

INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE FERTILIZANTES SÓLIDOS SOBRE A TAXA DE APLICAÇÃO EM DOSADOR HELICOIDAL

RAFAEL SOBROZA BECKER¹; AIRTON DOS SANTOS ALONÇO²; TIAGO RODRIGO FRANCETTO³; WAGNER ALEXANDRE SILVEIRA DA CRUZ⁴ E HENRIQUE EGUILHOR RODRIGUES⁵

Departamento de Engenharia Rural, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi, CEP: 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, e-mails: ¹rafaelsobrozabecker@gmail.com, ²airtonalonco@gmail.com, ³tiago.francetto@ufsm.br, ⁴wagnercasca@hotmail.com, ⁵henrique_eguilhor@hotmail.com.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das características físicas de três tipos de fertilizantes sobre a taxa de aplicação. Os testes em bancada foram realizados com um dosador do tipo helicoidal cujo acionamento foi via motor elétrico, sendo a alteração e o controle da rotação realizados por um inversor de frequência. Os fertilizantes foram classificados como mistura granular, de grânulos e farelada, sendo determinadas algumas de suas propriedades físicas. A taxa de aplicação, g min⁻¹, foi realizada através da mensuração da massa de produto coletada num intervalo de 30 segundos. O experimento foi executado para fins estatísticos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em um arranjo bifatorial (tipo de fertilizante e rotação de acionamento), com cinco repetições. Os resultados mostraram que ocorreu diferença estatística entre os três tipos de fertilizantes, evidenciando que, quanto maior a densidade maior será seu fluxo mássico para a mesma regulagem, com uma diferença de 55,1 % do fertilizante farelado para o granular. A taxa de aplicação média é diretamente proporcional a rotação de acionamento, podendo ser estimada através de uma equação de regressão linear. Desta maneira, conclui-se que na regulagem de distribuidores de fertilizantes, o fluxo mássico deve ser verificado quando houver qualquer alteração das características físicas dos fertilizantes utilizados.

Palavras-chave: Máquinas agrícolas, semeadora-adubadora, medição, eficiência.

INFLUENCE OF PHYSICAL CHARACTERISTICS OF SOLID FERTILIZERS ON THE RATE OF APPLICATION IN HELICAL DOSING MECHANISM

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the influence of the physical characteristics of three types of fertilizers on the application rate. The bench tests were performed with a helical dosing mechanism driven by an electric motor, with the rotation being altered and controlled by a frequency inverter. The fertilizers were classified as granular mixture, granules, and crumbled, and some of their physical properties were determined. The application rate, g min⁻¹, was performed by measuring the mass of the collected product in an interval of 30 seconds. The experiment was performed for statistical purposes in a completely randomized design (DIC), in a bifactorial arrangement (fertilizer type and drive rotation), with five replications. The results showed that there was a statistical difference between the three types of fertilizers, evidencing that the higher the density, the higher its mass flow will be for the same regulation, with a difference of 55.1% from the crumbled fertilizer to the granular. The average application rate is directly proportional to the drive rotation and it can be estimated using a linear regression equation. Thus, it is concluded that in the regulation of fertilizer distributors, the mass flow should be verified when it occurs there is any changes in the physical characteristics of the fertilizers used.

Keywords: Agricultural machinery, row crop planter, measurement, efficiency.

1 INTRODUÇÃO

O adequado crescimento e desenvolvimento das plantas são dependentes da absorção correta de nutrientes, resultante da disponibilidade desses nutrientes no solo e da suplementação exata por meio da aplicação de fertilizantes. Para isso, o consumo destes pode aumentar de 166 milhões de toneladas em 2005/2007 para 263 milhões de toneladas em 2050 (ALEXANDRATOS, BRUINSMA, 2013). Contudo, o acréscimo na demanda e a diminuição das reservas de matérias primas, as quais são utilizadas em sua composição, têm ocasionado um incremento dos custos de aquisição, tornando-se um importante fator na tomada de decisões no planejamento agrícola.

Os fertilizantes podem ser definidos como substâncias sólidas, líquidas ou gasosas contendo um ou mais nutrientes. Eles são aplicados no solo, diretamente na planta (folhas) ou adicionados a soluções aquosas a fim de manter a fertilidade do solo, melhorar o desenvolvimento, rendimento ou qualidade da cultura (INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION, 2019).

Existem razões agrônômicas, ambientais e econômicas pelas quais os fertilizantes devem ser aplicados com precisão e na correta quantidade na lavoura. Atualmente, evitar a aplicação incorreta de fertilizantes é uma grande preocupação para os agricultores, desenvolvedores de máquinas e para o setor agrícola em geral (MARCAL; CUNHA, 2019). Além disso, é amplamente reconhecido que o manejo inadequado de fertilizantes é a principal razão para seu uso/consumo em excesso (SMITH, SICILIANO, 2015).

Para a deposição de fertilizantes na linha de semeadura, destacam-se as semeadoras-adubadoras, as quais possuem mecanismos de dosagem, compostos por dosadores de fluxo contínuo, sendo os do tipo helicoidais os mais utilizados. Tais mecanismos apresentam diferenças de disposições construtivas, podendo assim ser encontrados no mercado brasileiro nas mais diversas opções. Contudo apesar da tecnologia empregada, podem ocorrer variações de até 38% na taxa de aplicação, em decorrência das especificidades de cada dosador, do grau de inclinação ou

devido a diferenças na formulação do fertilizante utilizado (REYNALDO, GAMERO, 2015). Os estudos de Bonotto et al. (2013) demonstraram que o desempenho de todos os mecanismos dosadores de fertilizantes avaliados, foi insatisfatório quanto à distribuição longitudinal independentemente da dose ou tipo aplicado.

As diversas classificações quanto a natureza física dos fertilizantes são realizadas com a utilização de uma sequência de peneiras de diâmetros conhecidos. A porcentagem de material retido em cada peneira é o que definirá a sua classificação granulométrica. A categorização física apresenta interferência sobre a fluidez, que por sua vez está relacionada com a capacidade de escoamento do material, e pode influenciar a eficiência da aplicação. Essa propriedade pode ser avaliada pelo parâmetro do ângulo de repouso, quanto menor for esse ângulo, melhor será a capacidade de escoamento do material (RODELLA; ALCARDE, 2000; MOLIN, 2009).

Segundo Milan e Gadanha Junior (1996), o ângulo de repouso depende de particularidades do produto, como densidade, forma das partículas, granulometria e umidade. Ainda segundo os autores, materiais com este parâmetro menor que 40° apresentam boas características de escoamento e acima de 50° têm um baixo índice de fluidez, o que pode prejudicar a sua aplicação.

Alguns fatores poderão influenciar diretamente na precisão dos dosadores de fertilizantes, como: disposição construtiva do dosador, inclinação do conjunto, nível do reservatório, densidade, granulometria, ângulo de repouso, teor de água, tipo de helicóide, velocidade de deslocamento e rotação de acionamento. As correlações dos fatores de influência poderão fazer com que a amplitude de distribuição assumam valores elevados, prejudicando a qualidade de deposição.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência das características físicas de três tipos de fertilizantes sólidos sobre a taxa de aplicação em função da rotação de acionamento do dosador helicoidal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG), vinculado à Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria, depressão central do estado do Rio Grande do Sul.

Para realização do trabalho, foi utilizada uma bancada para testes e ensaios com dosadores de fertilizantes denominada BANFERTI II. A mesma foi desenvolvida de forma a possibilitar ensaios previstos pela norma International Organization for Standardization (ISO) 5690/2 (1984).

O acionamento do dosador foi realizado por um motor elétrico de 0,735 kW, acoplado a um redutor, com relação de transmissão de 10:1. Para alteração e controle das velocidades angulares de acionamento, a bancada contou com um inversor de frequência Weg® CFW 08, com entrada monofásica de 200 a 240 Volts (V). Por meio da alteração da rotação de acionamento, foi possível atingir as diferentes taxas de aplicação, a qual é expressa em g min-

1 e representa a relação entre a distribuição do fertilizante (em unidade de massa, g) e o tempo de aplicação (min).

O mecanismo dosador utilizado foi do tipo helicoidal com passo de 25,4 mm, com descarga de fertilizante por transbordo transversal da marca Fertisystem®.

Os fertilizantes utilizados no experimento foram do tipo minerais, multinutrientes, ou seja, são formulados a partir da mistura de três macronutrientes (N, P, K), sendo eles: mistura granular (5-20-20), mistura de grânulos (5-20-20) e farelado (00-30-15).

Para a análise granulométrica, foi coletada uma massa conhecida (amostra) para cada tipo de fertilizante, as mesmas foram passadas por uma sequência de peneiras de diâmetros conhecidos. De posse dos dados da pesagem do material que ficou retido em cada peneira e relacionando-os com a massa total, definiu-se a classificação granulométrica conforme a Instrução normativa Nº 46, de 2016, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), Tabela 1.

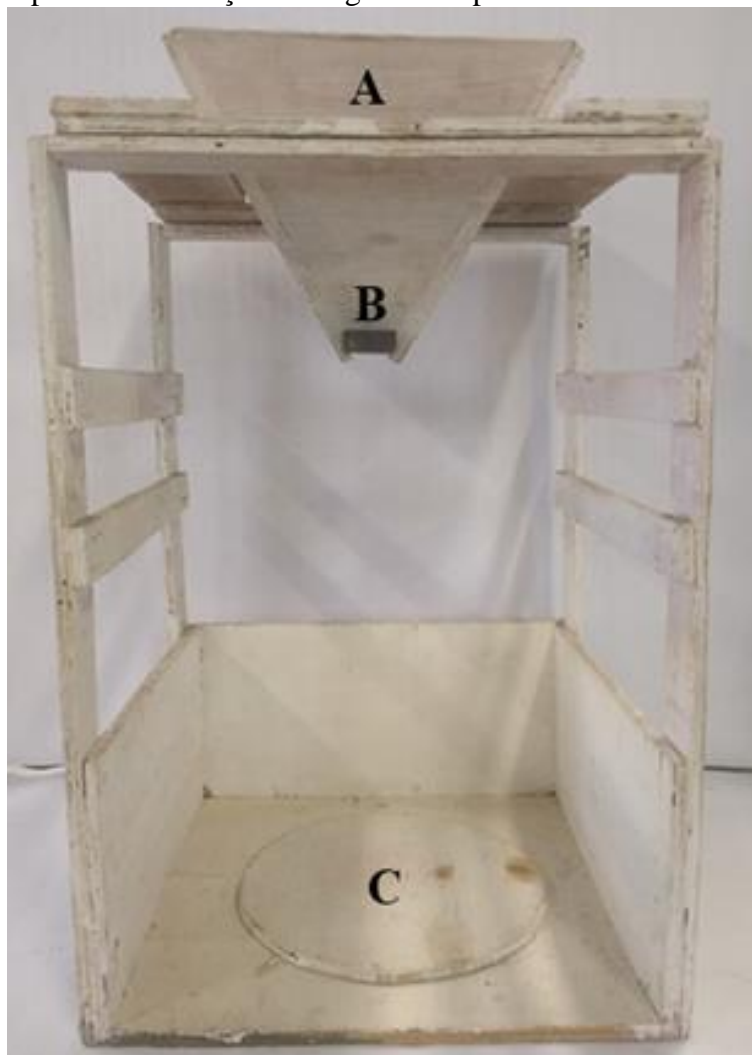
Tabela 1. Análise granulométrica dos fertilizantes minerais utilizados.

Peneira (mm)*	Fertilizantes		
	Mistura Granular	Mistura de Grânulos	Farelado
Porcentagem Retida na Peneira (%)			
4,00	21,69	4,05	0,00
2,00	72,92	76,54	0,27
1,19	3,01	11,27	1,25
1,00	0,68	1,73	3,11
0,84	0,41	0,91	2,47
0,50	0,72	2,60	25,08
Fundo	0,57	2,90	67,83
TOTAL	100	100	100

Nota: *A escolha das peneiras se deu pela disponibilidade das mesmas na instituição. **Fonte:** Autor (2021).

Para a análise do ângulo de repouso, foi utilizado um dispositivo (Figura 1), que apresentava um reservatório em formato de funil para o escoamento do fertilizante (A), mecanismo de controle de descarga (B) e base

plana, local onde foi depositado o material após ser liberado de uma altura fixa (C). Foi utilizada uma quantidade mássica de 4 kg para cada tipo de fertilizante estudado.

Figura 1. Dispositivo para determinação do ângulo de repouso.

Fonte: Autor (2021).

Após a descarga, a determinação do ângulo de repouso foi realizada através da análise das imagens fotográficas processadas através do software AutoCAD® (Computer Aided Design) 2018.

O porcentual de água dos fertilizantes foi mensurado por meio da coleta de amostras de massa previamente conhecidas, que foram mantidas em estufa a 105° C por 24h. Após esse tempo, a massa foi determinada e o teor de água

calculado subtraindo a massa úmida da seca e o produto dividido pela massa seca.

Já a densidade aparente foi mensurada por meio do cálculo da razão entre a massa de fertilizante por unidade de volume. A mesma foi determinada com auxílio de uma proveta volumétrica e uma balança semianalítica com resolução centesimal.

As propriedades físicas dos três tipos de fertilizantes podem ser visualizadas na Tabela 2.

Tabela 2. Propriedades físicas dos fertilizantes.

Propriedade Física	Fertilizantes		
	Mistura Granular	Mistura de Grânulos	Farelado
Densidade (g cm ⁻³)	0,97	1,02	1,11
Ângulo de repouso (graus)	31,01	30,47	32,15
Teor de água (%)	1,78	4,78	3,12

Fonte: Autor (2021).

Com o objetivo de eliminar o efeito do nível de reservatório sobre a dosagem de fertilizantes para todas as coletas de dados, o reservatório foi preenchido com 50% de sua capacidade.

A determinação da taxa de aplicação (g min^{-1}) foi realizada por meio da mensuração da massa de fertilizantes coletada num intervalo de 30 segundos após a estabilização do sistema (FERREIRA et al., 2010; FRANCK et al., 2015). A coleta do fertilizante foi realizada manualmente em um recipiente, logo após a liberação pelo dosador. Com isso, ao aferir a massa obtida, obteve-se o fluxo de massa fornecido. Para o controle do tempo nas coletas manuais de dados, foi utilizado um cronômetro digital da marca LiveUp, modelo LS3193. Para a mensuração da massa de fertilizantes coletada, foi utilizada uma balança digital com resolução decimal da marca Kitchen Scale, modelo SF-400.

Foram selecionadas e usadas dez rotações de acionamento do dosador, sendo elas: 11,09; 22,25; 32,14; 41,98; 51,76; 61,61; 71,53; 81,38; 91,31 e 101,33 rpm. As mesmas

foram alteradas através do inversor de frequência, cada uma correspondeu a uma determinada taxa de aplicação para os distintos tipos de fertilizante utilizados. As escolhas das taxas pré-estabelecidas levaram em consideração as recomendações mais usuais das doses de aplicação de fertilizantes.

O experimento foi analisado a partir de um delineamento inteiramente ao acaso (DIC), em arranjo bifatorial 3×10 , com cinco repetições. O primeiro fator foi o tipo de fertilizante com 3 níveis e o segundo fator foi a rotação de acionamento do dosador, com 10 níveis. Para a análise estatística, fez-se o uso do software SISVAR® versão 5.7.

3 RESULTADOS

A análise de variância (ANOVA) da variável taxa de aplicação, com sua respectiva média, níveis e resultados do teste F, são apresentados na Tabela 3. Foi observada normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias.

Tabela 3. Análise de variância com as médias, seus níveis e os resultados do teste F.

Fatores	Variável
	Taxa de aplicação (g 30s ⁻¹)
TIPO DE FERTILIZANTE	
Mistura Granular	460,96 a
Mistura de Grânulos	566,92 b
Mistura Farelada	1025,56 c
ROTAÇÃO DE ACIONAMENTO (rpm)	
11,09 (R1)	131,20 a
22,25 (R2)	252,93 b
32,14 (R3)	365,46 c
41,98 (R4)	483,33 d
51,76 (R5)	625,66 e
61,61 (R6)	734,80 f
71,53 (R7)	862,00 g
81,38 (R8)	993,66 h
91,31 (R9)	1128,80 i
101,33 (R10)	1266,93 j
CV e MG	
Coefficiente de variação (CV) (%)	1,00
Média geral (MG)	684,48
TESTE F	
Tipo de fertilizante (F1)	95380,80*
Rotação de acionamento (F2)	46047,93*
F1 x F2	2650,76*

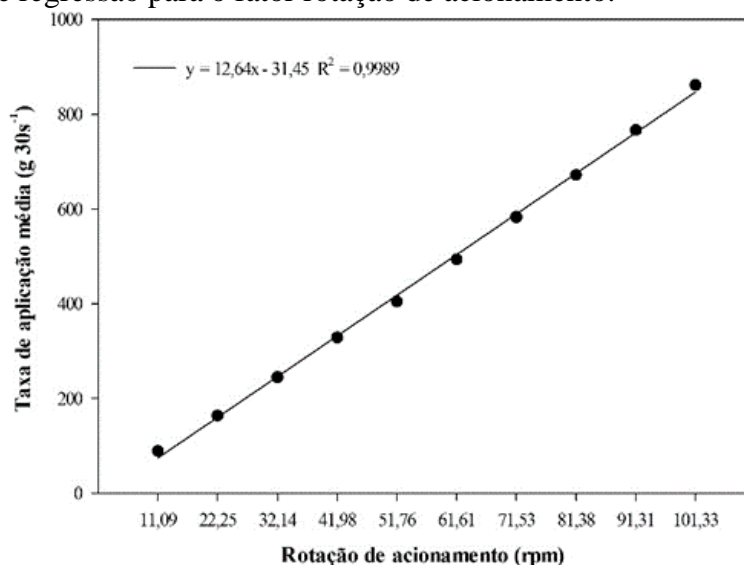
Nota: Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si no teste de Scott-Knott ($p < 0,005$). *: significativo ($p < 0,05$); **Fonte:** Autor (2021).

Todos os fatores em estudo apresentaram influência significativa para a variável taxa de aplicação, ao nível de 5% de probabilidade. Além disso, ocorreu interação entre os fatores, ou seja, o efeito ou mudança em um irá influenciar significativamente o outro.

Ao analisar o fator tipo de fertilizante, é possível verificar a diferenciação estatística

entre os três tipos utilizados, evidenciando que quanto maior a densidade do fertilizante maior será a seu fluxo mássico para a mesma regulagem, ao passo de 55,15 % do fertilizante farelado para o fertilizante granular.

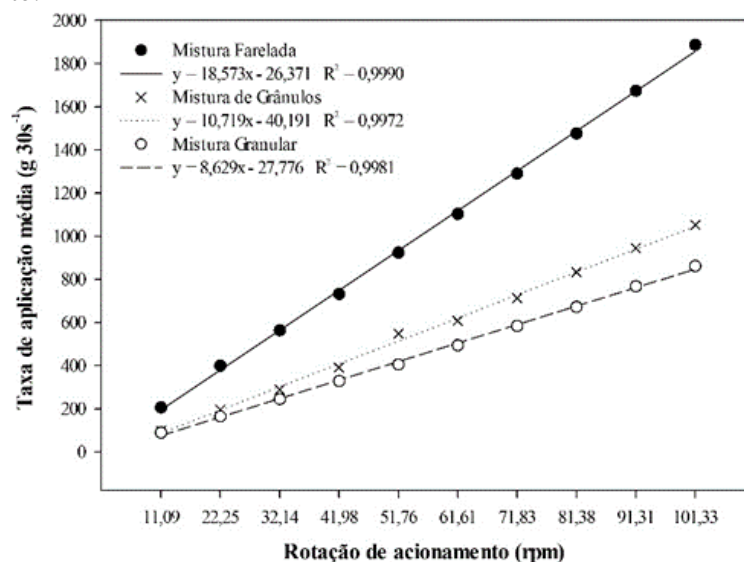
Na Figura 2 é apresentada a análise de regressão para o fator rotação de acionamento.

Figura 2. Análise de regressão para o fator rotação de acionamento.

Fonte: Autor (2021).

A taxa de aplicação média é diretamente proporcional a rotação de acionamento, podendo ser determinada através de uma equação de regressão linear com grau de determinação de 99,89 %.

A análise de regressão do fator rotação dentro de cada tipo de fertilizante pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3. Regressões do fator rotação de acionamento dentro de cada nível do fator tipo de fertilizante.

Fonte: Autor (2021).

Para todos os fertilizantes, foi possível definir uma equação de regressão linear com alto coeficiente de determinação. A taxa de aplicação foi influenciada pela densidade do material e pela rotação de acionamento, outrossim, a amplitude da taxa de aplicação do fertilizante mistura de grânulos para o fertilizante mistura granular pode ter sofrido

influência do teor de água presente nos mesmos, à proporção de 4,78 e 1,78 %, respectivamente.

Também, é possível observar que o fertilizante mistura de grânulos possui o menor valor de ângulo de repouso, o que indica melhor fluidez das partículas constituintes, que atrelado a uma densidade superior ao

fertilizante mistura granular, condicionou um aumento em sua taxa de aplicação.

4 DISCUSSÃO

O coeficiente de variação obtido foi de 1,00 %, indicando uma baixa magnitude ($CV < 10\%$), de acordo com o critério estabelecido por Gomes (1990). Aferindo uma alta precisão experimental na obtenção da variável resposta e alta homogeneidade dos dados obtidos.

Em seus testes, Franck (2014) obteve a maior taxa de aplicação com o fertilizante mistura farelada, pois este possuiu a maior densidade entre os fertilizantes estudados. Já a menor se deu com a utilização do fertilizante mistura de grânulos, pois o mesmo apresentou o menor ângulo de repouso entre os demais. Segundo Rodella e Alcarde (2000), a densidade é a relação da massa de um material com o volume que este ocupa. Esta característica é importante para determinação da capacidade de vazão dos dosadores.

Com isso, observou-se que a rotação é o principal fator de regulagem de fluxo de fertilizantes em mecanismos dosadores helicoidais, corroborando com os resultados encontrados por Martins (1999), que indicaram que a vazão nesse tipo de mecanismo dosador é determinada pela velocidade de acionamento (rotação), apresentando correlação linear.

Modelos matemáticos foram propostos para desenvolver estratégias no desenvolvimento de sistemas de controle eletrônicos a fim de reduzir a imprecisão na dosagem de fertilizantes, onde a correção da taxa de aplicação é realizada por meio da rotação de acionamento (FRANCK et al., 2015; GARCIA; CAPPELLI; UMEZU, 2012).

Para uma mesma rotação regulada, é possível verificar a amplitude da diferença na taxa de aplicação entre os fertilizantes estudados, estes dados corroboram com Schneider *et al.* (2005), que verificaram que a aplicação de fertilizantes ocorreu de maneira

imprecisa. Em seus estudos, os autores utilizaram diversos tipos de fertilizantes que apresentavam diferentes propriedades físicas, e observaram que a taxa de aplicação depende do tipo de fertilizante utilizado, sendo a mesma influenciada pela diferença das propriedades físicas dos fertilizantes, incidindo a necessidade de se regular o sistema dosador conforme a formulação usada.

Na rotação de 51,76 rpm, observa-se uma maior taxa para o fertilizante farelado que na rotação de 101,33 rpm para o fertilizante granular, este fato ocorre, pois, a densidade dos mesmos é diferenciada ao passo de 1,11 e 0,97 g cm³, respectivamente.

No contexto da agricultura de precisão, os resultados comprovam o quanto é necessário o desenvolvimento de sistemas que possibilitem a estimativa da taxa de aplicação para corrigir a rotina de dosadores, uma vez que a alteração manual da regulagem de semeadoras-adubadoras para cada diferença granulométrica do insumo torna o processo inviável na aplicação à taxa variável.

5 CONCLUSÕES

Quanto maior a densidade do fertilizante, mais elevado será o seu fluxo mássico para a mesma regulagem de rotação.

A taxa de aplicação média é diretamente proporcional a rotação de acionamento, podendo ser determinada por meio de uma equação de regressão linear.

O fluxo mássico deverá ser verificado e regulado quando houver qualquer alteração das características físicas dos fertilizantes utilizados a fim de garantir a taxa de aplicação necessária.

6 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro ao projeto.

7 REFERÊNCIAS

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision**. Rome: FAO, 2012. (ESA Working Paper n. 12-03). Disponível em:

http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/Global_perspectives/world_ag_2030_50_2012_rev.pdf. Acesso em: 22 maio 2020.

BONOTTO, G. J.; ALONÇO, A. S.; BEDIN, P. R.; ALTMANN, A. S.; MOREIRA, L. J. Distribuição longitudinal de fertilizantes por dosadores de semeadoras adubadoras em linhas. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 21, n. 4, p. 368-378, 2013. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v21i4.405>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/364/274>. Acesso em: 16 nov. 2020.

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. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 18, n. 4, p. 297-304, jul./ago. 2010. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v18i4.234>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/213/167>. Acesso em: 18 nov. 2020.

FRANCK, C. J.; ALONÇO, A. S.; MACHADO, O. C.; FRANCETTO, T. R.; CARPES, D. P.; BELLÉ, M. P. Modelos estatísticos para seleção de dosadores helicoidais com diferentes dispositivos de descarga de fertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 5, p. 512-518, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p512-518>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/34rXKRNg6jJ3GWKSSDXB4DN/?lang=pt>. Acesso em: 16 nov. 2020.

FRANCK, C. J. **Modelagem matemática para dosadores de fertilizantes por delineamento composto central rotacional**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

GARCIA, A. P.; CAPPELLI, N. L.; UMEZU, C. K. Auger-type granular fertilizer distributor: mathematical model and dynamic simulation. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 151-163, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000100016>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/9MzyX3SNmPHDK3rPYYDPLMg/?lang=en>. Acesso em: 18 nov. 2020.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990.

INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION. **What are Fertilizers?** Paris, FR. IFA, 2019. Disponível em: https://www.fertilizer.org/Public/About_Fertilizers/Public/About_Fertilizers/What_are_Fertilizers.aspx. Acesso em: 27 jan. 2020.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5690/2**: Equipment for distributing fertilizers - Test methods - Part 2: Fertilizer distributors in lines. Genebra: ISO, 1984.

MARCAL, A. R. S.; CUNHA, M. Development of an image-based system to assess agricultural fertilizer spreader pattern. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 162, p. 380-388, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.04.031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169918308950?via%3Dihub>. Acesso em: 24 out. 2020.

MARTINS, M. M. **Desenvolvimento de um dosador helicoidal visando sua utilização em equipamentos de aplicação localizada de fertilizantes sólidos**. 1999. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

MILAN, M.; GADANHA JÚNIOR, C. D. Ensaio e certificação de máquinas para aplicação de fertilizantes e corretivos. *In*: MIALHE, L. G. (org.). **Máquinas agrícolas: Ensaio e certificação**. Piracicaba: Shekinah, 1996. p. 515-550.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 46, de 22 de novembro de 2016. Regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF. seção 1, ed. 234, 4 p., dez. 2016.

MOLIN, J. P.; MACHADO, T. M.; MAGALHAES, R. P.; FAULIN, G. D. C. Segregação de fertilizantes aplicados a lanço. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP. v. 29, n. 4, p. 614-622, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000400011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/5fGh8sxWvLrxpHt78VPJ6fC/?lang=pt>. Acesso em: 24 out. 2020.

REYNALDO, E. F.; GAMERO, C. A. Avaliação de mecanismos dosadores de fertilizantes helicoidais em ângulo de nivelamento longitudinal e transversal. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 2, p. 125-136, 2015. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2015v30n2p125-136>. Disponível em: https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/1049/pdf_28. Acesso em: 24 out. 2020.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. Requisitos de qualidade física e química de fertilizantes minerais. *In*: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 59-78.

SCHNEIDER, P. A.; FEY, E.; ORLANDO, A. F.; PIVETTA, L. A.; FURLAN, F.; DALLABRIDA, W. R. Distribuição de adubos de diferentes fórmulas em mecanismos dosadores de semeadoras-adubadoras. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 34., 2005, Canoas. **Anais [...]**. Canoas: ULBRA, jul. 2005.

SMITH, L. E. D.; SICILIANO, G. A comprehensive review of constraints to improved management of fertilizers in China and mitigation of diffuse water pollution from agriculture. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 209, p. 15-25, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.02.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880915000717?via%3Dihub>. Acesso em: 24 out. 2020.