2.2	O PAPEL DO FERTILIZANTE.....	10
2.3	O USO CONSCIENTE DE ADUBO.....	11
2.4	COMO MELHORAR A DISTRIBUIÇÃO	11
2.5	O PAPEL DO GRAFITE	12
3	MATERIAL E MÉTODOS	13
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	17
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
6	REFERÊNCIAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

Diante do cenário de crescimento exponencial da população, a produção de alimentos precisa ser cada vez maior (MACIEL et al., 2021). Como o Brasil é um dos principais produtores e exportadores de alimentos do mundo, tanto em produtos agrícolas quanto em produtos agropecuários, e possui uma grande capacidade de adaptação às demandas do mercado internacional (QUINTAM et al., 2023), o país tem uma responsabilidade significativa com a alimentação mundial, o que reflete diretamente em seu panorama agrícola.

No Brasil, o setor agropecuário continua a crescer de forma constante, não apenas em termos de expansão territorial, mas também em produtividade e adoção de tecnologias avançadas. Desde a década de 1970, o país tem conseguido ampliar a oferta de alimentos, contribuindo assim para o abastecimento dos mercados interno e externo. Entre 1980 e 2021, a produção de grãos aumentou quase 400% (GASQUES et al., 2022).

Impulsionada pelo desafio de aumentar a produção de alimentos, a indústria encontrou nos fertilizantes uma maneira de elevar a produtividade das terras agrícolas. Atualmente, o Brasil é responsável por cerca de 8% do consumo global de fertilizantes, ocupando a quarta posição, atrás apenas da China, Índia e Estados Unidos. A soja, o milho e a cana-de-açúcar respondem por mais de 73% do consumo de fertilizantes no país (BRASIL, 2022), sendo o principal deles a mistura NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio).

A aplicação de NPK na lavoura pode ser feita de várias maneiras. No entanto, devido à alta capacidade de adsorção de Fósforo (P) pelos solos tropicais, comuns no Brasil, a eficiência de absorção pelas plantas é baixa (GUARÇONI, 2022). Por isso, em regiões com predominância de solos tropicais, como no Brasil, é comum realizar a aplicação de NPK diretamente no sulco de semeadura.

No entanto, assim como qualquer insumo agrícola, os fertilizantes geram custos na produção. Portanto, é essencial que o fertilizante seja corretamente aplicado ao longo do sulco de semeadura para maximizar a produtividade e o

rendimento. Isso pode ser alcançado com o uso de mecanismos de dosagem de alto desempenho, como os mecanismos helicoidais e de rotor (ZIMMERMANN et al., 2024).

No entanto, COSTA et al. (2022) ressaltam que esses mecanismos estão sujeitos a variações externas que podem afetar a deposição, como a inclinação do terreno, a velocidade de operação e as condições do fertilizante granulado, incluindo o atrito entre os grânulos. Além disso, destacam a importância da umidade, consistência e fluidez adequadas do fertilizante durante a aplicação.

Quando se trata de grânulos uniformes de NPK, nos quais cada grânulo contém uma proporção igual de cada nutriente, a uniformidade na distribuição é fundamental para garantir uma aplicação eficaz. No entanto, o atrito entre os próprios grânulos do fertilizante pode interferir nessa uniformidade e, consequentemente, na qualidade da operação.

Dessa forma, um lubrificante sólido tal qual o grafite que possui o efeito de redução do coeficiente de atrito (SAVI, et. al., 2022), pode reduzir os atritos entre os grânulos durante o escoamento. Além disso, é inerte ao NPK. Assim, torna-se necessária a realização desta pesquisa para esclarecer o efeito do grafite na deposição e escoabilidade do fertilizante granulado.

O objetivo deste trabalho é analisar a deposição do fertilizante granulado com grafite em diferentes doses e velocidades de deposição.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A DEMANDA POR ALIMENTOS

O crescimento populacional em nível mundial, ao longo do tempo, tende a impactar diversos setores do planeta, como os recursos hídricos, minerais, naturais e as terras. Juntamente com o aumento da população, cresce também a demanda por alimentos. Esse fator é agravado pelo fato de que esse crescimento populacional ocorre principalmente em regiões mais pobres, que tradicionalmente enfrentam déficits na produção de alimentos (PEREIRA et al., 2022).

Neste contexto, o Brasil, um país com vastas áreas cultiváveis, possui condições climáticas favoráveis para a produção em larga escala de diversos produtos agrícolas. Com os investimentos em tecnologia, melhoramento genético e práticas de produção eficientes, o país tem ampliado ainda mais seu potencial produtivo ao longo dos anos (QUINTAM et al., 2023).

A evolução e o crescimento do agronegócio brasileiro têm sido notáveis nos últimos anos. De 2020 a 2023, a expansão do agronegócio fez com que a produção de grãos crescesse mais de 254% (CONTINI e ALVES, 2023). Em 2023, o agronegócio foi responsável por 24% do PIB brasileiro (CEPEA/CNA, 2024). Além disso, em 2020, considerando apenas a produção de grãos, o Brasil foi responsável por alimentar cerca de 630 a 780 milhões de pessoas (CONTINI e ARAGÃO, 2021).

2.2 O PAPEL DO FERTILIZANTE

Para uma boa produtividade das culturas, a adubação correta é um fator de suma importância. O manejo da fertilidade do solo, por meio da aplicação adequada de corretivos e fertilizantes, foi responsável por 51% do crescimento da produção e da produtividade de diversas culturas nos últimos 20 anos, enquanto outros fatores de produção representam 37% e o incremento de novas áreas, 12% (BORGES et al., 2021).

Dos nutrientes absorvidos pelas plantas, três são absorvidos em maior quantidade: os nutrientes essenciais primários, que são o Nitrogênio (N), o

Fósforo (P) e o Potássio (K) (BARROS, 2020). Por conta disto, a produtividade brasileira é baseada nos fertilizantes nitrogenados, fosfáticos e potássicos (BUENO, et al., 2023). Tomando isto como base, no mercado existem diversos tipos de fertilizantes, sendo que um deles é caracterizado como Fertilizante Mineral Complexo, produto formado pela mistura de dois ou mais compostos químicos, que é o caso do NPK (BORGES et al., 2021).

2.3 O USO CONSCIENTE DE ADUBO

Segundo a CONAB (2023), um dos principais custos enfrentados pelos produtores brasileiros na produção de soja e milho é o fertilizante. Como o Brasil importa uma grande parte do NPK consumido, o custo de produção é frequentemente influenciado pelos preços internacionais do insumo e suas variações, o que afeta diretamente a rentabilidade dos produtores (OGINO e VIEIRA FILHO, 2022). De acordo com a CNA (2022), os preços dos fertilizantes no Brasil mais que triplicaram entre 2020 e 2022.

Muitos países já expressaram a intenção de melhorar a eficiência no uso de nutrientes na agricultura e buscam soluções e inovações para implementar esse plano. Até 2030, a União Europeia pretende reduzir em 50% suas perdas de nutrientes. A aplicação eficiente de fertilizantes deve, portanto, continuar a avançar (IFA, 2023).

2.4 COMO MELHORAR A DISTRIBUIÇÃO

A distribuição de fertilizantes granulados pode ser realizada por meio de diferentes mecanismos e modelos. Os mais comuns e amplamente utilizados são os dosadores helicoidais simples ou duplos (NING et al., 2015; WANG et al., 2017). Conforme apresentado por ZIMMERMANN et al. (2024), o dosador helicoidal simples proporciona uma aplicação mais uniforme e homogênea do NPK, além de apresentar menos falhas de aplicação em comparação ao dosador helicoidal duplo.

Um dos componentes do NPK, o fósforo, apresenta a característica de se ligar aos minerais da argila, como os óxidos de ferro e de alumínio, comumente encontrados em solos tropicais. Esse comportamento impede que o fósforo fique

disponível para a absorção das culturas, permanecendo fixo no solo (PEREIRA, 2009). Por conta disso, em Sistemas de Plantio Direto (SPD) onde os teores de fósforo estão baixos, recomenda-se a aplicação do fertilizante na linha de plantio (DE SOUSA e REIN, 2011).

A aplicação desequilibrada de fertilizantes pode acarretar prejuízos tanto econômicos quanto ambientais (SANTOS et al., 2012). Uma aplicação com excesso de dosagem do fertilizante pode trazer prejuízos para a lavoura e também financeiramente, além de afetar negativamente o meio ambiente. Já a falta de nutriente pode acarretar em baixa produtividade (BARROS, 2010). A qualidade na distribuição dos fertilizantes depende das características físicas do adubo, como granulometria, consistência e fluidez (REYNALDO et al., 2016). Assim, a homogeneidade e a uniformidade da aplicação estão diretamente relacionadas a essas características físicas do NPK, já que os mecanismos dosadores estão sob muita influência de fatores externos (COSTA et al., 2022).

2.5 O PAPEL DO GRAFITE

O escoamento de um produto por gravidade pode ser facilitado dependendo do coeficiente de atrito interno do material granular. No entanto, o ângulo de repouso do material é igualmente importante e possui a mesma relevância que o atrito interno quando se trata da escoabilidade dos grânulos. Entre os fatores que influenciam esse ângulo de repouso estão o tamanho, a forma, a rugosidade e a umidade do material (MANTOVANI et al., 1999).

Uma das formas alotrópicas do carbono, assim como o carvão e o diamante, é o grafite, que pode ser classificado como natural ou sintético (DE OLIVEIRA et al., 2000). O grafite é um lubrificante seco, natural e sólido, utilizado na agricultura para reduzir o atrito das sementes durante o plantio e melhorar a plantabilidade (SILVA, 2023).

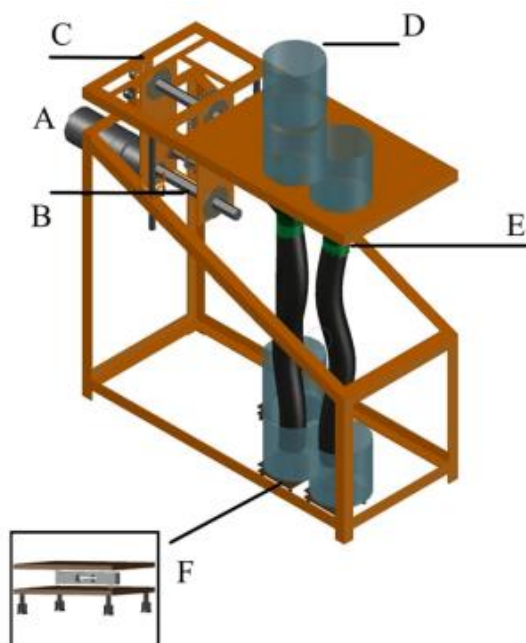
Conforme apresentado por SOUZA (2008), a utilização do grafite no fertilizante também melhora a aplicação do produto e facilita a operação, assim como ocorre com as sementes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi realizado em ambiente de laboratório no Setor de Ciências Agrárias (SCA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), nas intermediações do Laboratório de Adequação de Tratores Agrícolas (LATA). Através do uso de uma bancada eletrônica automatizada, para coletar os dados de vazão do fertilizante, conforme descrito por Zimmermann et al. (2024), foram avaliadas as diferenças na deposição do NPK quando alterado a velocidade de operação em 4 km/h, 6 km/h, 8 km/h e 10 km/h, além da influência de diferentes doses de grafite no fertilizante. As doses de lubrificantes testadas foram de 0, 1, 2, 4 e 8 gramas de grafite por quilograma de NPK, o que resultou em 20 tratamentos. Cada tratamento foi testado durante 400 segundos na bancada.

A Figura 1 apresenta uma visualização da configuração da bancada automatizada, destacando o controle elétrico (A), o conjunto de transmissão (B), a articulação (C), os reservatórios (D), os mecanismos de dosagem (E) e o sistema de aquisição de dados (F).

FIGURA 1 – PROJEÇÃO DIAGONAL DA BANCADA ELETRÔNICA AUTOMATIZADA



FONTE: ZIMMERMANN, et al., (2024)

Um motor redutor de 3 fases de 220 V (SEW EURODRIVE™) com capacidade de potência de 0,25 kW e uma razão de redução de 1,12 foi incorporado à bancada. Sua velocidade foi regulada com precisão usando um inversor de frequência (CFW300 WEG™). Juntamente com uma razão de transmissão simétrica obtida por polia e correia a configuração simulou distintas velocidades angulares. As velocidades foram estabelecidas através das taxas de aplicação do fertilizante, levando em consideração uma aplicação de 250 kg/ha. Garantindo que o dosador trabalhasse em uma rotação congruente que espelhasse a velocidade consistente de um sistema trator-implemento.

Para que as velocidades de operações fossem simuladas, estas foram convertidas em Hertz, através do conversor de frequência. Desta maneira, as velocidades de 4 km/h, 6 km/h, 8 km/h e 10 km/h foram convertidas respectivamente para 19,0; 28,4; 37,9 e 47,4 Hz. O sistema foi configurado para operar entre 1 e 60 Hz, utilizando um potenciômetro linear para ajustar a velocidade angular do mecanismo de dosagem.

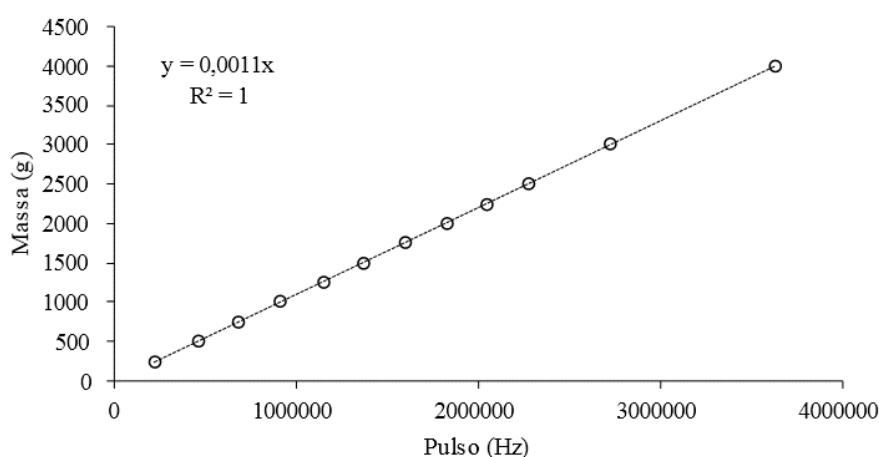
O reservatório de fertilizante granulado estava localizado na parte superior da bancada e conectado ao mecanismo dosador. O mecanismo dosador helicoidal simples (modelo Auto-Lub AP, Fertsystem®) opera com passo de 2.54 cm, e com o sistema regulador de nível de tampa transversal, o qual tem a função de anular o efeito pulsante do ciclo sem-fim e controlar a dosagem.

O fluxo do fertilizante granular foi medido utilizando um sistema de aquisição de dados (SAD) equipado com uma placa de circuito impresso, operando a uma frequência de aquisição de dados de 1 Hertz. Este sistema estava ligado a um disco rígido, facilitando a posterior tabulação dos dados em planilhas de análise automatizada. O sistema monitorou o fluxo do fertilizante granular por 400 segundos, resultando em 5.040 medições de dados.

O sistema de aquisição de dados (SAD) estava conectado a uma balança com célula de carga de ponto único, modelo SPL (IWM™), com resolução de 2 mV/V. Esta balança pode gerenciar uma carga máxima de 7,5 kg e operava efetivamente a 5 kg, fornecendo precisão de 1,1 mg por pulso ao medir a massa do fertilizante granulado. Para calibração, 12 pesos foram avaliados usando uma

balança semi-analítica. Os pesos foram então colocados na balança principal e seus pulsos registrados pelo DAS. Para garantir a estabilidade da coleta de dados, os primeiros e últimos intervalos de 30 segundos foram omitidos, e a coleta de dados foi encerrada antes que o reservatório estivesse dois terços vazio. Assim, os pulsos para cada escala foram calculados em média e, posteriormente, as informações foram correlacionadas, gerando uma equação linear com $R^2 = 1$, de acordo com a Figura 2.

FIGURA 2 – CURVA DE CALIBRAÇÃO PARA BALANÇA



FONTE: ZIMMERMANN, et al., (2024)

Os tamanhos das partículas do fertilizante NPK 04-14-08 utilizado na avaliação (Tabela 01) foram determinados conforme o Manual de Análise Oficial de Métodos para Fertilizantes e Corretivos, publicado pelo MAPA (2017). A análise granulométrica consiste em medir o volume de fertilizante que passa através de malhas com aberturas progressivamente menores. O conjunto de peneiras utilizado incluiu as seguintes malhas: 4,75 mm (ABNT nº 04); 4,00 mm (ABNT nº 05); 2,80 mm (ABNT nº 07); 2,00 mm (ABNT nº 10); 1,00 mm (ABNT nº 18) e 0,50 mm (ABNT nº 35). A Tabela 01 apresenta os resultados da análise granulométrica, incluindo os dados sobre a retenção de partículas nas diferentes malhas.

TABELA 01 PORCENTAGEM DE NPK RETIDO EM CADA MALHA:

Dose / Malha	4,75 (mm)	4,00 (mm)	2,80 (mm)	2,00 (mm)	1,00 (mm)	0,50 (mm)	0,00 (mm)
0 g/kg	1,31%	12,75%	49,10%	28,78%	5,27%	1,47%	1,32%
1 g/kg	0,75%	5,94%	43,69%	31,58%	7,72%	4,78%	5,55%
2 g/kg	0,25%	4,16%	47,26%	32,82%	7,84%	3,73%	3,95%
4 g/kg	0,73%	10,35%	69,69%	9,14%	4,65%	1,94%	3,50%
8 g/kg	2,34%	16,54%	55,84%	21,94%	2,01%	0,43%	0,91%

FONTE: O autor (2024)

Com relação às análises realizadas para entender a influência do grafite no ângulo de repouso do NPK, para as doses de 0, 1, 2, 4 e 8 g/kg, os ângulos de repouso obtidos foram, respectivamente, 52,6; 54,57; 46,36; 41,55; e 51,91 graus. Esta redução no ângulo de repouso do fertilizante conforme foi incrementado maiores doses de grafite se deve a maior escoabilidade ao NPK conferida pela adição do lubrificante sólido, que também foi observado por Neiva (2021),

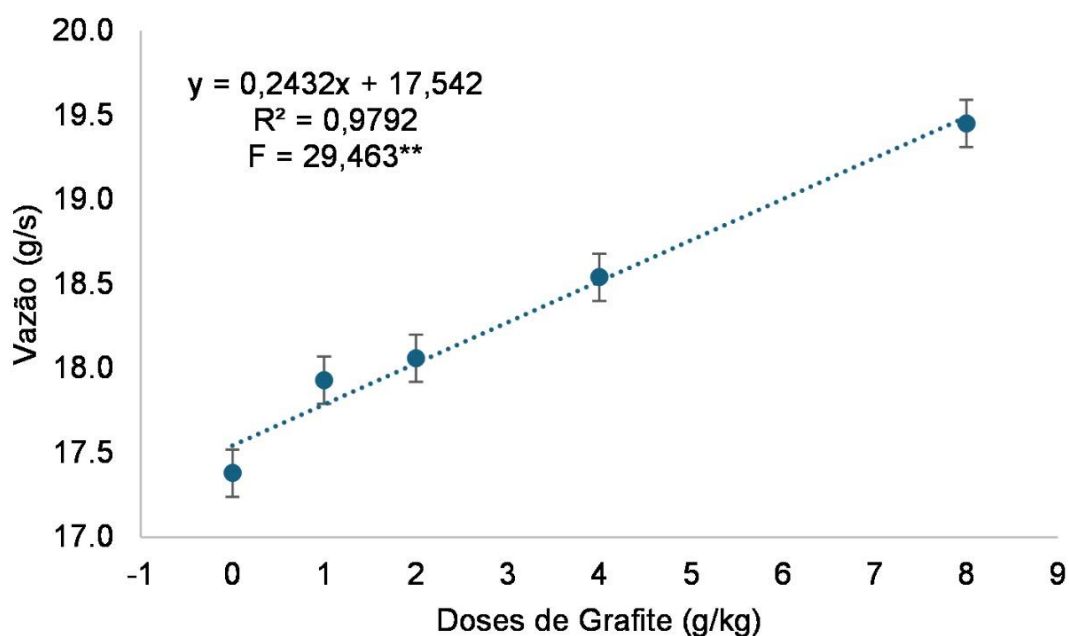
Os dados coletados foram submetidos a análises de normalidade e homogeneidade de variâncias, respectivamente. E então passaram por uma análise de regressão, onde verificou-se os seguintes fatores: Vazão do fertilizante x doses de grafite; Vazão do fertilizante x velocidade e a interação da Vazão do fertilizante x velocidade. Para cada modelo de regressão proposto, foi realizado o teste F e o Coeficiente de Determinação R^2 por meio do software R (Core Team®).

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Em uma primeira análise, observou-se qual a influência do grafite em dose zero e em diferentes doses na vazão do fertilizante. Notou-se que, à medida que a dose de grafite no NPK era incrementada, a vazão também aumentava. O cruzamento desses dados passou pelo teste F, onde a hipótese foi aceita como verdadeira, conforme a FIGURA 3.

O aumento na vazão do fertilizante provavelmente ocorreu devido à maior escoabilidade e fluidez proporcionadas pela adição do lubrificante grafite à mistura. Resultados semelhantes foram encontrados por Neiva (2021), que também observou que doses maiores de grafite elevam ainda mais a escoabilidade do fertilizante, resultando em incremento na vazão.

FIGURA 3 – VAZÃO X DOSE DE GRAFITE

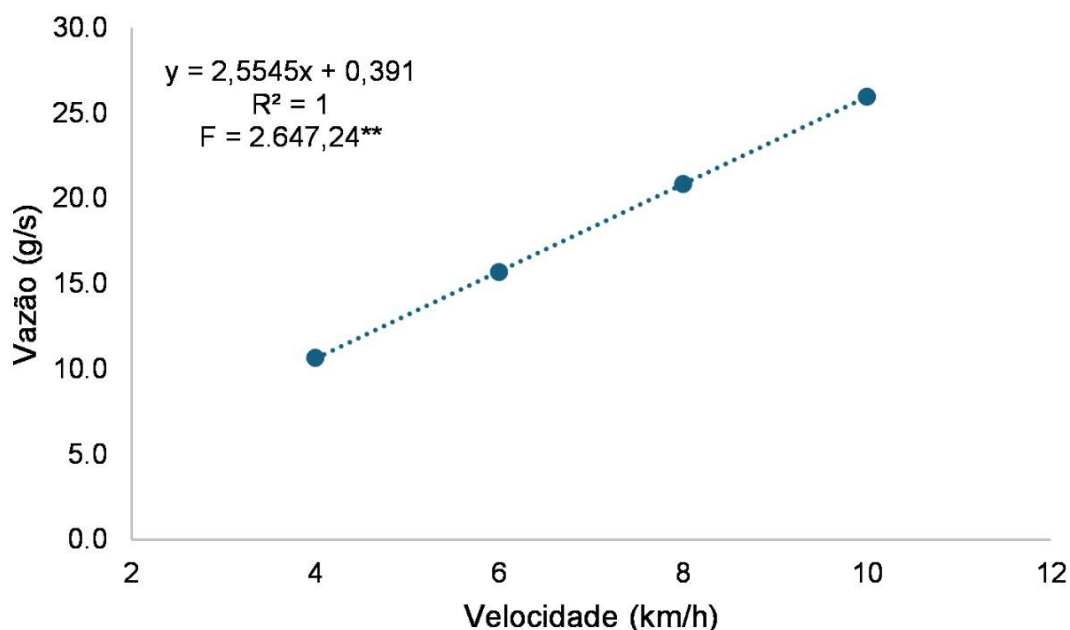


FONTE: O autor (2024)

Quando analisada a influência da velocidade na vazão do NPK, ficou evidenciado que, conforme o fator velocidade aumentava, a vazão do fertilizante também apresentava um padrão linear de aumento, já que o teste R^2 apresentou resultado igual a 1, conforme a FIGURA 4. Resultado similar a foi encontrado por

DE MENDONÇA (2023), para alguns formulados de NPK, onde a vazão aumenta conforme a velocidade é crescente.

FIGURA 4 – VAZÃO x VELOCIDADE

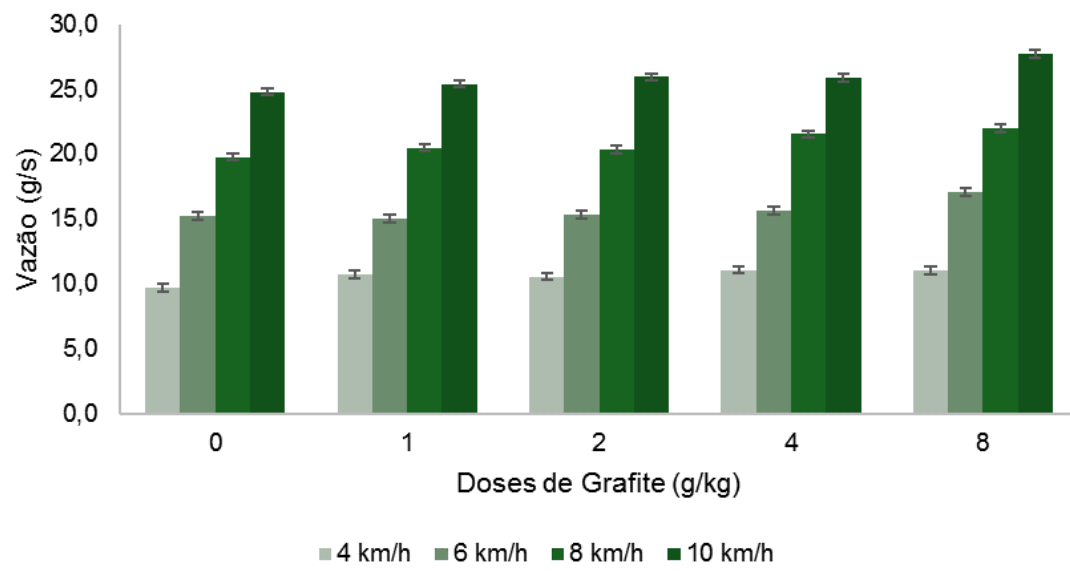


FONTE: O autor (2024)

Agora, ao cruzar os resultados da influência da velocidade de operação e da dose de lubrificante sólido na vazão do fertilizante, foi elucidado que a dose de grafite só apresenta efeito na vazão do fertilizante em maiores velocidades e também em doses mais elevadas. Para uma velocidade de 8 km/h, as doses de 4 e 8 g/kg de grafite influenciam a vazão; enquanto para a velocidade de 10 km/h, a dose de 8 g/kg foi a que apresentou o melhor resultado na vazão.

Isto acontece por que quando em menor velocidade a fluidez do NPK não é um fator limitante para a vazão do mesmo no momento da aplicação, já que com o sistema trabalhando em menor velocidade, há tempo para o fertilizante escoar e manter a vazão. Já em maiores velocidades quando o sistema dosador trabalha mais rápido, este consegue aplicar maiores doses de adubo, porém é necessário que o NPK escoe até o dosador helicoidal. E neste momento uma maior fluidez do produto, conferida pelo grafite, como mostrado por NEIVA (2021), é importante para que o dosador trabalhe sempre com capacidade do helicoidal completa, e assim, a vazão de aplicação consegue ser maior.

FIGURA 5 – VAZÃO x VELOCIDADE x DOSE DE GRAFITE



FONTE: O autor (2024)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a análise dos resultados obtidos, ficou evidente que o grafite possui a propriedade de melhorar a fluidez do fertilizante, o que, por sua vez, aumenta a sua vazão.

No entanto, para que essa melhoria na fluidez do NPK seja significativa durante a aplicação, o uso do grafite deve ser ajustado à velocidade de operação. Isso porque a eficácia do grafite foi observada apenas em velocidades de trabalho mais altas.

Além disso, constatou-se que as maiores doses de grafite (4 e 8 g/kg) resultaram no melhor desempenho da vazão do fertilizante.

A partir deste estudo, abre-se a possibilidade para novos experimentos práticos envolvendo a aplicação de fertilizantes granulados com o uso de grafite, como ensaios de campo, estudos de viabilidade econômica em fazendas e a análise do processo de mistura do grafite com o NPK em escala de aplicação.

6 REFERÊNCIAS

BARROS, José. Fertilidade do solo e Nutrição das plantas. 2020.

BARROS, Murilo Machado de. Avaliação de um sistema de distribuição de fertilizantes à taxa variável para a cultura do café. 2010.

BORGES, Ana Lúcia. Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2021.

BRASIL, 2022. <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/o-plano-nacional-de-fertilizantes>>.

BUENO, Miriam Pinheiro et al. Impasses da produção de fertilizantes no Brasil. Revista de Gestão e Secretariado, v. 14, n. 7, p. 11077-11091, 2023.

CEPEA/CNA - PIB do agronegócio mantém queda no segundo semestre, acumulando recuo de 3,5% em 2024 - Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 20 ago. 2024.

CNA -Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Taxa de câmbio e fertilizantes:efeitos na composição dos custos de produção de cana-de-açúcar. Brasília, 2022. Disponível em: <<https://cnabrasil.org.br/publicacoes/dependencia-do-mercado-externo-de-fertilizantes-expoe-produtores-de-cana-de-acucar-brasileiros-as-oscilacoes-de-precos-e-cambio>>

CONAB - 2023 - Planilhas de Custos de Produção <<https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao>>. Acesso em: 21/10/2024

CONTINI, Elisio; ALVES, ER de A. Tributo ao agro do Brasil. 2023.

CONTINI, Elisio; ARAGÃO, Adalberto. O Agro Brasileiro alimenta 800 milhões de pessoas. Brasília: Embrapa, 2021.

COSTA, Mariane C. da et al. Interference of operating speed and physical properties of granulated fertilizers with their deposition. Engenharia Agrícola, v. 42, p. e20210127, 2022.

DE MENDONÇA, William Santiago et al. A method for verifying the uniformity in fertilizer dispenser flow. Semina: Ciências Agrárias, v. 44, n. 3, p. 1067-1076, 2023.

DE OLIVEIRA, I. R. et al. Artigo revisão: Estabilização de suspensões aquosas contendo grafite. *Cerâmica*, v. 46, p. 186-195, 2000.

DE SOUSA, Djalma Martinhão Gomes; REIN, Thomaz A. Soil fertility evaluation and control for annual crops in the cerrado. 2011.

GASQUES, José Garcia et al. Produtividade total dos fatores na agricultura: Brasil e países selecionados. Texto para Discussão, 2022.

IFA - International Fertilizer Association – IFA. Medium-term Fertilizer Outlook 2023 – 2027. Disponível em: < <https://www.fertilizer.org/resource/public-summary-medium-term-fertilizer-outlook-2023-2027/>>.

LANASA, Paul J.; UPP, E. Loy. Fluid flow measurement: A practical guide to accurate flow measurement. Butterworth-Heinemann, 2014.

MACIEL, Leandro Moreira; DE TUNES, Lilian Vanussa Madruga. A importância dos fertilizantes para a agricultura The importance of fertilizers for agriculture. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 6, p. 58647-58658, 2021.

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

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2017) Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos. Brasília, DF. 240p.

NEIVA, Marcos Vinicius Cotta. Desempenho de mecanismos dosadores helicoidais com e sem adição de grafite agrícola ao fertilizante químico granulado. 2021.

NING, S. et al. Variable rate fertilization system with adjustable active feed-rolllength. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, v.8, n.4, p.19-26, 2015. Available from: <<https://www.ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/1644>>.

OGINO, Cristiane Mitie; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. Preços de fertilizantes impactando a produção agrícola brasileira. 2022.

PEREIRA, Caroline Nascimento; DE CASTRO, César Nunes. Expansão da produção agrícola, novas tecnologias de produção, aumento de produtividade e o desnível tecnológico no meio rural. Texto para Discussão, 2022.

PEREIRA, Hamilton Seron. Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados. *Revista visão agrícola*, v. 9, 2009.

QUINTAM, Carlos Paim Rifan; DE ASSUNÇÃO, Gervison Maico. Perspectivas e desafios do agronegócio brasileiro frente ao mercado internacional. *RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218*, v. 4, n. 7, p. e473641-e473641, 2023.

REYNALDO, Étore Francisco et al. Distribuição de fertilizantes a lanço em função da qualidade do insumo. ENERGIA NA AGRICULTURA, v. 31, n. 1, p. 24-30, 2016.

SANTOS, Flávia Cristina dos et al. Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo para o algodoeiro no Cerrado da Bahia. Revista Ceres, v. 59, p. 537-543, 2012.

SAVI, Daniel et al. Uso do grafite na distribuição de sementes de arroz com dosador de fluxo contínuo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 27, p. 64-69, 2022.

SILVA, Dayane Cristine et al. SEMEADURA DE MILHO DOCE EM DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE OPERAÇÃO. 2023.

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.

WANG, B. T. et al. Simulation and experimental study on impact of fluted-roller fertilizer key parameters on fertilizer amount. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, v.38, n.10, p.1-6, 2017.

ZIMMERMANN, Gabriel Ganancini et al. Distribution of granulated fertilizers in dispensers mounted with single and double helicoidal. Ciência Rural, v. 54, n. 6, p. e20220358, 2024.