



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS DE CURITIBANOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
CURSO DE AGRONOMIA

Murilo Aquilino Furlan

**SEGREGAÇÃO DE FERTILIZANTE MINERAL FORMULADO EM PROTÓTIPO  
DE SEMEADORA-ADUBADORA**

CURITIBANOS

2022

MURILO AQUILINO FURLAN

**SEGREGAÇÃO DE FERTILIZANTE MINERAL FORMULADO EM PROTÓTIPO  
DE SEMEADORA-ADUBADORA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Rurais, da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Neilor Bugoni Riquetti

CURITIBANOS

2022

Ficha de identificação da obra elaborado pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática de Biblioteca Universitária da UFSC

Furlan , Murilo Aquilino  
Segregação de fertilizantes minerais do formulado em  
protótipo de semeadora-adubadora / Murilo Aquilino Furlan  
; orientador, Neilor Bugoni Riquetti , 2022.  
35 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2022.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Segregação de fertilizante formulado .  
3. Protótipo de semeadora-adubadora. 4. Fertilizantes  
mineral formulado . 5. Diferentes vibrações. I. Bugoni  
Riquetti , Neilor . II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia**  
Rodovia Ulysses Gaboardi km3  
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC  
TELEFONE (048) 3721-4174 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

---

MURILO AQUILINO FURLAN

**Segregação De Fertilizante Mineral Formulado Em Protótipo De Semeadora-  
Adubadora.**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitibanos, 15 de julho de 2022.

---

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**



Documento assinado digitalmente  
NEILOR BUGONI RIQUETTI  
Data: 18/07/2022 15:34:33-0300  
CPF: 059.988.849-06  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Neilor Bugoni Riquetti  
Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
DJALMA EUGENIO SCHMITT  
Data: 18/07/2022 10:00:33-0300  
CPF: 050.180.539-76  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Djalma Eugênio Schmitt  
Membro da banca examinadora  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
Douglas Adams Weiler  
Data: 18/07/2022 10:43:25-0300  
CPF: 008.111.820-10  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

Prof. Dr. Douglas Adams Weiler  
Membro da banca examinadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus por ter iluminado o meu caminho para que meus objetivos dentro da instituição sejam alcançados.

Em especial a meus pais Marildo e Maristela por todo o carinho, esforços e apoio firmemente nas minhas escolhas não permitindo que eu desistisse. Aos meus familiares que sempre estavam presentes em amparar e incentivar em momentos difíceis.

Aos meus amigos e colegas que contribuíram durante o período de graduação. Em especial ao grupo de trabalho composto por Angela Sofia Radzinski, Arthur Vinícios Chiamulera, Beatriz Nogatz e Denner Christopher Espig por este pequeno período de faculdade não fez só amigos, mas sim irmãos, pois cada momento junto foi de extrema alegria.

Agradeço aos professores que sempre estavam à disposição ajudar e contribuir para melhor aprendizado durante a graduação. Também agradeço a instituição de ensino por ter me dado a chance e todas as ferramentas que permitiram chegar hoje ao final desse ciclo.

Deixo um agradecimento todos os integrantes Grupo de Estudos de Solos em Ecossistema de Altitude (GESEA) ministrada pelo professor Dr. Djalma Eugênio Schimitt. Promoveu um ganho de conhecimento na área solos durante este período de graduação.

Agradeço a instituição SENAI em especial ao engenheiro e professor Paulo Lemes por auxiliar no projeto com ideias e equipamento para a realização do devido experimento.

Em especial professor Dr. Neilor Bugoni Riquetti que aceitou ser o orientador do referente TCC, apresentando toda atenção, dedicação e esforço para a conclusão do trabalho, já que pessoas deste nível são raríssimas e valiosas.

Muito obrigado a todos!

## RESUMO

Com o avanço da agricultura, os fertilizantes minerais surgiram como forma de suprir partes das exigências nutricionais das plantas e do solo. Os fertilizantes minerais são comercializados normalmente pela mistura de grânulos, apresentando dois ou três grânulos diferentes na mistura. Durante o processo de transporte e aplicação pode ocorrer o processo de segregação, que é a separação das partículas por tamanho e densidade, gerando desuniformidade na aplicação e, conseqüentemente interferindo na produtividade da lavoura. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo quantificar as variações na formulação 0-30-20 de PK inicial conforme ocorre o esvaziamento do reservatório da semeadora em diferentes níveis de vibração. O experimento foi conduzido na fazenda experimental agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Curitibanos, no período novembro de 2021 a março de 2022. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizados, em arranjo fatorial 3 x 5, sendo três vibrações ( $38,1 \text{ mms}^{-1}$ ,  $31 \text{ mms}^{-1}$  e  $20,5 \text{ mms}^{-1}$ ) e cinco níveis (100%, 75%, 50%, 25% e 1%) da capacidade do reservatório, com três repetições. Os parâmetros avaliados foram: quantificação dos grânulos de KCl e SFT em cada nível, comparação da formulação inicial com os demais níveis, granulometria de cada nível de variação vibração do equipamento. Com base nos resultados obtidos, a vibração de  $38,1 \text{ mms}^{-1}$  apresentou segregação significativa após o reservatório esvaziar até a capacidade de 25%, originando uma formulação PK 0-26-26. Na vibração de  $31 \text{ mms}^{-1}$  a segregação dos grânulos ocorre na parte final do reservatório (1%) formando uma formulação de 0-27-24. A vibração de  $20,5 \text{ mms}^{-1}$  não resultou em segregação significativa da formulação.

**Palavras-chaves:** Segregação, vibração, grânulos, fertilizante mineral formulado.

## ABSTRACT

With the advancement of agriculture, mineral fertilizers emerged as a way to supply parts of the nutritional requirements of plants and soil. Mineral fertilizers are normally marketed by mixing granules, with two or three different granules in the mixture. During the transport and application process, the segregation process can occur, which is the separation of particles by size and density, generating non-uniformity in the application and, consequently, interfering with the productivity of the crop. Therefore, the present study aims to quantify the variations in the initial PK 0-30-20 formulation as the seeder reservoir is emptied at different vibration levels. The experiment was conducted at the experimental agricultural farm of the Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Curitibanos, from November 2021 to March 2022. The design used was completely randomized, in a 3 x 5 factorial arrangement, with three vibrations ( $38.1 \text{ mms}^{-1}$ ,  $31 \text{ mms}^{-1}$  and  $20.5 \text{ mms}^{-1}$ ) and five levels (100%, 75%, 50%, 25% and 1%) of the reservoir capacity, with three replications. The parameters evaluated were: quantification of KCl and SFT granules at each level, comparison of the initial formulation with the other levels, granulometry of each level of vibration variation of the equipment. Based on the results obtained, the vibration of  $38.1 \text{ mms}^{-1}$  showed significant segregation after the reservoir was emptied to 25% capacity, resulting in an PK 0-26-26 formulation. In the vibration of  $31 \text{ mms}^{-1}$  the segregation of the granules occurs in the final part of the reservoir (1%) forming a formulation of 0-27-24. The vibration of  $20.5 \text{ mms}^{-1}$  did not result in significant segregation of the formulation.

**Keywords:** Segregation vibration, granules, formulated mineral fertilizer.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Peças e componentes do protótipo montado para avaliação da segregação do fertilizante formulado..... | 23 |
|--|----|

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1: Materiais e equipamentos para a confecção do protótipo.....   | 21 |
| Tabela 2: Análise de variância (Quadrados Médios) para características quantidade de SFT (Superfosfato triplo) e KCl (Cloreto de potássio) dentro de cada nível (N) de rebaixamento da caixa de fertilizante para três diferentes vibrações no tratamento (T) ..... | 26 |
| Tabela 3: Médias em gramas de grânulos de KCl e SFT das amostras de 100g coletadas em diferentes níveis dentro de cada vibração.....  | 27 |
| Tabela 4: Porcentagem (%) dos grânulos de KCl e SFT retidos em cada peneira dentro de cada nível em vibração de 38,1 mms <sup>-1</sup> .....  | 29 |
| Tabela 5: Porcentagem (%) dos grânulos de KCl e SFT retidos em cada peneira dentro de cada nível em vibração de 31 mms <sup>-1</sup> .....  | 29 |
| Tabela 6: Porcentagem (%) dos grânulos de KCl e SFT retidos em cada peneira dentro de cada nível em vibração de 20,5mms <sup>-1</sup> .....   | 30 |

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

PIB – Produto Interno Bruto

NPK – Nitrogênio, Fosforo, Potássio

Ca – Cálcio

N – Nitrogênio

S – Enxofre

Zn – Zinco

$K_2O$  – Óxido de Potássio

$P_2O_5$  - Pentóxido de Fósforo

KCl – Cloreto de Potássio

SFT – Superfosfato Triplo

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

% - Porcentagem

Kg – Quilograma

g - Gramas

L – Litros

m – Metros

cm – Centímetros

mm – Milímetros

Nº - Numero

Kg m<sup>-3</sup> – Quilograma por metro cubico

g cm<sup>-3</sup> – Gramas por centímetro cubico

mm/s – Milímetro por segundo

cc – Cilindradas

rpm – Rotações por minuto

cv – Cavalo de força

## Sumário

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| <b>1.</b> | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                               | 12 |
| 1.1       | OBJETIVOS .....                                       | 14 |
| 1.1.1     | <b>Objetivo Geral</b> .....                           | 14 |
| 1.1.2     | <b>Objetivo Específico</b> .....                      | 14 |
| 1.2       | JUSTIFICATIVA .....                                   | 14 |
| <b>2.</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....                      | 15 |
| 2.1       | IMPORTÂNCIA DA CORRETA FERTILIZAÇÃO DO SOLO .....     | 15 |
| 2.2       | CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS FERTILIZANTES .....       | 15 |
| 2.3       | SEGREGAÇÃO DE FERTILIZANTES MINERAIS .....            | 16 |
| 2.4       | SEGREGAÇÃO EM DIFERENTES FORMULAÇÕES .....            | 17 |
| <b>3</b>  | <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                       | 19 |
| 3.1       | ÁREA EXPERIMENTAL .....                               | 19 |
| 3.2       | FERTILIZANTE MINERAL .....                            | 19 |
| 3.3       | CONFECÇÃO DO EQUIPAMENTO .....                        | 20 |
| 3.4       | MEDIDOR DE VIBRAÇÃO .....                             | 22 |
| 3.5       | AMOSTRAGEM.....                                       | 23 |
| 3.6       | AVALIAÇÃO DAS AMOSTRAS.....                           | 23 |
| 3.7       | DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA ..... | 24 |
| <b>4.</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....                   | 25 |
| 4.1       | SEGREGAÇÃO DOS GRÂNULOS .....                         | 25 |
| 4.2       | GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS .....                      | 27 |
| <b>5.</b> | <b>CONCLUSÃO</b> .....                                | 30 |
|           | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                              | 31 |

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil vem atingindo novos recordes de produtividade de grãos no decorrer dos anos. O cultivo de grãos é importante tanto economicamente quanto socialmente, respondendo por grande percentual do Produto Interno Bruto (PIB) e pela geração de empregos diretos e indiretos. Tudo isso apoiado pelas pesquisas e extensão rural responsáveis pela modernização da agricultura, com a inserção de tecnologias que elevam significativamente a produtividade (ALVES; CONTINI; GASQUES, 2009).

Um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da produtividade é a correta fertilização dos solos, pois os solos brasileiros apresentam elevada acidez e baixa disponibilidade nutrientes, dificultando a obtenção de elevadas produtividades das culturas anuais. Deve-se, portanto, realizar a aplicação de corretivos e fertilizantes minerais ou orgânicos, com o objetivo de eliminar as limitações químicas dos solos e atender às exigências nutricionais das culturas (BERNARDI; MACHADO; SILVA, 2002).

Segundo Alcarde et al. (1989), os fertilizantes minerais são constituídos normalmente pela mistura de grânulos de produto, de fertilizantes simples. Com isso, as características de qualidade dos fertilizantes estão atreladas à classificação da natureza química, física e físico-química. As características físicas como densidade, tamanho, forma, coesão, ângulos de repouso, consistência e fluidez das partículas vão definir a qualidade da distribuição dos grânulos fertilizantes (MOLIN; MACHADO, 2009). A densidade é uma propriedade específica de cada material está relacionada à massa e ao volume (SILVA; LOPES, 2012).

Uma das formas de comercialização de fertilizantes minerais sólidos formulados é a mistura de grânulos, que consiste na mistura física de matérias-primas previamente granuladas, possuindo dois ou três tipos de grânulos diferentes na mistura. Outra forma é a mistura granulada, onde as matérias-primas são trituradas e transformadas em pó e, em seguida, ocorre o processo de granulação onde os três nutrientes ficam no mesmo grânulo. A mistura granulada mesmo que apresente segregação, não irá causar distribuição desuniforme dos nutrientes, pois a

concentração é a mesma, independentemente do tamanho do grânulo (SILVA; LOPES, 2012).

A segregação física e química dos fertilizantes formulados ocorre conforme há o deslocamento da semeadora-adubadora devido à trepidação no reservatório. A velocidade de deslocamento e a condição da superfície do solo onde se realiza a semeadura, interferem diretamente na intensidade da trepidação, potencializando ou reduzindo a segregação do fertilizante dentro do reservatório (FELTRAN et. al., 2006). A separação dos grânulos da mistura em decorrência do tamanho, densidade e desuniformidade dos grânulos, resultando na alteração na proporção dos nutrientes dentro do reservatório da semeadora. Ao final acarreta em uma variação da fórmula aplicada ao longo da linha de semeadura, e, conseqüentemente, em uma adubação diferente daquela exigida pela análise de solo (POPP; ULRICCH, 1985).

O efeito da segregação é agravado quando utilizamos mistura de grânulos com micronutrientes, pelo fato deste nutriente estar presente em grânulos de menor tamanho. Outros fatores que tendem a acelerar o processo de segregação são: falta de manutenção dos mecanismos de aplicação dos fertilizantes da semeadora-adubadora e o tipo de distribuidor de fertilizante (FELTRAN et al., 2006).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a segregação física de fertilizantes formulados com mistura de grânulos em protótipo simulando uma semeadora/adubadora.

### 1.1.2 Objetivo Específico

- Quantificar a formulação aplicada no solo conforme ocorrer o esvaziamento do reservatório da semeadora.
- Comparar os formulados liberados pelo protótipo de semeadora em diferentes vibrações.
- Determinar se o aumento da vibração altera a taxa da segregação do formulado.
- Avaliar os tratamentos dentro de cada nível se apresenta mudança granulométrica entre as amostras.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A semeadura em diversas tamanho de propriedades é realizada com semeadoras-adubadoras que depositam o fertilizante na linha de semeadura. Geralmente esses produtores optam pelos fertilizantes formulados em mistura de grânulos devido ao menor preço e facilidade de disponibilização dos nutrientes no solo. A escolha por esse tipo de formulação pode implicar na distribuição desuniforme dos nutrientes, interferindo na fertilidade e, conseqüentemente, na produtividade do talhão. Inicialmente, ocorre a distribuição da fórmula determinada pelo fabricante e, à medida que ocorre o esvaziamento do reservatório, pode haver variações na formulação. Espera-se com isso poder quantificar a variação da fórmula aplicada conforme ocorre o esvaziamento do reservatório em diferentes vibrações.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 IMPORTÂNCIA DA CORRETA FERTILIZAÇÃO DO SOLO

No conceito de nutrição de plantas, os fertilizantes servem como suprimento às necessidades parciais dos nutrientes essenciais para a cultura. À medida que um nutriente é limitado em determinado momento de desenvolvimento, acarretará na redução do máximo potencial produtivo da cultura. Porém, a aplicação de fertilizantes e corretivos deve ser realizada de maneira com que se busque manter o equilíbrio entre os aspectos produtivos e o ambiente (EMPRAPA, 2017).

Segundo Walthier (2019), quando ocorre um desequilíbrio nutricional, a absorção de nutrientes pela planta é comprometida. Quando um nutriente se encontra de forma abundante no solo, pode provocar uma diminuição de absorção de outros nutrientes, causando o fenômeno conhecido como antagonismo. Segundo Reetz (2016), os nutrientes essenciais precisam ser oferecidos nas quantidades adequadas durante o ciclo da cultura. Quando algum nutriente se encontra em déficit, a produtividade da cultura é afetada. Quanto mais produtiva a cultura, maior será a exigência em nutrientes e maiores são as quantidades exportadas do solo. Para isso, a suplementação de fertilizantes é a forma mais rápida e eficiente de disponibilizar na quantidade ideal de nutrientes a ponto de obter níveis adequados de produtividade

A fertilização das culturas contribui significativamente para o aumento na produção agrícola, melhores resultados na resistência contra pragas e doenças, melhoria na qualidade de alimentos, fibras e energia. O uso de fertilizantes na condução das culturas proporciona um aumento no retorno econômico obtido pelos agricultores, contribuindo para a redução da abertura de novas áreas por meio do desmatamento (FILIPPI; TIECHER, 2019).

### 2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS FERTILIZANTES

Segundo Carvalho (2018), as propriedades físicas de um fertilizante são importantes, podem influenciar não somente na resposta agrônômica, mas sim no manejo, transporte, armazenamento e qualidade de aplicação no campo.

Segundo Giracca e Nunes (2020), os fertilizantes minerais podem ser subdivididos em três classes; 1) fertilizante simples quando são formados por um único composto químico, sem ter mistura de outro material fertilizante, contendo um ou mais nutrientes, a exemplo da rocha fosfatada; 2) o fertilizante misto, que pode ser a mistura de dois ou mais elementos simples, contendo assim em sua formulação pelo menos dois dos três nutrientes primários nitrogênio, fósforo e potássio (NPK); 3) o fertilizante complexo, formado a partir de fertilizantes em que se misturam dois ou mais compostos químicos, exigindo maior tecnologia e complexidade na sua fabricação. Os fertilizantes mistos granulados, que possuem em sua composição os três nutrientes principais (NPK) em um grânulo, tendem a apresentar granulometria mais uniforme.

Fertilizantes minerais sólidos mistos quando comparados com fertilizantes complexos, possuem segregação maior, pelo produto não apresentar padrão granulométrico, variações de densidade dos grânulos e forma, além de que o fertilizante complexo apresenta a vantagem de ter 2 ou 3 nutrientes em um grânulo com características físicas constante (PADILHA, 2005). Fertilizantes em misturas simples possuem características de segregarem com maior facilidade, devido aos diferentes diâmetros, formatos e densidade em sua granulometria gerando ao final uma aplicação desuniforme (NOGUEIRA, 2020).

A densidade aparente, que consiste na relação de peso e volume dos fertilizantes, é essencial para cálculos de sacaria e calibração dos sistemas de distribuição. Cada grânulo é fonte de um ou dois nutrientes, que apresenta valores de densidade diferente. A densidade está ligada ao material de origem para a formação do fertilizante a exemplo do KCl provido de uma rocha silicática apresentando uma densidade igual a  $1.047 \text{ kg m}^{-3}$  bem diferente da densidade da ureia formada diretamente do nitrogênio presente no ar, assim a densidade de  $725 \text{ kg m}^{-3}$  diferente de outros compostos (PADILHA, 2005).

### 2.3 SEGREGAÇÃO DE FERTILIZANTES MINERAIS

Farnish e Bradley (2007), definem a segregação como a reorganização das partículas de fertilizantes dentro de um suporte material a granel a partir de um

corpo homogêneo respeitando características de tamanho, forma, densidade ou textura da superfície.

As características principais que atuam na segregação de um fertilizante sólido são; a granulometria, densidade, ângulo de repouso e escoamento, resistência a aglomeração, formação de novas partículas e lubricidade (CARVALHO, 2018). A segregação acontece quando os grânulos de fertilizantes diferem em propriedades físicas a tal ponto que respondem diferentemente às perturbações mecânicas causadas pelo manuseio (PADILHA, 2005), sendo agravada, principalmente, por causa das partículas que possuem tamanho inferior a 0,3 mm (RODELLA; ALCARDE, 1994).

É preciso que aconteçam duas condições para que ocorra a segregação: o movimento relativo entre as partículas e diferenças na composição, as quais são sensíveis ao movimento. Entre os procedimentos de manejo que causam relativo movimento e que mais induzem à segregação estão: a dureza/fragilidade, densidade aparente, vibração e a queda livre, que leva a formação de uma pilha inclinada de grânulos denominada de “cone”, (SILVA, 1995), onde os grânulos maiores se deslocam para partes superior da pilha e os grânulos menores se concentram no centro (TOSATO, 2006).

Quando fertilizantes com tamanhos de grânulos diferentes são manejados e submetidos à vibrações, os grânulos menores tendem a peneirar-se e mover-se pelos espaços ao centro. A estabilidade mecânica dos grânulos deve suportar a ação de abrasão e a resistência ao impacto para não ocorrência de formação de grânulos de tamanho pequenos ou a formação de pó (PADILHA, 2005).

As características granulométricas dos fertilizantes podem ser determinadas pelo seu tamanho e formato, através de uma análise granulométrica sendo classificadas no formato de pó, farelado ou granulado (RODELLA; ALCARDE, 1994).

## 2.4 SEGREGAÇÃO EM DIFERENTES FORMULAÇÕES

No mercado existe uma variedade de formulações de fertilizantes NPK, a escolha deve realizada de acordo com a expectativa de produção e disponibilidade no solo,

expressa na análise de solo. As diferentes formulações mistas dos fertilizantes apresentam grânulos com características de fabricação distintas, contendo partículas de alta e baixo grau de dureza, interferindo na dosagem do produto (SILVA, 1995).

No trabalho de Feltran et al. (2006), os autores destacam a diferença dos fertilizantes formulados na segregação física ao longo da linha de aplicação. Na formulação NPK 4-14-18 +14% de Ca + 11% de S houve maior disponibilização de nitrogênio na parte inicial de semeadura. A interferência veio pela composição do formulado, em que partículas de N eram composta por sulfato de amônio, que apresenta menor tamanho (0,6 a 2mm), menor densidade e ângulo de contato. Com isso, possibilitou maior fluxo para a parte central do depósito próxima do dosador. Esta deposição inicial veio pelas variações granulométricas já ao longo do deslocamento, ocorrendo a interferência de esmagamento ou a quebra de grânulos resultando partículas menores se depositassem entre as maiores. Quando se compara o formulado NPK 4-14-18 +14% de Ca +11% de S com 4-14-8 + 0,3% de Zn, não houve alteração na disponibilização de nitrogênio na linha de semeadura, pelo fato deste utilizar ureia como fonte de N.

Na análise da distribuição de grânulos de fósforo ao longo da linha do formulado NPK 4-14-8 +14% de Ca + 11% de S, houve alteração na distribuição, com maior quantidade próximo do esvaziamento do depósito de fertilizantes. Os grânulos de superfosfato simples, tem características de maior tamanho e menor densidade, ficando por cima dos demais durante a segregação, resultando na sua distribuição quando o reservatório está quase vazio (FELTRAN et al., 2006).

Os fertilizantes NPK 4-14-8 +14% de Ca + 11% de S apresentaram os maiores teores de  $P_2O_5$  na parte final do deslocamento da semeadora-adubadora, entretanto a formulação 8-28-16 +0,3% detém maior distribuição na parte inicial de semeadura. O grânulo de KCl apresenta partículas de densidade variável e com ângulo de contato irregulares sendo difícil o comportamento deste nutriente (FELTRAN et al., 2006).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

A realização do experimento foi no período de novembro de 2021 a março de 2022 na Fazenda Experimental Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina do Campus Curitibanos, localizada no km 6 da rodovia Ulysses Gaboardi na cidade de Curitibanos-SC.

#### 3.2 FERTILIZANTE MINERAL

O estudo foi realizado com a mistura de KCl, composto por 60% de  $K_2O$ , SPT possuindo em sua composição 46% de  $P_2O_5$  e 10% de cálcio. Foram necessários 1,5 sacos de 50 kg de Cloreto de Potássio e 3 sacos de 50kg de Superfosfato Triplo para confecção de 225 kg do formulado comercial 0-30-20 (NPK).

A mistura dos diferentes fertilizantes foi realizada através de uma betoneira de marca Metomil modelo MB-150L, sendo misturado 25 kg do formulado de cada vez. A pesagem foi realizada com uma balança de marca Trentin com capacidade máxima de 50 kg e precisão de 0,005 kg. Foram pesados 16,75 kg de SFT e 8,25 kg de KCl e colocados dentro da betoneira, permanecendo ligada por um período de 3 minutos para a homogeneização da mistura. Ao final do período, eram retiradas duas amostras de 10g, uma ao fundo do equipamento e outra na saída para averiguar a homogeneidade. Os grânulos das amostras eram separados visualmente e pesadas para determinar se houve correta mistura. Caso contrário, era ligado novamente por 2 minutos para melhorar a homogeneidade.

Nas normas do Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento a Instrução Normativa Nº 5, de 23 de fevereiro de 2007, define, e exige que os fertilizantes minerais sigam as seguintes especificações de natureza física: peneira de malha 4,8mm presente 95% mínimo de partículas passantes, 2mm passe 40% máximo e 1 mm de malha partículas passantes no máximo 5 %. Em análise granulométrica da matéria prima para confecção do formulado foi constatado que Superfosfato Triplo apresenta; 99,90% partículas passantes malha de 4,75mm, 1,77% partículas passante malha de 2mm e 1,71% em malha de 1mm diante disso o fertilizante está dentro das especificações legais. Entretanto o Cloreto de Potássio

apresentou; 99,67% das partículas passante malha de 4,75mm, 7,35% malha de 2mm e 6,68% em malha de 1mm, com os dados consta-se que os valores das malhas de 1 mm fora do padrão estabelecido pela legislação.

### 3.3 CONFECÇÃO DO EQUIPAMENTO

Na confecção do protótipo que simula a operação semeadora/adubadora foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos destacado na Tabela 1.

Tabela 1: Materiais e equipamentos para a confecção do protótipo.

| <b>MATERIAIS/EQUIPAMENTO</b>    | <b>DESCRIÇÃO</b>        | <b>QUANTIDADE</b> |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Tabua de madeira                | 250mm x 700mm x 65mm    | 2                 |
| Tabua de madeira                | 100mm x 700mm x 65 mm   | 1                 |
| Quadrado de madeira             | 610mm x 65mm x 65mm     | 2                 |
| Quadrado de madeira             | 100mm x 100mm x 200mm   | 1                 |
| Ripão                           | 800mm x 65mm x 100mm    | 2                 |
| Molas de suspensão              | CG 125cc                | 2                 |
| Motor elétrico                  | Weg 1 cv de 1750 rpm    | 1                 |
| Motor elétrico                  | Weg 0,33 cv de 1750 rpm | 1                 |
| Caixa de redução                | 1/35                    | 1                 |
| Coreia                          | V lisa B-36             | 1                 |
| Caixa de<br>semeadura/adubadora | Sfil SS3200             | 1                 |

Um mecanismo foi construído para simular as características da semeadora adubadora durante a operação de semeadura a campo. Para isto, foi utilizada uma caixa de fertilizante sólido de uma semeadora-adubadora marca Sfil e modelo SS3200 Também foi construída uma base (Figura 1A) com dimensões de 610mm x 700mm proporcionando estabilidade do equipamento. Suporte de madeira (Figura 1B) com as dimensões de 250mm e 670mm para assegurar a caixa de fertilizante sobre as quatro molas. Entre a base e o suporte da caixa foram fixadas quatro molas

(Figura 1C) deixando o equipamento sem o contato direto com as superfícies evitando atritos e variações na vibração. Nas condições de campo, a vibração se deslocam três planos (X, Y e Z). As molas apresentam elasticidade que permite que os movimentos, se assemelhem às condições de campo.

O mecanismo de acionamento do dosador de fertilizante do tipo helicoidal foi composto por uma caixa de redução 1/35 (Figura 1D) fixada sobre suporte de madeira com dimensões de 100mm x 100mm x 200mm (Figura 1E) para permitir o alinhamento entre os eixos do mecanismo dosador e da caixa de redução (Figura 1F).

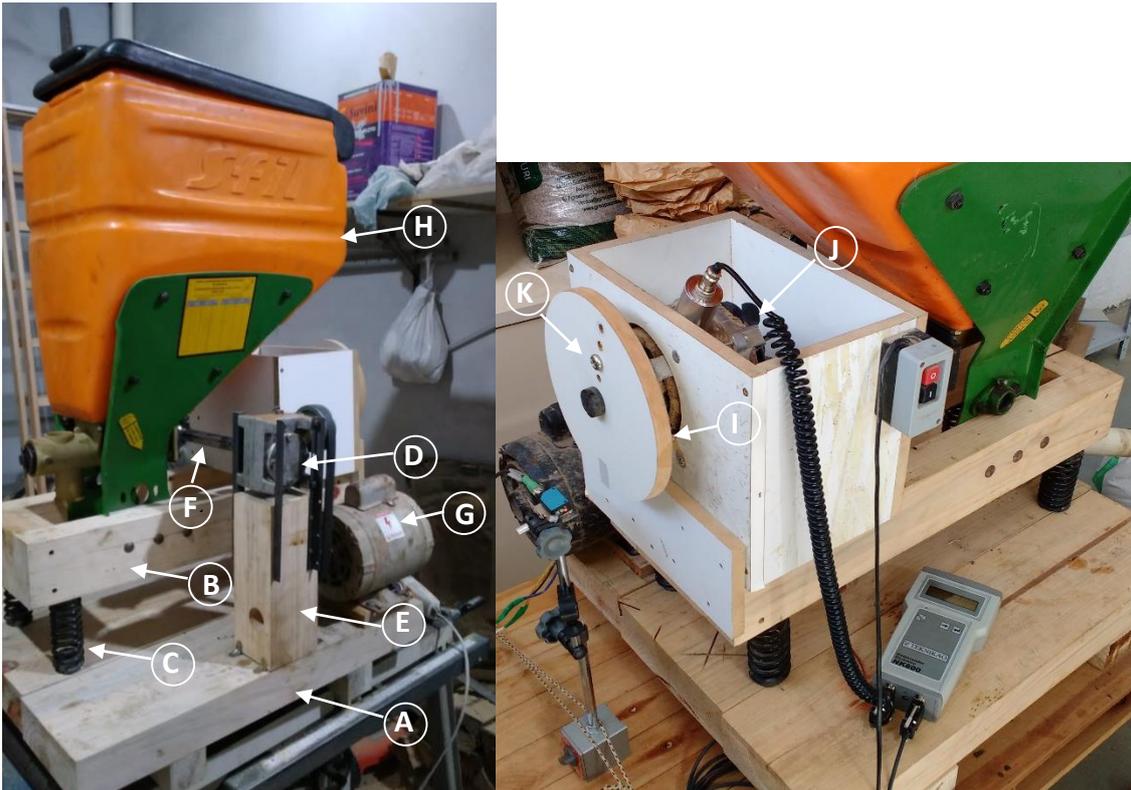
Para o funcionamento do mecanismo foi necessário um motor Weg com potência de 1cv e rotação de 1750 rpm (Figura 1G) ligado a uma correia V B-36 gerando assim uma regulagem de distribuição de 250kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante formulado. O depósito do fertilizante químico sólido é provido da caixa fertilizante individual da semeadora adubadora (Figura 1H) estando acoplado ao suporte de madeira sobre as molas.

A vibração do equipamento foi produzida através do desbalanceamento de uma polia. A polia foi construída com madeira, possuindo 150mm de diâmetro e espessura de 15mm. O desbalanceamento foi realizado pela fixação de parafusos nas bordas da polia. (Figura 1I). A polia foi acoplada à um motor elétrico Weg com potência de 0,33 cv e rotação de 1750 rpm (Figura 1J). Na variação da vibração foram realizados furos (Figura 1 K) numa linha perpendicular ao centro do acoplamento, pois quanto maior a distância de fixação do parafuso do centro da polia, maior é amplitude da vibração do equipamento. Outra variável que interfere na vibração é a massa do parafuso. Quanto maior a massa, maior será a amplitude da vibração. O parafuso utilizado foi o MA 5 x 16 com uma porca nylon MA 5, com massa total de 10g. No período final de construção foram realizados testes e ajustes na vibração, alterando a distância do parafuso do centro da polia, de acordo com as vibrações pré-estabelecidas.

O mecanismo dosador do tipo helicoidal constituído de um rosca sem-fim localizado na parte inferior do depósito possui dois tipos: uma rosca com distância entre ondulações maior onde a taxa de distribuição do produto é menor e a segunda rosca com uma distância entre ondulações menor com uma taxa de distribuição

maior. Diante disto foi acoplado a rosca com maior distância entre cada oscilação gerando ao final uma distribuição de 250 kg ha<sup>-1</sup> do formulado.

Figura 1: Peças e componentes do protótipo montado para avaliação da segregação do fertilizante formulado.



Descrição: A- base do equipamento (610mm x 700mm); B- suporte da caixa de fertilizante (250mm e 670mm); C- Molas de suspensão; D- caixa de redução 1/35; E- suporte da caixa de redução; F- eixo acionador mecanismo dosador; G- motor elétrico 1cv; H- caixa de fertilizante; I- Polia 150mmx15mm; J- motor elétrico 0,33cv; K- parafuso MA 5 x 16. Fonte: Autor

### 3.4 MEDIDOR DE VIBRAÇÃO

Na quantificação da amplitude da vibração do equipamento foi utilizado o balanceador dinâmico Teknikao NK 600. O equipamento mede a rotação do eixo, amplitude da vibração causado pelo desbalanceamento do eixo central.

### 3.5 AMOSTRAGEM

As marcações correspondentes aos percentuais de enchimento foram realizadas no do reservatório de fertilizantes. Os níveis foram 100% (cheio), 75%, 50%, 25% e 1% determinados de acordo com a profundidade do reservatório. Estes determinados níveis vêm como uma forma de quantificar em qual nível da caixa de fertilizante do protótipo vai ocorrer a segregação.

A coleta das amostras foi realizada da seguinte forma: quando o reservatório foi reabastecido (cheio 100%), foi retirada uma amostra de aproximadamente 100 g. Conforme o nível de fertilizante baixava para 75%, 50%, 25% e 1% foram retiradas novas amostras. A coleta foi realizada através da fixação de saco de papel na saída do dosador do fertilizante. Em cada coleta, foram identificados os sacos de papel com as informações de nível do reservatório, amplitude de vibração e repetição.

### 3.6 AVALIAÇÃO DAS AMOSTRAS.

Após a coleta das amostras, a análise foi realizada através da separação manual dos diferentes grânulos, observando as diferenças nas características físicas como formato, diâmetro e coloração. Após a separação, cada “nutriente” foi pesado separadamente em uma balança de precisão marca Marte, Modelo Ad3300, capacidade 3300g e precisão de 0,01 g.

Em análise da dinâmica de cada grânulo em diferentes níveis dentro de cada vibração foi necessário a quantificação granulométrica. Diante disto, foi seguida a Instrução Normativa Nº 39, de 8 de agosto de 2018, a qual trata das definições, exigências e garantias dos fertilizantes minerais apresentem uma granulometria adequada para a correta fertilização. Para isso é necessário agitador eletromagnético e peneiras de malha de 4,75mm, 2mm e 0,5mm e fundo seguindo as normas legais. Após 5 minutos de peneiramento, cada “nutriente” foi pesado separadamente em cada malha em uma balança de precisão.

Para avaliar se a vibração do equipamento foi constante durante todo o tratamento, em cada coleta de amostra era registrado valores presente no painel balanceador dinâmico Teknikao NK 600. Caso ocorra mudança na vibração entre os

níveis, este fator vai ser estudado como forma de avaliar o momento em que a vibração apresenta a capacidade de mudança na homogeneidade dos grânulos de fertilizantes.

### 3.7 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, disposto em arranjo fatorial 3 x 5, sendo três vibrações ( $38,1 \text{ mms}^{-1}$ ,  $31 \text{ mms}^{-1}$  e  $20,5 \text{ mms}^{-1}$ ) e cinco níveis (100%, 75%, 50%, 25% e 1%) da capacidade sendo coletado uma amostra, com três repetições. As vibrações foram pré-estabelecida de acordo com a capacidade do equipamento. Para validação dos dados, utiliza-se a análise estática pelo programa Sisvar na variância pelo teste F com 5% de significância para posteriormente a utilização do teste de média (Teste de Tukey) para a comparação das médias para avaliar a existência diferença entre os tratamentos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 SEGREGAÇÃO DOS GRÂNULOS

A análise de variâncias de SFT e KCl da formulação inicial 0-30-20 coletado em diferentes tratamentos em determinados níveis durante o processo de simulação da semeadura estão apresentando na Tabela 2.

Tabela 2: Análise de variância (Quadrados Médios) para características quantidade de SFT (Superfosfato triplo) e KCl (Cloreto de potássio) dentro de cada nível (N) de rebaixamento da caixa de fertilizante para três diferentes vibrações no tratamento (T).

| <b>FV</b>             | <b>SFT</b> | <b>KCl</b> |
|-----------------------|------------|------------|
| <b>Nível (N)</b>      | 0,0073*    | 0,009*     |
| <b>Tratamento (T)</b> | 0,011*     | 0,013*     |
| <b>Repetição</b>      | 0,5448     | 0,5364     |
| <b>N x T</b>          | 0,0313*    | 0,0318*    |
| <b>CV (%)</b>         | 4,15       | 7,56       |

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A cada nível e juntamente com o tratamento houve diferença significativa na massa de grânulos de SFT e KCl, evidenciando a heterogeneidade do fertilizante. Diante dos níveis dentro de cada tratamento apresenta interação significativa nas diferenças quantidade de grânulos. Os formatos dos grânulos são diferentes onde o SFT apresenta um tamanho constante (95% retida malha 2mm) com formato arredondado, comparado ao KCl que apresenta grande diferença de tamanho e grânulos de várias faces com capacidade de formação de cones.

Tabela 3: Médias em gramas de grânulos de KCl e SFT das amostras de 100g coletadas em diferentes níveis dentro de cada vibração.

| Níveis      | Vibrações              |          |                      |         |                       |         |
|-------------|------------------------|----------|----------------------|---------|-----------------------|---------|
|             | 38,1 mms <sup>-1</sup> |          | 31 mms <sup>-1</sup> |         | 20,5mms <sup>-1</sup> |         |
|             | KCl                    | SFT      | KCl                  | SFT     | KCl                   | SFT     |
| <b>100%</b> | 32,59 a                | 67,41 a  | 31,78 a              | 68,22 a | 33,98 a               | 66,02 a |
| <b>75%</b>  | 36,22 a                | 63,78 a  | 32,90 a              | 67,1 a  | 33,17 a               | 66,83 a |
| <b>50%</b>  | 38,74 ab               | 61,26 ab | 32,36 a              | 67,64 a | 32,23 a               | 67,77 a |
| <b>25%</b>  | 43,24 b                | 56,76 b  | 32,12 a              | 67,88 a | 32,79 a               | 67,21 a |
| <b>1%</b>   | 43,38 b                | 56,62 b  | 39,60 b              | 60,4 b  | 32,51 a               | 67,49 a |

**Obs:** Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si ao nível de significância 5% pelo teste de Tukey

Na análise da vibração de 38,1 mms<sup>-1</sup> houve diferença significativa no nível de 25% para KCl e SFT (Tabela 3), mostrando que a segregação aumenta conforme ocorre o esvaziamento do reservatório. Durante o período inicial da coleta das amostras, a caixa apresentou maior massa, o que diminuiu a propagação da vibração e não alterando a homogeneização da formulação. Somente quando o volume do fertilizante dentro do reservatório baixou para 25% ocorreu a segregação significativa na mistura dos grânulos.

Quando se observa nos níveis de 25% e 1% houve a geração de uma nova formulação, 0-26-26, gerando, a partir desse nível de esvaziamento, a aplicação de quantidades de K<sub>2</sub>O mais elevadas do que de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Em comparação aos dados de Feltran et al. (2006) os fertilizantes formulados 4-14-8 + 14% de Ca + 11% de S os grânulos de superfosfato simples apresentam maior tamanho e menor densidade permanecendo na parte superior do depósito durante a segregação não sendo muito diferente para SFT.

Na vibração de 31 mms<sup>-1</sup>, somente na fase final de esgotamento do reservatório vai ocorrer a segregação significativa dos grânulos (Tabela 3). Quando calculada a nova formulação obtida, de acordo com as quantidades de cada grânulo, obteve-se a fórmula 00-27-24, variação significativa em comparação com a formulação inicial. Quando se observa o contexto da homogeneidade da distribuição dos nutrientes diretamente a campo, pode-se constatar que no início da semeadura

apresenta maior homogeneidade comparada com a parte final do esvaziamento da semeadora.

Segundo Lopes (2017), a estratégia de construção e manutenção da fertilidade é aplicado por um pequeno período de tempo para que os níveis de P e K se elevem ao nível crítico pela análise de solo. Diante de níveis adequados de nutrientes dá suporte a produtividade assegurando que os nutrientes não sejam limitantes. Como o fertilizante mineral formulado apresenta início de variações em 25% para vibrações de  $38,1\text{mms}^{-1}$  e 1% em vibração de  $31\text{mms}^{-1}$  gera um desequilíbrio nutrientes presente no solo, não potencializando a capacidade produtiva da planta. Com aplicação irregular do fertilizante formulado já que este apresenta um elevado preço, a rentabilidade do agricultor tende-se a reduzir por uma aplicação fora do recomendado pela análise de solo.

Com vibração de  $20,5\text{ mms}^{-1}$  não houve variação significativa entre a massa de grânulos obtidos nos diferentes níveis do reservatório (Tabela 3). Esse nível de vibração seria então recomendado para a semeadora, pois a fertilização seria realizada em quantidades corretas apresentando a homogeneidade ao longo de toda a área.

As alternativas de evitar a segregação deste fertilizante é a aquisição da mistura granulada onde em um único grão apresenta os três nutrientes (NPK) com tamanho padronizado ou o reabastecimento do reservatório quando este estiver com a capacidade de 50% em teste de vibração  $38,1\text{ mms}^{-1}$  e 25% no teste de vibração de  $30\text{mms}^{-1}$ . Quando se trabalha com vibrações baixas não é necessário o preenchimento do reservatório com fertilizante mineral formulado pois este não apresenta variação.

## 4.2 GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS

Ao final do processo de separação dos grânulos foi realizada a análise granulométrica com o peneiramento de cada amostra dos diferentes fertilizantes. Quando analisado os valores de SFT não apresentou diferença entre as malhas, porém o KCl apresentou algumas variações como destacado na Tabela 4 e 5.

Na vibração de  $38,1\text{ mms}^{-1}$  os grânulos de KCl vão se organizar de uma forma a promover a saída em proporções diferentes (Tabela 4). Quando o reservatório

apresenta um nível de 25% da sua capacidade, a organização das partículas promove a formação de “cone” agrupamento dos grânulos nos espaços vazios ao centro do reservatório podendo ser observados nos valores retidos nas peneiras 1 mm. Corroborando o que foi descrito por Tosato (2006) onde afirma que ocorre a formação de pilha inclinada denominada “formação de cone” na mistura granulada apresentando tamanhos diferentes dentro de um local que vibra, proporciona este agrupamento.

Tabela 4: Porcentagem (%) dos grânulos de KCl e SFT retidos em cada peneira dentro de cada nível em vibração de  $38,1 \text{ mms}^{-1}$

| Níveis | Malhas |        |         |         |         |        |        |        |
|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
|        | 4,75mm |        | 2mm     |         | 1mm     |        | Fundo  |        |
|        | KCl    | SFT    | KCl     | SFT     | KCl     | SFT    | KCl    | SFT    |
| 100%   | 3,09 a | 0,16 a | 89,74 a | 95,05 a | 6,74 a  | 4,66 a | 0,43 a | 0,12 a |
| 75%    | 1,60 a | 0,18 a | 91,00 a | 97,57 a | 6,73 a  | 2,19 a | 0,66 a | 0,06 a |
| 50%    | 1,88 a | 0,0 a  | 88,23 a | 95,92 a | 9,19 ab | 3,98 a | 0,70 a | 0,10 a |
| 25%    | 1,83 a | 0,13 a | 87,56 a | 94,75 a | 10,25 b | 5,09 a | 0,35 a | 0,03 a |
| 1%     | 1,20 a | 0,0 a  | 87,32 a | 92,69 a | 11,25 b | 7,09 a | 0,23 a | 0,22 a |

Obs: Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si ao nível de significância 5% pelo teste de Tukey

Na vibração de  $31 \text{ mms}^{-1}$  houve modificação da proporção física do fertilizante na parte final do esvaziamento. Como os grânulos de SFT apresentam uma granulometria constante em diferentes malhas, somente os espaços vazios ao final do reservatório (1%) foram preenchidos com pilhas inclinadas com grânulos de 1 mm de KCl (Figura 3).

Tabela 5: Porcentagem (%) dos grânulos de KCl e SFT retidos em cada peneira dentro de cada nível em vibração de  $31 \text{ mms}^{-1}$ .

| Níveis | Malhas |       |         |         |         |        |        |        |
|--------|--------|-------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
|        | 4,75mm |       | 2mm     |         | 1mm     |        | Fundo  |        |
|        | KCl    | SFT   | KCl     | SFT     | KCl     | SFT    | KCl    | SFT    |
| 100%   | 2,23 a | 0,0 a | 91,73 a | 94,51 a | 5,66 a  | 5,45 a | 0,38 a | 0,04 a |
| 75%    | 2,40 a | 0,0 a | 89,36 a | 95,93 a | 5,07 a  | 4,02 a | 0,31 a | 0,04 a |
| 50%    | 3,52 a | 0,0 a | 90,54 a | 96,59 a | 5,72 a  | 3,4 a  | 0,22 a | 0,01 a |
| 25%    | 2,77 a | 0,0 a | 91,93 a | 98,12 a | 5,01 a  | 1,85 a | 0,28 a | 0,03 a |
| 1%     | 0,1 a  | 0,0 a | 86,72 a | 95,62 a | 12,91 b | 4,28 a | 0,28 a | 0,10 a |

Obs: Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si ao nível de significância 5% pelo teste de Tukey

A vibração de  $20,5\text{mms}^{-1}$  não foi capaz de modificar a porcentagem granulométrica dentro do reservatório (Tabela 6). Quando se trabalha com vibrações que não apresentam energia necessária para modificação da proporção dos nutrientes, isso gera uma distribuição uniforme dos nutrientes.

Tabela 6: Porcentagem (%) dos grânulos de KCl e SFT retidos em cada peneira dentro de cada nível em vibração de  $20,5\text{mms}^{-1}$ .

| Níveis      | Malhas |        |         |         |        |        |        |        |
|-------------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
|             | 4,75mm |        | 2mm     |         | 1mm    |        | Fundo  |        |
|             | KCl    | SFT    | KCl     | SFT     | KCl    | SFT    | KCl    | SFT    |
| <b>100%</b> | 0,74 a | 0,20 a | 94,55 a | 98,08 a | 4,53 a | 1,70 a | 0,18 a | 0,02 a |
| <b>75%</b>  | 0,54 a | 0,29 a | 91,65 a | 93,91 a | 7,24 a | 5,79 a | 0,57 a | 0,02 a |
| <b>50%</b>  | 1,02 a | 0,0 a  | 90,85 a | 95,49 a | 7,38 a | 4,36 a | 0,74 a | 0,15 a |
| <b>25%</b>  | 1,43 a | 0,0 a  | 92,13 a | 96,5 a  | 6,13 a | 3,31 a | 0,30 a | 0,19 a |
| <b>1%</b>   | 1,60 a | 0,0 a  | 91,76 a | 96,2 a  | 6,40 a | 3,69 a | 0,25 a | 0,10 a |

Obs: Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si ao nível de significância 5% pelo teste de Tukey

Como descrito por Carvalho (2018), em um meio que apresenta a mistura de sólidos com características de formato e densidade diferente e com distúrbio vibracional, as partículas de diâmetro maior subirão e as menores ocuparam os espaços vazios. O fenômeno pode ser causado por uma flutuabilidade criada pela pressão gerada no leito vibrado e o movimento convectivo das partículas com relação ao atrito com as paredes.

Quando se analisam as três tabelas, é possível observar que os grânulos apresentam características de resistência à pressão ou esmagamento, abrasão e ao impacto sem resultar formação de pó ao fundo do reservatório. Pois os valores retidos no fundo não foram significativos nos diferentes tratamentos. Na avaliação dos valores granulométricos apresentando sendo analisado dentro Instrução Normativa Nº 39, de 8 de agosto de 2018, destaca que valores de malha 1mm dos tratamentos 1 ( $38,1\text{mms}^{-1}$ ) em níveis de 25% e 1% e tratamento 2 ( $31\text{mms}^{-1}$ ) no nível de 1% estão fora dos padrões exigidos pela instrução normativa dos fertilizantes minerais destinado a agricultura, por apresentar valores acima margem especificada.

## 5. CONCLUSÃO

- A segregação ocorreu nas vibrações de 38,1 e 31  $\text{mms}^{-1}$  nos níveis de 25% e 1% da capacidade do reservatório respectivamente, enquanto a vibração de 20,5  $\text{mms}^{-1}$  não apresentou segregação significativa.
- A segregação produzida pela vibração de 38,1  $\text{mms}^{-1}$  alterou a formulação inicial 0-30-20 para 0-26-26.
- A vibração de 31  $\text{mms}^{-1}$  alterou a formulação inicial 0-30-20 para 00-27-24 apresentou ao final (1%) do esvaziamento do reservatório a formulação 0-27-24 (NPK) modificando a homogeneidade da mistura de partículas de SFT e KCl.
- Diante das vibrações de 38,1  $\text{mms}^{-1}$  e 31  $\text{mm}^{-1}$  apresentou as maiores porcentagens de peso retido em peneira de malha de 1mm, apresentando um agrupamento de grânulos em nível de 25% e 1% respectivamente

## REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. **A responsabilidade do setor agrônômico pela qualidade dos fertilizantes e corretivos**. Informações Agrônômicas, Piracicaba, n 77, p. 1-3, mar 1997.
- ALCARDE, J. C. **Qualidade de fertilizantes e corretivos**. In: reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 20., 1992, Piracicaba. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.275-329.
- ALVES, E., R., A.; CONTINI, E.; GASQUES, J., G. **Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153552/1/Evolucao-da-producao.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2021.
- BERNARDI, A.C. de C.; MACHADO, P.L.O. de A.; SILVA, C.A. **Fertilidade do solo e demanda por nutrientes no Brasil**. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JUNIOR, E. de; PERES, J.R.R. (Ed.). Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p.61 77
- BRODER, M.; ACHORN, F. **Applicator calibration and maintenance**. Fertilizer Progress, Washington, v.15, p.30-69, 1984.
- CARVALHO, F. M. C. **A segregação de partículas no contexto das misturadoras de fertilizantes**. 2018. 225 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade de Uberaba, Uberaba, Mg, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.uniube.br/bitstream/123456789/520/1/Felipe%20Mendes%20Cardoso%20Carvalho%20-%20PMD.pdf>>. Acesso em: 14 de fev. de 2021.
- EMBRAPA. **Informações técnicas sobre o arroz de terras altas: Estados de Mato Grosso e Rondônia safra 2007/2008**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2007. 84 p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (org). **Correção e adubação**. Brasília. 2017. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_6\\_711200516715.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_6_711200516715.html)>. Acesso em: 13 de fev. de 2021.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (org). **Potássio: cuidados para a manutenção do equilíbrio nutricional da soja**. Paraná. 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178923/1/folder-nutricao-2018-OL-1.pdf>>. Acesso em: 19 de fev. de 2021.
- FARNISH, R. J.; BRADLEY, M. S. A. **Segregation During Fertilizer Handling: Occurrence, Assessment and Control, Proceedings n° 600**. The International Fertilizer Society, York, UK, p. 1-29. 2007.
- FELTRAN, J. C. CORRÊA, J. C. BRANCALIÃO, S. R. BOAS, R. L. V. et al., **Segregação física e química de fertilizantes formulados**. Científica Revista de

Ciências Agrárias, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 188-196, 2006. Disponível em: <<http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/viewFile/117/83>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

FERREIRA, E. **Desempenho de semeadoras-adubadoras no estabelecimento da cultura do arroz de sequeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, p.63-70, 1998.

FILIPPI, D.; TIECHER, T.. **Extração ou exportação de nutrientes pelas plantas**. Porto Alegre-Rs: Mais Soja, 2019. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/extracao-ou-exportacao-de-nutrientes-pelas-plantas/#:~:text=Assim%2C%20a%20extra%C3%A7%C3%A3o%20ou%20absor%C3%A7%C3%A3o,para%20uma%20tonelada%20de%20gr%C3%A3os>>. Acesso em: 21 fev. 2021.

GIRACCA, E. M. N; NUNES, J. L. S. **Fertilizantes: Conceitos Aplicados Via Solo: fertilizantes aplicados via solo. FERTILIZANTES APLICADOS VIA SOLO**. Agrolink. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/fertilizantes---conceitos-aplicados-via-solo\\_361462.html#:~:text=Os%20fertilizantes%20minerai%20se%20subdividem,nutrientes%20como%20a%20rocha%20fosfatada.&text=Os%20fertilizantes%20minerai%20podem%20ser,p%C3%B3%20ou%20farelo%20e%20granulados](https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/fertilizantes---conceitos-aplicados-via-solo_361462.html#:~:text=Os%20fertilizantes%20minerai%20se%20subdividem,nutrientes%20como%20a%20rocha%20fosfatada.&text=Os%20fertilizantes%20minerai%20podem%20ser,p%C3%B3%20ou%20farelo%20e%20granulados)>. Acesso em: 19 fev. 2021.

MOLIN, J. P.; MACHADO, T. M.; MAGALHÃES, R. P.; FAULIN, G. D. C.. **Segregação de fertilizantes aplicados a lanço**. Esalq/usp, 4. ed. Piracicaba - Sp: 2009. 29 v. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162009000400011](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000400011)>. Acesso em: 14 fev. 2021

NOGUEIRA, L. **Descubra qual o melhor adubo para a sua lavoura**. 200. Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/melhor-adubo/>>. Acesso em: 22 de fev. 2021.

PADILHA, C. S. **Uniformidade de aplicação de fertilizantes com diferentes características físicas**. 2005. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis / SC 2005.

POPOV, D. Soja: veja tudo o que você precisa saber sobre a produção no Brasil. 2019. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/agronegocio/soja/#:~:text=A%20soja%20%C3%A9%20a%20principal%20fonte%20de%20renda%20do%20pa%C3%ADs,dados%20de%20vendas%20ao%20exterior>>. Acesso em: 17 fev. 2021.

POPP, T.; ULRICCH, K.H. **Aplicación y calidad de los abonos complejos**. BASF Reportes Agrícolas, Limburferhof, v.3, p.14-23, 1985.

PORTELLA, J, A. **Mecanismo dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas**. Passo Fundo: EMBRAPA – CNPT, 1997.

REETZ, H. F. Fertilizantes e seu Uso Eficiente. 2016. Disponível em: <<http://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2021.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. **Requisitos de qualidade física e química de fertilizantes minerais**. In: Nutrição e fertilização florestal [S.l: s.n.], 2000.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. Variabilidade na composição de misturas de fertilizantes decorrente de segregação e estimativa do efeito sobre a produtividade da cana-de-açúcar. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.13, p.14-19, 1994.

SILVA, J. G.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H.; OLIVEIRA, I. P. **Estudo da segregação em fertilizantes**. 1995. 169f. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

TOSATO, J. M. T. **Segregação no Transporte de Fertilizantes Comercializados em Embalagem "Big Bag"**. 2006. 116 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006. Disponível em: <<https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/2234/1/joamigueltosato.pdf>>. Acesso em: 16 fev. 2021.

WATHIER, Gabriel. 7 problemas do excesso na fertilização de cultivos. 2019. Disponível em: <<https://elysios.com.br/blog/7-problemas-do-excesso-na-fertilizacao-decultivos/#:~:text=O%20desequil%C3%ADbrio%20nutricional%20no%20solo,um%20fen%C3%B4meno%20conhecido%20como%20antagonismo>>. Acesso em: 17 fev. 2021.