

ROBSON ANDREI SANCHES DE ALMEIDA

INFLUÊNCIA DA UMIDADE DE DOIS CALCÁRIOS SOBRE A
DISTRIBUIÇÃO A LANÇO COM EQUIPAMENTO CENTRÍFUGO

CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
MAIO – 2018

ROBSON ANDREI SANCHES DE ALMEIDA

INFLUÊNCIA DA UMIDADE DE DOIS CALCÁRIOS SOBRE A
DISTRIBUIÇÃO A LANÇO COM EQUIPAMENTO CENTRÍFUGO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura para obtenção do título de Mestre.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Flávio Gurgacz

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Deonir Secco

CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
MAIO – 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Sanches de Almeida, Robson Andrei

Influência da umidade de dois calcários sobre a distribuição a lanço com equipamento centrífugo / Robson Andrei Sanches de Almeida; orientador(a), Flávio Gurgacz; coorientador(a), Deonir Secco, 2018.

57 f.

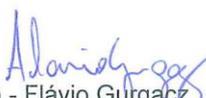
Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, 2018.

1. distribuição a lanço. 2. calcário. 3. fertilidade do solo. 4. distribuidor centrífugo. I. Gurgacz, Flávio. II. Secco, Deonir. III. Título.

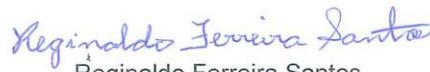
ROBSON ANDREI SANCHES DE ALMEIDA

**“INFLUÊNCIA DA UMIDADE DE DOIS CALCÁRIOS SOBRE A
DISTRIBUIÇÃO A LANÇO COM EQUIPAMENTO CENTRÍFUGO”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Biomassa e Culturas Energéticas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:


Orientador(a) - Flávio Gurgacz

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)


Reginaldo Ferreira Santos

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)


Laercio Augusto Pivetta

Universidade Federal do Paraná - Campus de Palotina (UFPR)

Cascavel, 19 de março de 2018

Dedico este trabalho aos meus filhos,
pois em suas inocências de crianças são os meus
motivos de alegria nos momentos de preocupação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por conceder coragem, paciência, força e fé para continuar buscando a cada dia novos aprendizados e meus ideais;

A UNIOESTE, por disponibilizar toda sua estrutura de equipamentos e laboratórios para gerar dados para desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador, professor Dr. Flávio Gurgacz, pela atenção, paciência, orientações e conhecimentos valiosos a mim transmitidos desde o primeiro contato e durante todo planejamento e condução da pesquisa, e ao meu co-orientador professor Deonir Secco pelos conselhos e ensinamentos;

Aos colegas do Laboratório de Máquinas, Cristhian, Lucas, Francisco, Mateus, Gisele, Daiane e Alan pela grande ajuda durante a realização dos ensaios.

Aos demais professores do Programa, a secretária Vanderléia, aos demais colaboradores (técnicos, administrativos, etc.) e aos colegas de turma, pelo conhecimento, companheirismo, e troca de informações repassadas.

À Coopavel – Cooperativa Agroindustrial, a todos os gestores e meus superiores imediatos, pelo apoio e oportunidade de continuar os estudos, conciliando com a jornada de trabalho na Cooperativa; aos demais colegas de trabalho pelo auxílio nos momentos ausentes;

Ao Terminal de Calcário da Coopavel, na pessoa do Rogério, Adelson e sua equipe, pelo apoio e serviços prestados durante a aquisição do calcário.

A Fazenda Agro Tasca, ao Aldo Tasca e ao seu pai, Laurindo Tasca e seus colaboradores, pela parceria e por abrir as porteiras da propriedade, disponibilizando local e toda sua infraestrutura de máquinas para desenvolver os trabalhos de preparo das amostras e coleta de dados à campo.

À minha esposa Elizamara e meus filhos Jeozadak e Lázaro, pelo companheirismo, apoio e paciência durante toda jornada de estudos acadêmicos e compreensão nos momentos que estive ausente em função dos estudos e do trabalho;

Aos meus pais, Zilda e Simão, pelo incentivo e apoio nos momentos de dificuldade e pelos conselhos valiosos para minha formação. Aos demais familiares, que de alguma forma tem me auxiliado e dado apoio;

LISTA DE SIGLAS E SIMBOLOS

Ca²⁺ - cálcio bi-valente
Mg²⁺ - magnésio bi-valente
K⁺ - potássio monovalente
CTC – capacidade de troca catiônica
pH – potencial hidrogeniônico
H⁺ - íon hidrogênio
Al³⁺ - alumínio trivalente
V% - Saturação de bases
OH⁻ - ânion hidroxila
CaCO₃ – carbonato de cálcio
MgCO₃ – carbonato de magnésio
H₂O – água
HCO₃ – Bicarbonato
CaO – óxido de cálcio
MgO – óxido de magnésio
SO₄²⁻ - ânion sulfato
LEME – Laboratório de ensaios de materiais e equipamentos (protótipos)
hp – horse power (cavalo-vapor)
g – gramas
kg – quilogramas
°C – graus Celsius
UR% - umidade relativa do ar
h – horas
min - minutos
s - segundos
L – litros
mL – mililitros
m – metros
mm – milímetros
m³ – metros cúbicos
cm³ – centímetros cúbicos
km h⁻¹ – quilômetros por hora
m s⁻¹ – metros por segundo
kg ha⁻¹ – quilos por hectare
kg min⁻¹ – quilos por minutos
CV% - coeficiente de variação
Uc% - umidade gravimétrica do calcário (base seca)
RPM – rotações por minuto
TDP – tomada de potência
C-0 – calcário calcítico menor umidade
C-1 – calcário calcítico umidade intermediária 1
C-2 – calcário calcítico umidade intermediária 2
C-3 – calcário calcítico maior umidade
D-0 – calcário dolomítico menor umidade
D-1 – calcário dolomítico umidade intermediária 1
D-2 – calcário dolomítico umidade intermediária 2
D-3 – calcário dolomítico maior umidade

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Local de realização dos ensaios de campo.....	9
Figura 2 – Conjunto trator-distribuidor centrífugo utilizado nos ensaios.....	11
Figura 3 – Determinação da umidade das amostras.....	13
Figura 4 – Estrutura e equipamento para umedecimento das amostras.....	14
Figura 5 - Calibração da vazão do equipamento utilizado nos ensaios.....	17
Figura 6 – Distribuição dos coletores na pista de ensaios prévios.....	18
Figura 7 – Gráfico de CV% e perfil distribuição do teste prévio 7.....	20
Figura 8 - Gráfico de CV% e perfil distribuição do teste prévio 8.....	21
Figura 9 – Gráfico comparativo da simetria de perfil dos testes previos 7 e 8.....	21
Figura 10 – Esquema de configurações de montagem das aletas nos discos.....	22
Figura 11 – Posição das aletas montadas no disco com todo recuo posição 1.....	22
Figura 12 - Coletores na pista de ensaios definitivos.....	24
Figura 13 – Determinação da densidade das amostras.....	26
Figura 14 – Determinação da granulometria das amostras.....	27
Figura 15 – Determinação de ângulo de repouso das amostras.....	28
Figura 16 – Gráfico de CV% longitudinal do calcário calcítico.....	39
Figura 17 – Grafico de CV% longitudinal do calcário dolomítico.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados técnicos do distribuidor centrífugo.....	10
Tabela 2 – Características similares as dos calcários utilizados nos ensaios.....	12
Tabela 3 – Identificação das amostras e teores de umidade determinados.....	14
Tabela 4 – Caracterização do calcário utilizados nos testes prévios.....	19
Tabela 5 – Dados de CV% dos testes prévios e configurações ajuste de perfil.....	20
Tabela 6 – Frações granulométricas das amostras do ensaio oficial.....	29
Tabela 7 – Desdobramento do teor de umidade das amostras do ensaio oficial.....	30
Tabela 8 – Desdobramento da densidade das amostras do ensaio oficial.....	31
Tabela 9 – Desdobramento do ângulo de repouso das amostras do ensaio oficial.....	32
Tabela 10 – Caracterização ambiental durante o ensaio de campo.....	33
Tabela 11 – Desdobramento dos calcários nos três sistemas de trabalho.....	34
Tabela 12 – Teste de médias para os calcários no teor umidade intermediária 1.....	34
Tabela 13 – Teste de médias dos sistemas de trabalho para os calcários no maior teor umidade	35
Tabela 14 – Desdobramento do CV% transversal na largura fixa, para o sistema de trabalho alternado esquerdo....	35
Tabela 15 – Desdobramento do CV% transversal na largura fixa, para o sistema de trabalho alternado direito.....	36
Tabela 16 – Desdobramento do CV% transversal na largura fixa, para o sistema de trabalho contínuo.....	36
Tabela 17 – Desdobramento do menor CV% transversal na largura variável, para o sistema de trabalho alternado esquerdo....	37
Tabela 18 – Desdobramento do menor CV% transversal na largura variável, para o sistema de trabalho alternado direito.....	37
Tabela 19 – Desdobramento do menor CV% transversal na largura variável, para o sistema de trabalho contínuo....	38
Tabela 20 – Desdobramento da largura de trabalho do menor CV% transversal para o sistema de trabalho contínuo.....	38

ALMEIDA, Robson Andrei Sanches de. Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE, Maio de 2018. **Influência da umidade de dois calcários sobre a distribuição a lanço com equipamento centrífugo**. Orientador: Dr. Flávio Gurgacz.

RESUMO

A correção da acidez dos solos e a manutenção da fertilidade são fatores essenciais para elevar o potencial produtivo das culturas. Entretanto, falhas tem sido recorrentes durante o processo de aplicação destes corretivos e nutrientes. Isso se deve a problemas de equipamentos mal ajustados, produtos a serem aplicados com características físicas muito heterogêneas e até mesmo por falhas no planejamento. Este trabalho teve o objetivo avaliar a influência da umidade de dois calcários sobre a distribuição a lanço em equipamento distribuidor centrífugo. O experimento foi realizado em uma área de produção agrícola do Oeste do Paraná, foi utilizado conjunto trator-distribuidor de corretivos e fertilizantes com distribuidor de discos centrífugos. Foram realizados testes prévios com calcário calcítico para ajuste de perfil, e posteriormente avaliados dois tipos de calcários, calcítico e dolomítico, em quatro teores de umidades cada, aplicados em taxa fixa e velocidade constante. As análises foram em esquema fatorial 2x4 com cinco repetições para cada amostra. Foram determinados os coeficientes de variação do perfil transversal na faixa de aplicação em largura fixa e variável, em três sistemas de trabalho. Demonstrou-se ainda o coeficiente de variação do perfil longitudinal, além das caracterizações dos calcários, como ângulo de repouso, densidade, umidade gravimétrica e granulometria, e também as condições ambientais no momento do ensaio. Concluiu-se o teor de umidade dos calcários sofreram variações ao longo do tempo, a densidade dos calcários nos teores intermediários de umidade e o ângulo de repouso foram iguais. Com o aumento do teor de umidade dos calcários, é possível aumentar largura de trabalho, desde que se admita também o aumento do CV% do perfil transversal. O menor CV% do perfil transversal reduziu a largura da faixa aplicada dos dois calcários. No perfil longitudinal de aplicação, quanto maior a distância do centro da faixa aplicada, maior será o CV% do produto depositado nas extremidades do calcário dolomítico independente do teor de umidade.

PALAVRAS-CHAVE: distribuição a lanço, calcário, fertilidade do solo.

ALMEIDA, Robson Andrei Sanches de. State University of Western Paraná-UNIOESTE, May 2018. Influence of the moisture of two limestones on the distribution to the haul with centrifugal equipment. Advisor: Dr. Flávio Gurgacz.

ABSTRACT

The correction of soil acidity and fertility maintenance are essential factors to enhance the productive potential of crops. However, failures have been recurrent during the application process of these correctives and nutrients. This is due to poorly adjusted equipment problems, products to be applied with very heterogeneous physical characteristics and even to planning failures. This work had the objective of evaluating the influence of the humidity of two limestones on the distribution to the haul in centrifugal distributor equipment. The experiment will be conducted in an area of agricultural production in the West of Paraná, was used tractor-distributor of correctives and fertilizers with distributor of centrifugal discs. Prior tests were performed with calcitic limestone for profile adjustment, and two types of limestone, calcitic and dolomitic, were evaluated in four moisture contents each, applied in fixed rate and constant velocity. The analyzes were in a 2x4 factorial scheme with five replicates for each sample. The coefficients of variation of the transverse profile in the fixed and variable width application range were determined in three working systems. It was also demonstrated the coefficient of variation of the longitudinal profile, in addition to the characterization of limestones, such as angle of repose, density, gravimetric humidity and grain size, as well as the environmental conditions at the time of the test. It was concluded that the moisture content of the limestones varied over time, the density of the limestones in the moisture content and the rest angle were the same. With the increase of the moisture content of limestones, it is possible to increase working width, since it is also possible to increase the CV% of the transversal profile. The lower CV% of the transversal profile reduced the width of the applied strip of the two limestones. In the longitudinal application profile, the greater the distance from the center of the applied range, the higher the CV% of the product deposited at the ends of the dolomitic limestone regardless of the moisture content.

KEYWORDS: distributor the haul, limestone, soil fertility.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1	Local dos ensaios.....	9
3.2	Conjunto estudado.....	9
3.3	Produtos avaliados e delineamento experimental.....	11
3.4	Ensaio de campo e metodologias adotadas.....	12
3.4.1	Determinação da umidade inicial.....	12
3.4.2	Preparo das amostras.....	13
3.4.3	Ajuste de vazão do equipamento.....	16
3.4.4	Caracterização ambiental.....	17
3.4.5	Normas técnicas adotadas.....	17
3.4.6	Distribuição de coletores na pista de ensaio	18
3.4.7	Testes prévios para ajuste de perfil transversal e largura de trabalho.....	19
3.4.8	Ensaio definitivo com calcários.....	23
3.4.9	Coleta das amostras e armazenagem dos dados.	24
3.5	Caracterização física dos produtos.....	25
3.5.1	Densidade ou massa específica... ..	25
3.5.2	Análise granulométrica.....	26
3.5.3	Ângulo de repouso.....	27
3.6	Análises estatísticas.....	28
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1	Análise granulométrica.....	29
4.2	Teor de umidade.....	30
4.3	Densidade ou massa específica.....	31
4.4	Ângulo de repouso.....	31
4.5	Caracterização ambiental durante ensaio de campo.....	32
4.6	Efeito da umidade na simetria da máquina.....	34
4.7	Efeito da umidade nos perfis de aplicação transversal.....	35
4.7.1	CV% transversal na largura fixa 8m.....	35
4.7.2	Menor CV% transversal e largura variável do sist. de trabalho contínuo.....	37
4.8	Perfis de aplicação longitudinal.....	38
5.	CONCLUSÕES.....	41
6.	REFERÊNCIAS	42
7.	APÊNDICES.....	46

INTRODUÇÃO

O sucesso da atividade agrícola depende de um bom planejamento no que tange todas as etapas de implantação e condução das lavouras. Dentre elas, a correção da acidez do solo e o fornecimento dos nutrientes necessários são os principais aspectos a serem considerados na manutenção da fertilidade do solo. O principal corretivo utilizado no Brasil é o calcário sólido em pó, calcítico e dolomítico, sendo aplicado sobre a superfície dos solos à lanço, predominantemente através de equipamentos distribuidores centrífugos.

A regularidade da distribuição e a simetria do perfil destas aplicações de calcários não tem ocorrido de maneira uniforme, ocasionando variações na deposição do produto sobre o solo. Isto gera gradientes de fertilidade criando zonas de maior e menor concentração de produto depositado, comprometendo a uniformização da correção da acidez do solo. Por isso, a verificação do padrão de distribuição deverá ser constantemente acompanhada para garantir uma simétrica e homogênea distribuição do produto em toda faixa aplicada.

São vários os fatores que podem afetar uma boa distribuição transversal e longitudinal de corretivos. Em primeiro lugar o tipo de produto a ser aplicado, tamanho e uniformidade de partículas, sua escoabilidade e ângulo de repouso, densidade, teor de umidade, o tipo de solo, declividade e a cobertura nele existente e ainda a presença de ventos no momento da aplicação. Os métodos adotados para a calibração e regulação do distribuidor e a definição da velocidade e largura de trabalho também impactam na qualidade da distribuição.

Desta forma, com finalidade de identificar e averiguar as questões que norteiam a distribuição a lanço dos corretivos em pó é necessário um estudo, identificando as possíveis falhas que ocorrem no campo que comprometam a qualidade da aplicação e conseqüentemente a correção desejada do solo. Em geral, os calcários utilizados pelos agricultores não possuem um padrão uniforme no teor de umidade sendo variável de acordo com as condições de armazenagem tanto do fornecedor como da conservação nas propriedades rurais em diferentes épocas do ano. Normalmente o produto fica amontoado a céu aberto no talhão a ser aplicado, exposto diretamente as variações climáticas trocando umidade com o ambiente. Quando muito seco, muitas vezes o calcário é umedecido antes de ser aplicado com intuito de evitar a deriva dos

menores grânulos. Contudo, isto origina gradientes de umidade heterogêneos no amontoado gerando conseqüentemente irregularidades durante a operação de distribuição a lanço nos perfis transversal e longitudinal, comprometendo a qualidade da tarefa executada.

Em face ao exposto, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência do teor de umidade e o tipo de calcário aplicado, sobre a distribuição à lanço com equipamento distribuidor centrífugo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os solos das regiões tropicais e subtropicais normalmente apresentam elevada acidez e altos teores de alumínio trocável (CIOTTA *et al.*, 2004). Estes solos de exploração agrícola naturalmente tendem a se tornarem ácidos ao longo dos anos por diversos fatores, tanto naturais (material de origem, profundidade do solo, cobertura e vegetação nativa, precipitação), quanto de manejo (manejo das culturas e sistema de cultivo, mineralização da matéria orgânica, adubação nitrogenada e surgimento de erosão). Existem dois tipos de acidez presente na solução do solo, sendo a acidez ativa aquela que libera íons hidrogênio (H^+) livres diretamente na solução, enquanto os H^+ não dissociados vão formar a acidez potencial. Como os solos em geral tem comportamento de ácido fraco tamponado, com os íons H^+ ligados ao complexo de trocas catiônicas (CTC) do húmus e dos minerais de argila, proporcionando efeito tampão sobre a acidez ativa que resiste manter a solução do solo em uma estreita faixa de alteração do pH (potencial hidrogeniônico) quando analisado (PROCHNOW, 2014).

Segundo Ronquim, (2010), solos com acidez elevada possuem muitos íons H^+ e poucos íons Ca^{2+} (cálcio) e Mg^{2+} (magnésio) e K^+ (potássio) adsorvidos na CTC, onde o pH baixo fornece indicativos da situação química geral deste solo. Solos nesta condição apresentam baixa CTC, baixa saturação de bases (V%), teores de alumínio tóxico (Al^{3+}) elevado, excesso de manganês, alta retenção de fósforo nos colóides e indisponibilidade de alguns micronutrientes. A saturação por bases também é um indicativo de condições gerais da fertilidade do solo, e podem ser divididos em solos eutróficos (V%>50%) considerados férteis, e distróficos (V%<50%) considerados inférteis. A maioria das culturas se adaptam bem as condições de solo com V% entre 50 e 80%, e pH em água entre 6 e 6,5.

A correção desta acidez consiste em aplicar sobre o solo, um produto que seja capaz de gerar ânions hidroxilas (OH^-), que irão reagir com o alumínio (Al^{3+}) e os H^+ livres na solução por meio de solubilização e dissociação, neutralizando seu efeito tóxico as raízes das plantas. Esta correção se faz necessária para elevação do pH do solo através da aplicação de um produto corretivo de acidez, melhorando a disponibilização de alguns nutrientes necessários para as culturas permitindo um melhor aproveitamento dos fertilizantes fornecidos às plantas, permitindo aumentar a

produtividade da maioria das culturas. O correto funcionamento do corretivo tem relação direta com a dose do produto a ser aplicada, característica do corretivo e perfeita distribuição do mesmo sobre o solo (PRIMAVESI e PRIMAVESI, 2004). Para ser considerado um corretivo de acidez, além de liberar ânions OH^- na solução do solo, a Legislação Brasileira exige que em sua composição contenha cálcio e magnésio, que podem ser classificados com base de carbonatos, silicatos, óxidos ou hidróxidos. Os primeiros apresentam reação de neutralização mais lenta, devido a transformações químicas no solo para transformação de carbonato/silicato em ânions OH^- . Já os óxidos e hidróxidos tem reação mais rápida no solo devido transformações químicas que sofreram durante o processo industrial, como a calcinação, onde já possuem ânions OH^- prontamente disponíveis para reação com a acidez do solo.

O calcário é o corretivo de acidez predominantemente utilizado no Brasil, a qual é constituído de carbonato de cálcio (CaCO_3) e carbonato de magnésio (MgCO_3), que é obtido através da moagem de rochas calcárias, de natureza sedimentar ou metamórfica, com origem orgânica. O calcário aplicado ao solo, quando em contato com água, irá liberar Ca_2^+ e Mg_2^+ e CO_3^{2-} (carbonato) em seguida HCO_3^- (bicarbonato). Estas bases são consideradas fracas e de reações lentas, possibilitando a formação de OH^- que irá neutralizar o Al^{3+} e os H^+ livres da solução do solo que estavam causando a acidez. Existem três tipos de calcários que são classificados pelo seu teor de óxido de magnésio, como sendo: calcário calcítico com teores de óxido de cálcio entre 45-55% CaO e óxido de magnésio entre 1-5% MgO ; calcário magnesiano com teores de óxido de cálcio entre 40-42% de CaO e óxido de magnésio entre 5-12% MgO ; e o calcário dolomítico com teores de óxido de cálcio entre 25-35% CaO , e óxido de magnésio entre 13-21% MgO (PRIMAVESI e PRIMAVESI, 2004).

Além destes, Alcarde, (2005) cita que existem outros tipos de corretivos de acidez de solos, que são menos empregados na agricultura, mas também trazem ação corretiva. A cal virgem agrícola, que é obtida através da queima total do calcário, tem liberação imediata de Ca_2^+ , Mg_2^+ , 4OH^- e calor na solução, sendo considerada uma base forte. A cal hidratada agrícola possui características similares a cal virgem, porém a hidratação é feita através de processo industrial. O calcário calcinado é um calcário parcialmente calcinado, onde nem todo CaCO_3 e o MgCO_3 são transformados em óxidos, sendo base intermediária entre o calcário e a cal virgem. O calcário filler é um calcário com granulometria extremamente fina, com ação neutralizante mais

rápida. Os silicatos de Ca e de Mg, oriundos de escórias de siderurgia da indústria do ferro e aço, é um subproduto que também tem efeito corretivo no solo, assim como os calcários oriundos de depósitos marinhos de corais e sambaquis, margas, entre outros, que são poucos utilizados, predominando o uso dos calcários convencionais, devido a sua grande disponibilidade no território Brasileiro.

De acordo com dados da ABRACAL, (2016), o consumo de calcário agrícola por estado Brasileiro, em geral tem sido crescente a cada ano, e dobrou o consumo dentre os anos de 1992 até 2015, chegando a ultrapassar em 2014 um total de 35 milhões de toneladas de calcário.

Quanto à dose utilizada nas áreas agrícolas, o primeiro passo antes da recomendação da calagem consiste em uma correta e criteriosa amostragem do solo da gleba a ser tratada, com o maior número possível de sub-amostras para formar cada amostra composta. Após submetê-las a análise em um laboratório especializado, já com os resultados em mãos, deve-se observar os valores de pH deste solo, CTC e V%, além dos níveis das bases como Ca, Mg, e K, para avaliar a necessidade de correção através de calagem. Raij (2011), cita que é importante considerar os tipos de acidez no solo para cálculo da dose de corretivo necessária para neutralizar os elementos tóxicos as raízes das plantas, levando em conta as curvas de neutralização do CaCO_3 para os solos com diferentes capacidades de tamponamento do pH da solução. Entretanto, Ramalho *et al.* (2000), afirma que a aplicação de fertilizantes em excesso podem degradar o solo por acumular elementos tóxicos indesejáveis.

A aplicação de corretivos, fertilizantes e sementes a lanço é pratica comum na agricultura Brasileira, sendo executadas por diversos tipos de máquinas com diferentes princípios de funcionamento e formas construtivas (MOLIN e RUIZ, 1999a). A aplicação de fertilizantes e corretivos sólidos são realizadas por diversos equipamentos disponíveis, como os distribuidores a lanço de fundo móvel e discos centrífugos, os gravitacionais ou pendular, ou ainda o distribuidor de corretivos em queda livre (MOLIN, 2011). As máquinas para adubação a lanço, podem ser utilizadas antes da semeadura da cultura ou em cobertura da mesma, sendo ela capaz de distribuir em campo o insumo existente em um reservatório, com capacidade variável, conforme modelo pelo transporte de uma esteira, em sua base, até os discos giratórios, com aletas distribuidoras (SILVEIRA, 2001). A uniformidade de distribuição de produtos sólidos é influenciada por vários fatores, entre eles, a forma construtiva

do distribuidor e a sobreposição entre as passadas. A distância horizontal pela qual as partículas são lançadas é afetada pela granulometria, densidade, forma, padronização e velocidade angular dos pratos. Os componentes de uma mistura seca tendem a separar-se, sendo projetadas mais longe as partículas maiores e de mesma densidade, sendo que o vento afeta também a distância e, conseqüentemente, o padrão de distribuição (MÁRQUEZ, 2001). Segundo Cool *et al.* (2014), durante a distribuição a lanço, as forças que atuam simultaneamente sobre a partícula de fertilizantes são a força centrífuga, a força de atrito exercida pelo disco, a força exercida pela palheta e a força gravitacional.

Segundo Molin e Menegatti (2003), os distribuidores a lanço estão sendo utilizados como máquina alternativa, tanto nas aplicações em cobertura como em aplicações pré-plantio; na maioria dos casos, porém, não se tem informação confiável quanto à qualidade de aplicação e nem da largura de trabalho de grande parte das máquinas disponíveis no mercado brasileiro. Essa largura deve ser determinada em função de uma simetria mínima na taxa aplicada, obtida a partir da sobreposição das passadas contíguas. A determinação da largura efetiva de trabalho é determinada por normas e metodologia de ensaios padronizados (MOLIN e RUIZ, 1999b). De acordo com Molin e Mazotti (2000), para determinação do perfil transversal, existem duas normas que padronizam os coletores para ensaios de distribuição transversal: ISO 5690/1-1982 e ASAE S341.3 que se assemelham entre si em sua maioria. Estas normas citam que os coletores devem possuir medidas de 500x500mm ou 250x1000mm, com altura mínima de 150mm. Molin e Ruiz(1999a), fizeram um estudo avaliando coletores alternativos, como embalagens de papelão e latas de óleo reaproveitadas, realizando a medição do volume de material em testes comparativos com a recomendação da norma ISO 5690/1, para determinar a largura efetiva de trabalho. Naquela ocasião, obtiveram informações tão eficientes quanto às aquelas obtidas com coletores padronizados pela norma ISO 5690/1, no objetivo de fornecer uma metodologia prática ao usuário. No entanto Primo *et al.* (2007) fizeram um estudo avaliando aplicação de uréia a lanço em três modelos de distribuidores centrífugos com dosadores gravitacionais, e quatro tipos de coletores, sendo um de acordo a norma ISO 5690/1 (1982), e três alternativos com área de coleta diferenciadas. Os autores concluíram que os coletores apresentaram comportamentos diferenciados

entre os distribuidores e coletores avaliados, variando também segundo o sistema de trabalho, apresentando dados não constantes.

A uniformidade de trabalho de um distribuidor centrífugo é determinada o diagrama de distribuição com valores de largura útil e largura máxima de trabalho, e que o parâmetro utilizado para avaliar o equipamento é o coeficiente de variação (ORTIZ-CAÑAVATE *et al.* 1989). Estes autores consideram que são satisfatórios coeficiente de variação de até 20% para grânulos e de até 30% para produtos em pó. No entanto, Valdez (1978), afirma que com um coeficiente de variação de 33% apresenta um perfil de distribuição suficientemente uniforme, e que não afeta o rendimento da cultura significativamente. Já Weiss (1986), cita como grau de uniformidade de distribuição muito bom um coeficiente de variação de até 10%, bom até 20% regular até 33% e acima deste como pobre. Todavia, DALLMAYER (1985), relata que a Sociedade de Agricultura Alemã não reconhece distribuidores centrífugos que apresentam perfil transversal com valores de coeficiente de variação superiores a 12,5%. Marchetti *et al.* (2005) estudando a distribuição de calcário com a utilização de um equipamento pendular concluíram que os melhores coeficientes de variação foram obtidos na maior abertura estudada; entretanto somente na maior abertura e velocidade de 15 Km h⁻¹, o coeficiente de variação ficou abaixo de 12,5%, adotado como norma. Com os resultados obtidos no ensaio de distribuição de calcário utilizando o método de sobreposição foi possível obter valores de largura útil de trabalho, coeficiente de variação e simetria para cada regulagem.

Primo, *et al.* (2003), avaliando a distribuição transversal de três máquinas com diferentes mecanismos distribuidores em doses variadas de uréia, concluíram que a uniformidade de distribuição foi afetada pelo volume de produto aplicado, variando a largura de trabalho conforme o tipo de mecanismo distribuidor e a quantidade de produto distribuído. Ganascini *et al.* (2016a), avaliando um equipamento distribuidor com discos centrífugos, em diferentes taxas de aplicação de calcário a lanço e diferentes métodos de percurso, concluíram que o CV% foi modificado com a variação da taxa aplicada e não seguiu uma tendência linear, alterando o perfil transversal de aplicação a cada taxa avaliada e a cada tipo de percurso trabalhado. Molin e Ruiz (1999b), fazendo um estudo da viabilidade de utilização de barra de luz com sinal DGPS frente a outros meios de alinhamento de percurso em aplicações de calcário e uréia com duas velocidades, concluíram que os erros de percursos são fatores que

refletem diretamente sobre o resultado da deposição do produto aplicado a lanço, e devem ser considerados na avaliação da qualidade das aplicações.

As características físicas dos corretivos como teor de umidade, granulometria e ângulo de repouso tem maior influência do que as características químicas na qualidade resultante da aplicação (LUZ *et al.* 2010). Estes autores, em levantamento de informações para caracterização de calcário em cargas comerciais entregues a produtores, obtiveram valores de umidade que variaram de 2,1% a 15%. Assim, ficou evidente que há variabilidade muito grande nos teores de umidade dos calcários encontrados comercialmente e que os fornecedores não garantem limites de teor de umidade mínimo e máximo, implicando diretamente na qualidade e eficiência da distribuição a lanço. Ganascini *et al.* (2016b), ao realizarem caracterização e avaliarem a influência de seis teores de umidade de um calcário sobre a vazão de um equipamento distribuidor centrífugo com controle de fluxo gravitacional regulado por comporta de abertura variável, concluíram que: ao aumentar o teor de umidade do calcário, aumentava-se a coesão entre as partículas, aderindo mais ao equipamento dificultando sua escoabilidade. Concluíram ainda, que a variação da umidade alterou os resultados de granulometria pela agregação que ocorre entre as partículas do produto, e os calcários com teores acima de 2% não escoam em dosador com controle de fluxo gravitacional.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local dos Ensaios

O preparo das amostras e o ensaio de coleta de dados à campo, foi desenvolvido no Oeste do Paraná, no município de Céu Azul, na área da fazenda Agro Tasca, sobre solo de cultivo anual em sistema de plantio direto, em meados de março de 2017. O local do ensaio possui relevo praticamente plano, com 628m de altitude e com duas laterais do terreno, oeste e norte, envoltos por vegetação alta, que funcionaram como barreira para minimizar o efeito de rajadas de ventos. A área estava em pousio com o solo coberto dos restos culturais da lavoura de soja cultivada anteriormente.



Figura 1. Local de realização do ensaio de campo.

Fonte: Google Earth Pro, 2017.

Os ensaios de Laboratórios foram realizados nas dependências da UNIOESTE- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus de Cascavel.

3.2 Conjunto estudado

O conjunto trator-distribuidor utilizado para realização dos ensaios é pertencente ao campus da UNIOESTE de Cascavel, estando em plenas condições de uso, empregado nas rotinas de aulas práticas da Universidade. Trata-se de um trator

de rodas marca John Deere modelo 7515 4X2 com tração dianteira auxiliar, ano de fabricação 2009, com potência nominal de 140 hp a 2100 RPM. A este, foi acoplado um distribuidor de corretivos e fertilizantes marca Stara modelo Hercules 7000, ano fabricação 2009, conectado pela barra de tração e pela TDP do trator para acionamento do motor hidráulico que realizava a ativação do sistema. O equipamento possui rodados tandem com bitola regulável, depósito trapezoidal, com mecanismo dosador volumétrico por esteira transportadora e mecanismo distribuidor centrífugo de discos duplos, posicionados horizontalmente a 0,90m do solo. Abaixo segue os dados técnicos do distribuidor, segundo STARA S/A (2010).

Tabela 1. Dados técnicos do distribuidor Hercules 7000 Stara

Capacidade de carga do reservatório	7000kg
Volume do reservatório	3900L
Faixa de escoamento	13 a 6000 kg ha ⁻¹
Largura de distribuição produtos em pó	até 14m
Largura de distribuição produtos granulados	até 36m
Discos de distribuição disponíveis	10-18, 18-24, 24-36 e discos p/ calcário
Velocidade de trabalho	4 a 18 km h ⁻¹
Potencia requerida	mínima de 80 hp

Este equipamento estava dotado de sistema de aplicação à taxa variada APS Stara, com controlador eletrônico modelo Falcon 3500 para visualização e informação dos dados de calibração e operação (largura de aplicação, taxas a serem aplicadas, velocidade, etc). Este sistema possui componentes eletrônicos que fazem variar a velocidade da esteira dosadora do equipamento ao longo da aplicação, sem a necessidade da intervenção do operador, ajustando-se automaticamente conforme a variação de velocidade e da taxa de aplicação. Está também equipado com monitor multifunção com sinal DGPS marca Stara modelo Topper S3, para visualização dos mapas de aplicação utilizados em agricultura de precisão.

O distribuidor foi montado para o ensaio na configuração com discos para distribuição de produtos em pó, com seis aletas de distribuição cada disco, sendo quatro aletas de 247mm de comprimento e duas aletas opostas de 277mm. As aletas mais curtas possuíam quatro posições de ângulo de trabalho, e as aletas longas possuíam três posições. Para este ensaio com todas amostras de calcário estudadas, as aletas foram todas mantidas todas na posição do orifício 1, totalmente recuadas. Esta configuração foi a que conferiu o melhor perfil de distribuição pelo equipamento,

conforme ensaios prévios realizados com calcário calcítico em dois teores de umidade no dia anterior ao ensaio definitivo.



Figura 2. Conjunto trator-distribuidor centrífugo, utilizados na realização dos ensaios de campo.

3.3 Produtos avaliados e delineamento experimental

Os produtos avaliados neste ensaio foram os dois tipos de corretivos de acidez do solo com granulometria em pó, sendo o calcário calcítico e o calcário dolomítico, comercialmente utilizados por agricultores da região.

O volume total dos calcários utilizados para realização dos ensaios, foram gentilmente cedidos pela Coopavel Cooperativa Agroindustrial, coletados no seu depósito central de calcários junto ao terminal ferroviário, em Cascavel-Pr. Este depósito possui galpões cobertos e fechados ao abrigo de chuva, onde armazena grande quantidade de calcário para fornecimento aos associados. Segundo informações da Cooperativa, ambos os calcários, calcítico e dolomítico, são oriundos de uma mineradora em Rio Branco do Sul no Paraná. Foram utilizados para este experimento, 6000 kg de calcário calcítico e 4000 kg de calcário dolomítico,

aconicionados em embalagens big-bag com massa ao redor de 1000kg cada. As características químicas e físicas similares ao dos calcários utilizados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Características químicas e físicas similares ao dos calcários utilizados nos ensaios, segundo laudos de análise do Laborsec – Laboratório de Análises Físico-Química Ltda.:

Tipo calcário	Calcítico	Dolomítico
Óxido de Cálcio (CaO)%	38,08	29,23
Óxido de Magnésio (MgO)%	8,43	20,48
Soma total dos Óxidos (CaO+MgO)%	46,51	49,71
Material passante na peneira ABNT nº 10 (2,00mm)%	100,00	100,00
Material passante na peneira ABNT nº 20 (0,84mm)%	94,58	96,40
Material passante na peneira ABNT nº 50 (0,30mm)%	71,02	80,78
Poder de Neutralização (% equivalente em CaCO ₃)%	89,14	102,15
Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT)%	76,87	92,72
Umidade %	0,06	0,08
Número Laudo	497	496
Data Coleta	16/08/2017	
Data Laudo	05/12/2017	

O delineamento experimental adotado para este trabalho, foi o esquema fatorial 2x4, sendo dois tipos de calcários (calcítico e dolomítico) e 4 teores de umidade em cada, com cinco repetições de coleta, perfazendo um total de 40 unidades experimentais.

3.4 Ensaios de campo e metodologias adotadas

3.4.1 Determinação da umidade inicial

Com as embalagens de calcários já no local de ensaio, detectou-se variação da umidade entre as amostras dos big-bags e assim foi feita identificação dos mesmos. Realizou-se a coleta de amostras em porções de aproximadamente 1000g do centro de cada big-bag para determinação da umidade inicial em que foi recebido os calcários, alocando-as em sacos plásticos fechados para não ter interferência da umidade do ambiente. Esta determinação foi necessária para identificar a real umidade a qual foi recebido as embalagens de calcário, e assim definir quais os teores de umidade que buscava atingir em cada faixa para cada tipo de calcário. Para determinação da umidade base seca das amostras coletadas em todas as etapas deste trabalho, foi adotado o método gravimétrico padrão em estufa, utilizando-se da

estrutura do laboratório de física do solo. Estas amostras foram homogeneizadas e retirou-se 3 porções de aproximadamente 50g para cada amostra dos big-bags sendo a diferença de massa antes e após serem submetidas a período de secagem, determinadas através de balança de precisão com resolução de 0,001g.



Figura 3. Determinação da umidade inicial das amostras de calcário.

3.4.2 Preparo das amostras

Como não foi encontrado na literatura uma metodologia a ser seguida para umedecimento e controle da umidade do calcário, foi desenvolvido uma metodologia própria que pudesse elevar os teores de umidade das amostras a níveis diferentes e superiores a qual se encontravam. Partiu-se do princípio que, conhecendo os teores de umidade que as amostras estariam, em uma massa conhecida de calcário ao adicionar água com massa também conhecida, após mistura e homogeneização poderia elevar os teores de umidade de cada amostra a níveis desejados.

Com uma balança eletrônica de precisão marca BEL modelo S622 com resolução de 0,01g e função estabilizadora, e proveta graduada com escala de 1000mL, determinou-se a massa da proveta vazia, em seguida a massa deste volume de água pura no total da escala. Para cada 1000mL de água pura correspondeu a 1000g confirmando o princípio que a água pura possui densidade igual a 1, então adotou-se que esta massa de água seria capaz de elevar em 1% a umidade de 100kg de calcário totalmente seco.

Nos dias que antecederam ao ensaio de campo, já com os resultados das umidades das amostras dos big-bags inicialmente determinadas, foi realizada tarefa de umedecimento e homogeneização destes calcários. Partiu-se da umidade que estavam os calcários secos para elevar em mais três diferentes teores de umidades

similares em cada tipo de calcário, com diferença entre uma faixa e outra de 2,37%, conforme mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Identificação das amostras e teores de umidades inicial encontrados nas amostras, teores pretendidos e teores prévios após umedecimento

Teor umidade	Tipo calcário	Uc% inicial	Uc% pretend	Uc% prévia
C-0 Seco	Calcítico	0,50	0,50	0,50
C-1 Interm.1	Calcítico	1,52	2,87	2,38
C-2 Interm.2	Calcítico	1,66	5,23	5,79
C-3 Úmido	Calcítico	1,35	7,60	9,05
D-0 Seco	Dolomítico	0,27	0,27	0,27
D-1 Interm.1	Dolomítico	0,81	2,87	3,56
D-2 Interm.2	Dolomítico	1,67	5,23	5,14
D-3 Úmido	Dolomítico	1,78	7,60	9,16

Desta forma, foi adotada a metodologia própria para umedecimento, procedendo-se da seguinte maneira: instalou-se uma betoneira elétrica marca CSM, de reservatório com capacidade para 400L, fixada sobre uma plataforma de madeira. Esta plataforma e a betoneira estavam sobre uma balança rodoviária móvel com quatro unidades individuais de pesagem, comandada por software de um tablet que recebia os dados via wifi.



Figura 4. Estrutura montada para umedecimento das amostras de calcário.

Determinou-se a tara deste conjunto balança-plataforma de madeira, em seguida utilizando-se de pás manuais, adicionou-se massa de calcário com umidade previamente determinada, anotando a massa inicial fornecida pela balança rodoviária em planilha de excell. Com as equações desenvolvidas para medir a quantidade de água a adicionar na amostra para se obter os teores de umidade pretendidos, era possível estimar quanto de água estava presente na amostra inicial. Subtraiu-se este valor da massa inicial de calcário, encontrou-se a massa de calcário seco.

Conhecendo este valor e a umidade pretendida, buscou-se o valor suposto de água total que a amostras estaria após adição de água. O volume de água a adicionar na massa de calcário inicial de cada amostra da betoneira, foi determinado pela subtração da água presente sobre a água total da amostra, com adicional de 5% como fator de segurança. A seguir, estão as equações utilizadas e exemplo de cálculos para obtenção do volume de água a adicionar em cada amostra.

Equações desenvolvidas:

$$\mathbf{A_p = (M_{ci} / 100) \times U_a}$$

$$\mathbf{M_{cs} = (M_{ci} - A_p)}$$

$$\mathbf{A_t = U_p \times (M_{cs} / 100)}$$

$$\mathbf{A_a = (A_t - A_p) \times 1,05}$$

onde:

A_p – água presente na amostra (kg);

M_{ci} – massa calcário inicial (kg);

U_a – umidade atual (%);

M_{cs} – massa calcário seco (kg);

A_t – água total (kg);

U_p – umidade pretendida (%);

A_a – água a adicionar (kg)

Exemplo de cálculo da amostra do calcário calcítico elevando para maior umidade:

$$A_p = (240 / 100) \times 1,35 \Rightarrow 3,24\text{kg de água presente na amostra inicial;}$$

$$M_{cs} = (240 - 3,24) \Rightarrow 236,76\text{kg de calcário totalmente seco;}$$

$$A_t = 7,6 \times (236,76 / 100) \Rightarrow 17,99\text{kg de água total da amostra após umedecimento;}$$

$$A_a = (17,99 - 3,24) \times 1,05 \Rightarrow 15,48\text{kg de água a adicionar na amostra}$$

Promoveu-se a agitação durante cinco minutos para homogeneização da amostra. Anotou-se a massa da amostra já umedecida. A variação de massa lida na balança, entre a amostra seca e a amostra úmida do calcário, fornecia uma proposição do teor de umidade em base seca que a amostra deveria estar após umedecimento e homogeneização. Devido a betoneira possuir baixa capacidade de mistura do calcário, este processo foi feito por etapas dividindo em 4 vezes cada big-bag, em bateladas com massa de 240kg de calcário inicial. O calcário umedecido foi novamente

acondiçionado em big-bag devidamente identificado e retirou-se novamente porção central de sub_amostra para determinação do teor de umidade final em laboratório, confrontando os resultados para verificar se atingiu o grau de umidade desejado em cada faixa adotada. Todos estes procedimentos se repetiram para os três teores de umidade em cada tipo de calcário umedecidos.

As amostras foram mantidas nos big-bags fechados em local protegido durante cinco dias, afim de promover a completa homogeneização da umidade. Após este período estas amostras foram transportadas por caminhão com guindaste hidráulico, até o local de realização do ensaio de campo.

3.4.3 Ajuste de vazão do equipamento

Realizou-se o ajuste da vazão e dosagem do equipamento para os ensaios de campo seguindo o procedimento padrão para este equipamento equipado com controlador eletrônico APS Stara. Abasteceu-se o reservatório com calcário calcítico em umidade baixa que estava disponível no monte na lavoura, disponível na propriedade em maior quantidade. O volume ocupado do reservatório com o calcário foi de aproximadamente 30% de sua capacidade. A comporta foi aberta e travada na posição 30 buscando liberar do depósito uma dosagem média de 2000 kg ha⁻¹ de calcário, na qual foi a taxa pretendida e pré-fixada para este trabalho.

Para avaliação da vazão de produto, retirou-se os discos distribuidores do equipamento e o solo foi coberto com lona plástica para evitar perda de produto. Acionou-se a esteira do equipamento por 160 pulsos, a qual o sistema eletrônico do equipamento realiza uma relação pulsos por quilograma de produto. O calcário lançado pelo mecanismo dosador neste intervalo de tempo foi coletado em baldes, onde obteve-se 39 kg de calcário em cada período de acionamento. Ao informar para o sistema a massa coletada no intervalo ele faz o ajuste de vazão conforme taxa pré-estabelecida. O valor considerado para largura útil de aplicação foi de 8 metros e a velocidade de deslocamento do conjunto foi de 6 km.h⁻¹.



Figura 5. Calibração de vazão do equipamento utilizado nos ensaios.

3.4.4 Caracterização ambiental

Realizou-se a caracterização das condições ambientais no momento dos ensaios, através de um termo-higro-anemômetro digital portátil, marca Akso modelo AK821, que determina a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento respectivamente. Possui resolução de $0,1^{\circ}\text{C}/0,1\%/0,1\text{m s}^{-1}$, e precisão da leitura de $\pm 1^{\circ}\text{C}/\pm 3\%$ e $\pm 0,3\text{m s}^{-1}$. Durante o deslocamento do conjunto na pista de ensaio em cada uma das amostras de calcário avaliadas, coletou-se estas informações do ambiente para compor as informações dos resultados de avaliação. Milan e Gadanha Junior (1996), citam que a velocidade do vento não deve ser superior a $2,0\text{m s}^{-1}$, e a UR% não pode ultrapassar 80%.

3.4.5 Normas técnicas adotadas

Os materiais, preparo da pista de ensaio com os coletores e procedimentos utilizados durante todas as avaliações de faixa de distribuição, foram seguidas as normas técnicas *ISO 5690/1* (ISO, 1982), e a *ASAE S341.3* (ASAE, 2006), conforme foi citado por Milan e Gadanha Junior (1996). Tais normas tratam das condições de ensaios, caracterização do produto, procedimentos e apresentação dos resultados esperados. São estas normas que definem a uniformidade transversal na distribuição de produtos a lanço, utilizando de CV% para determinação da largura efetiva de trabalho, como medida de prevenção para que não ocorram zonas desuniformes da dose aplicada, com a sobreposição de passadas.

3.4.6 Distribuição dos coletores na pista de ensaio

Para coleta do produto durante os ensaios, foram utilizadas um total de 150 bandejas coletoras em polietileno, com dimensões 500x500mm de lado e 150mm de altura, seguindo os padrões estabelecidos pela norma *ISO 5690/1* (ISO, 1982). A distribuição dos coletores na pista de ensaio foi realizada da seguinte maneira: com o conjunto trator-distribuidor posicionado na pista de ensaio em solo nivelado, demarcou-se os dois coletores centrais que ficariam entre os rodados do trator. Estendeu-se uma fita métrica graduada rente ao solo por 20m, de maneira que os 2 coletores centrais sob o trator ficassem na posição 17 e 18, completando com os demais coletores paralelos em cada lado do conjunto, totalizando 34 coletores cobrindo uma faixa de aplicação de 17 m. Os 34 coletores ficaram dispostos lado a lado no sentido transversal a passagem do conjunto, formando um bloco de coleta. Os coletores da posição 15 e 16, e os da posição 19 e 20, que ficaram na direção dos rodados foram removidos para livre trânsito do conjunto, mas tiveram seus valores interpolados no armazenamento dos dados.



Figura 6. Distribuição dos coletores na pista de ensaio

Para o ensaio definitivo, foram adicionadas mais 4 fileiras com 30 coletores, espaçadas entre si em 1,50m, permitindo coletar dados com repetições e avaliar a distribuição longitudinal.

3.4.7 Testes prévios para ajuste de perfil e largura de trabalho

Para ensaio prévio para ajuste do perfil e largura de trabalho do equipamento distribuidor, foi utilizado apenas uma fileira com 38 coletores, cobrindo 19m de largura de coleta. Assim, forneciam dados para simulação da real situação do perfil do equipamento da forma que vinha sendo utilizado anteriormente. Antes de qualquer ajuste do equipamento, os discos estavam com as seis aletas todas longas, de 277mm de comprimento cada. Estas aletas longas possuíam ajuste de posições em três furos, para avanço ou recuo do ângulo de trabalho das mesmas, a qual estavam todas na posição do furo 1. A velocidade de deslocamento do conjunto adotada nos testes preliminares foi de 6 km h⁻¹, com trator na marcha C2 a 1800 RPM do motor.

Foram utilizadas duas amostras de calcário calcítico (A e B) para realização dos testes prévios, as quais foram submetidas para caracterização física, como umidade gravimétrica, densidade e ângulo de repouso, similarmente aos das amostras do ensaio definitivo. Foram encontrados os valores médios, conforme apresentados na Tabela 4.

Tabela 4.: Valores médios da caracterização física encontrados nas duas amostras de calcário calcítico utilizadas nos testes prévios

Amostra	Uc%	Densidade	Ângulo de Repouso
A	1,74	1,15	69,62
B	6,84	1,17	70,35

As condições ambientais foram caracterizadas, sendo que a T°C oscilou entre 24,2 a 25,4°C; a UR% variou entre 52,3 a 54,9%, e a velocidade do vento variou entre 3,5 a 10,3 km h⁻¹, respectivamente para os calcários A e B. Foram realizados alguns testes de distribuição sobre a fileira de coletores para identificar qual era o perfil de distribuição do equipamento e a necessidade de ajuste de ângulos das aletas para buscar o melhor perfil transversal possível. Os dados foram avaliados através do programa Adulanço 3.1 (Molin *et al.*, 2015), considerando os três sistemas de trabalhos sugeridos pelo programa, sendo alternado esquerdo, alternado direito e contínuo. A configuração inicial em que estava o equipamento, apresentou muita irregularidade no perfil de distribuição transversal, com elevado valor de CV% e assimetria negativa, concentrando maior quantidade de calcário do lado esquerdo do equipamento. Foram necessários 7 testes com o calcário A, mudando posições e o tamanho de aletas para se conseguir o perfil simétrico ideal para distribuição deste

equipamento. Para isso, foram substituídas dos discos de calcário parte das aletas longas por aletas mais curtas de 247mm, a qual possuíam 4 furos para ajuste de posição de ângulo de trabalho das mesmas. Após conseguir um perfil simétrico, nesta configuração foi conferido também com o calcário B mais úmido, para verificar se manteria a regularidade e simetria do perfil. Os dados de posição das aletas e CV% no sistema de trabalho contínuo estão apresentados abaixo na Tabela 5.

Tabela 5. Dados dos testes prévios realizados para ajuste do perfil de distribuição nas duas amostras de calcário calcítico utilizadas nos testes prévios.

Teste	Tamanho aletas	Posição Aletas	CV% em 8m	<CV%/Largura
7-A	longas e curtas	2L f1 4C f1	12,21	9,76/ 5,0
8-B	longas e curtas	2L f1 4C f1	20,99	6,68/ 4,5

Nota (posição Aletas): L= aleta longa; C= aleta curta; f1= posição furo para ângulo com recuo total da aleta; f2= posição furo para ângulo com pouco avanço da aleta.

Buscou-se neste trabalho, encontrar um CV% dentro do limite máximo de 20% para uma largura fixa de 8m no sistema de trabalho contínuo. A configuração das aletas do teste 7 foi o que conseguiu um perfil de distribuição mais uniforme e simétrico do calcário A, com CV% em 8m de largura em 12,21% neste sistema de trabalho. Segundo Milan e Gadanha Júnior (1996), o sistema de trabalho contínuo tende a ajustar variações na distribuição, enquanto os sistemas de trabalho alternados podem aumentar as imperfeições.

A figura abaixo apresenta os gráficos das avaliações feitas através do Adulção, para o teste 7.

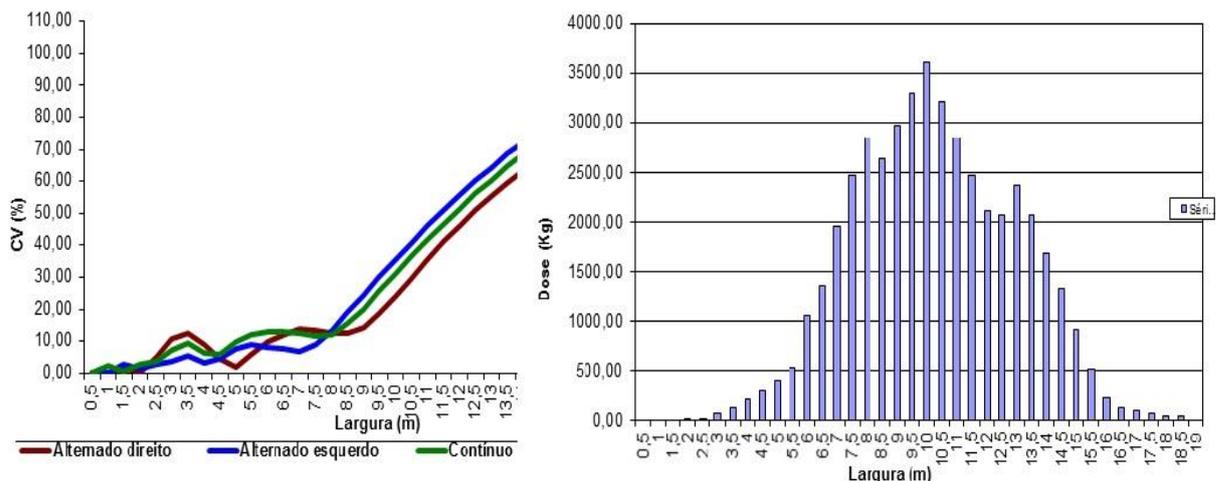


Figura 7. Gráfico do CV% em função da largura de trabalho, e perfil de distribuição do equipamento para o teste 7.

Assim em seguida foi realizado um teste com calcário B, que estava com maior teor de umidade, mostrando aumento significativo na variação do perfil aparecendo novamente a assimetria negativa, elevando o CV% para 20,99% em 8m de largura no

sistema de trabalho contínuo. Isto sinalizou a hipótese de que o teor de umidade do calcário influencia diretamente na qualidade da sua distribuição pelos equipamentos centrífugos. A figura a seguir apresenta os gráficos de CV%, e de perfil de distribuição do Adulção, para o teste 8 com o calcário B.

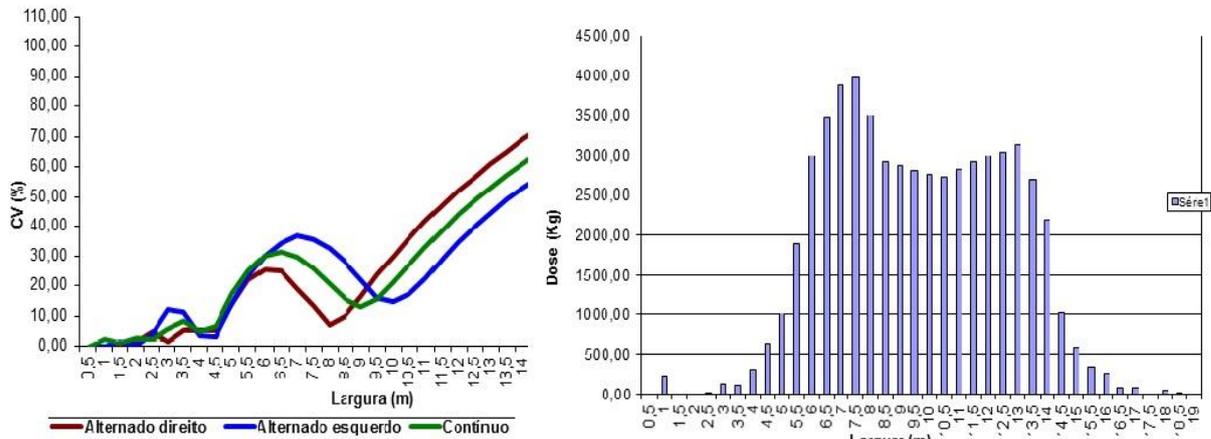


Figura 8. Gráfico do CV% em função da largura de trabalho, e perfil de distribuição do equipamento para o teste 8.

Na figura 9, é exibido um comparativo de perfil entre os testes 7 (com calcário mais seco) e 8 (com calcário mais úmido), mostrando a variação da simetria entre as duas umidades do calcário avaliado.

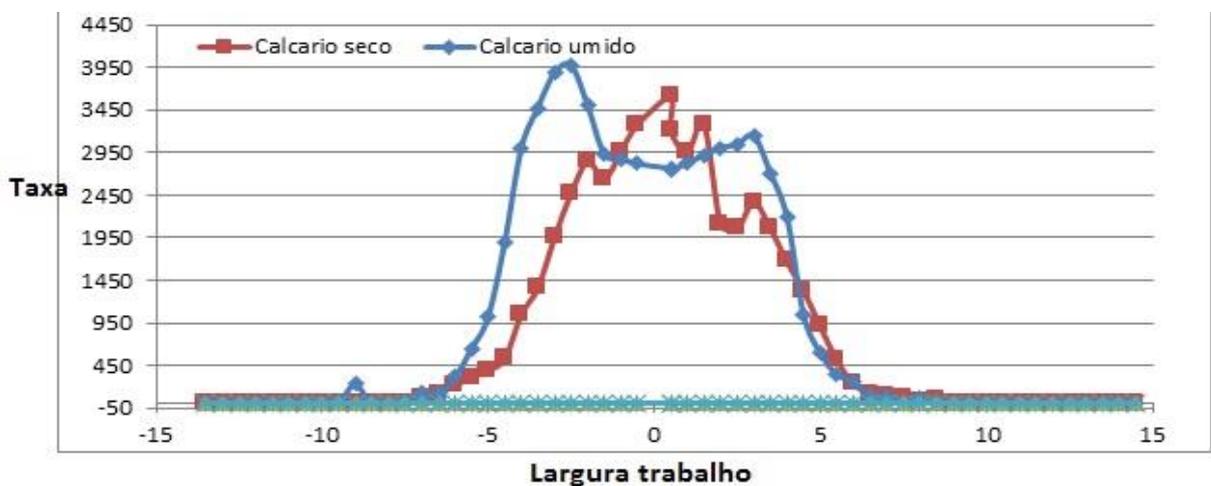


Figura 9. Gráfico comparativo de perfil testes 7 e 8, taxa (kg ha^{-1}) em função da largura de trabalho (m.).

As figuras abaixo mostram o esquema de montagem das posições das aletas nos discos, destacando a diferença das aletas curtas e das aletas longas, bem como a posição do furo 1 definida neste trabalho após ajuste de perfil.

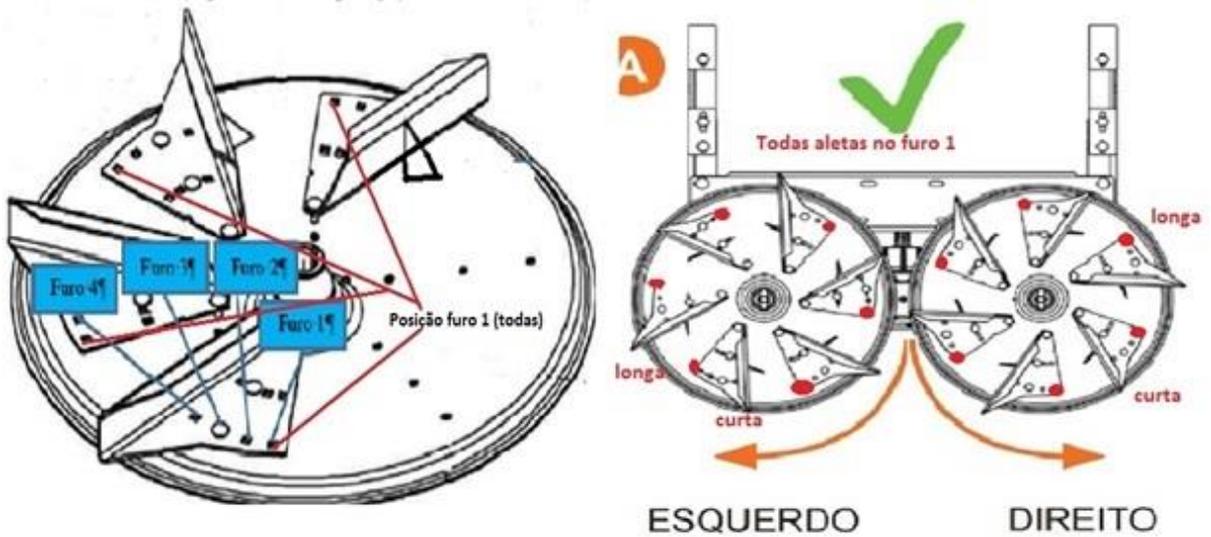


Figura 10. Esquema da montagem das aletas e posições nos discos.



Figura 11. Posição das aletas montadas todas na posição recuadas do furo 1.

Após os testes prévios, determinou-se que esta configuração seria a melhor conseguida para simetria de perfil, tendo como referência o calcário A, com os discos montados na configuração de quatro aletas curtas e duas aletas longas opostas, todas na posição do furo 1 totalmente recuadas. Optou-se assim em utilizar esta configuração definitivamente para todas as amostras de calcários que seriam utilizadas no ensaio definitivo, realizado no dia seguinte.

Para obtenção de perfil uniforme e maior rendimento operacional do distribuidor, deve-se conciliar um CV% que esteja abaixo do limite máximo aceitável de 20% com a maior largura de trabalho da máquina (HACHUY, 2008). DALLMAYER (1986), relata que a Sociedade de Agricultura Alemã exige CV% do perfil transversal abaixo de 12,5% para reconhecimento de distribuidores.

3.4.8 Ensaio definitivo com os calcários

No ensaio com as amostras definitivas dos dois tipos de calcários com diferentes teores de umidade, foram considerados a seguinte nomenclatura:

C – calcário calcítico; D – calcário dolomítico;

0 – menor teor de umidade; 1 – teor intermediário 1; 2 – teor intermediário 2;

3 – maior teor umidade.

Com o equipamento já configurado na regulagem do perfil previamente ajustado, montou-se a pista de ensaio com 5 fileiras de 30 coletores paralelas entre si, com espaçamento de 1,5m entre fileiras. Esta conformação permitiu proceder a avaliação do perfil transversal e já possibilitou avaliar a regularidade da aplicação formando o perfil longitudinal.

Assim, procedeu-se abastecimento do reservatório do equipamento, sendo o big-bag suspenso pelo guindaste do caminhão que fez o transporte de todas embalagens de calcários. Após abastecido o distribuidor, definiu-se a marcha de trabalho do trator em C3, e rotação do motor em 1800 RPM, que proporcionou velocidade de deslocamento do conjunto de 7 km h⁻¹ e velocidade angular de 540 RPM na TDP do trator. Durante a distribuição de cada tipo de calcário, coletou-se informações das condições ambientais, conforme já descrito no item 3.4.4.

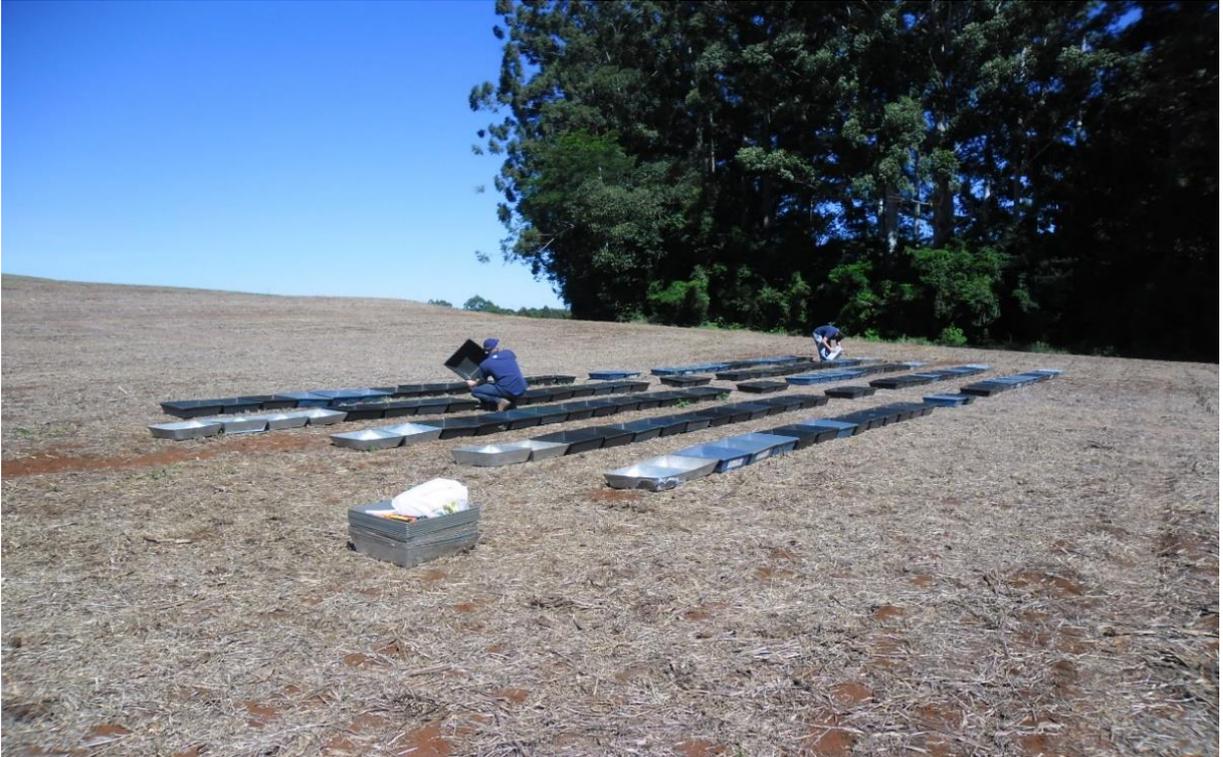


Figura 12. Coletores dispostos na pista de ensaio.

Após passagem do conjunto sobre a pista de ensaio, utilizou-se sacos plásticos com capacidade de 20L para coleta de amostra do calcário ensaiado ainda no depósito do distribuidor, em torno de 20kg para cada amostra ensaiada. Amarrou-se bem os sacos plásticos com borrachas, para não sofrer interferência de umidade do ambiente externo, que posteriormente procedeu-se as análises de caracterização dos calcários nos laboratórios da Unioeste campus de Cascavel-PR.

3.4.9 Coleta das amostras e armazenagem dos dados

Para organização na coleta das amostras retidas em cada um dos coletores, estes foram numerados de 1 a 34, da esquerda para direita, em cada linha de coleta. Os pontos de coleta 15-16 e 19-20 compreendiam aos coletores que estavam na direção dos rodados e que foram removidos para passagem do conjunto durante a aplicação, e inicialmente era considerado seus valores como zero. O produto retido em cada coletor foi recolhido em copos plásticos individuais também na mesma sequência enumerada dos coletores. Através da balança de precisão marca BEL modelo S622 com resolução de 0,01g e função estabilizadora, foi determinado a massa do copo com o produto e a massa do copo vazio, individualmente para cada

amostra de produto retida em cada coletor. Os valores eram lançados em uma planilha de excell, a qual armazenava os dados e já convertia o valor para taxa aplicada em kg ha^{-1} . A tabulação dos dados, interpolações, simulação gráfica de faixa aplicada e sobreposições e as sugestões de largura de trabalho em função do CV%, foi realizada através do software Adulanco versão 3.1, conforme descrito e utilizado por Molin *et al.* (2015).

3.5 Caracterização física dos produtos

As determinações dos teores de umidade base seca de cada amostra foram determinadas pelo método gravimétrico padrão em estufa, conforme metodologia descrita no item 3.4.1, utilizando-se da estrutura do laboratório de física do solo. Na determinação da umidade das amostras de calcário provenientes dos ensaios de campo definitivos, retirou-se sub-amostras de 50g em 6 repetições, para cada teor de umidade dos calcários.

3.5.1 Densidade ou massa específica

Para determinação da densidade dos calcários, utilizou-se de um recipiente cilíndrico com volume total de $340,3 \text{ cm}^3$ até a borda superior, calibrado com água através de pipeta graduada de 100 cm^3 . Após o recipiente limpo e seco, enchia-o com a amostra de calcário totalmente até extravasar da borda, sendo despejado de uma altura de 0,25 m. Nivelou-se a borda para retirar o excedente com uma espátula, em seguida determinou-se a massa contida de calcário no recipiente sem sofrer compactação ou pulso, na mesma balança de precisão com resolução de 0,001 g. Os valores eram anotados e armazenados em Excell. A densidade se deu de forma direta, entre a relação de massa por volume. Como as análises foram determinadas em laboratório fechado, com ambiente controlado, a $T^{\circ}\text{C}$ e a UR% se mantiveram constantes em $24,3^{\circ}\text{C}$ e 76%, respectivamente.

Embora Milan e Gadanha Junior, (1996), afirma que a amostra deve ser suficiente para realizar duas repetições para determinação de densidade, neste trabalho repetiu-se este procedimento por oito vezes em cada grau de umidade do calcário. Isto se fez necessário para minimizar efeitos de variação de volume em

função de maior ou menor umidade. Assim, determinou-se a média destes oito valores e a partir destes calculou-se a relação entre massa e volume de cada amostra, obtendo assim a densidade ou massa específica do produto. Ganascini *et al.* (2016), fizeram caracterização de calcário adotando três repetições como suficientes para determinação da densidade.



Figura 13. Determinação das densidades das amostras.

3.5.2 Análise granulométrica

A análise granulométrica foi determinada de acordo com a *ISO 5690/1* (ISO, 1982), no Laboratório LEME - protótipos, submetendo oito amostras de 1000g de cada tipo de calcário a agitação constante durante cinco minutos, sem realizar secagem das mesmas. Utilizou-se do equipamento agitador de peneiras da marca Contenco Pavitest modelo C2026 que agitou um conjunto de peneiras montado para corretivos e fertilizantes em ordem decrescentes. As peneiras tinham as seguintes malhas: 4,000mm; 2,800mm; 2,000mm; 1,000mm; 0,710mm; 0,500mm; 0,250mm; 0,125mm e fundo liso. Determinou-se a massa de calcário retida em cada peneira e no fundo individualmente, através da balança marca Marte modelo AD16K com variação de 0,1g.



Figura 14. Determinação da granulometria das amostras com menor umidade

3.5.3 Ângulo de Repouso

Para determinação do ângulo de repouso, utilizou-se do equipamento construído por Renosto (2017), proposto por Mohsenin (1986), disponível no Laboratório de máquinas agrícolas, utilizando a mesma metodologia citada por Molin *et al.* (2009). Utilizou-se deste equipamento com a base menor de 110mm, igualmente em todas amostras avaliadas, para que o acúmulo do produto e formação do amontoado central tivesse o mínimo de interferência da umidade e escoasse bem pelas frestas laterais. Abastecia-se o cilindro superior com o calcário enchendo-o até a borda. Abria-se a comporta inferior para escoamento do produto através das frestas ao redor da base, e o produto era direcionado através de um funil caindo em um balde de 20L, sobrando apenas o amontoado sobre a base. Em seguida retirava-se com cuidado o cilindro para não alterar o formato do amontoado, e procedia-se a leitura através direcionando um feixe de luz laser sobre o cume do amontoado e projetando-o em uma régua graduada fixada na estrutura do equipamento. Com a leitura direta em cm da altura do amontoado na régua (h) considerando o Raio (R) da base 55mm, determina-se a relação h/R e o ArcTang desta relação. O numeral decimal apresentado é convertido em graus para determinar-se e o ângulo de repouso através de planilha excell.



Figura 15. Determinação do ângulo de repouso das amostras.

3.6 Análises estatística

Neste trabalho foi proposto um estudo relacionando a influência de dois tipos de calcários, calcítico e dolomítico como sendo o primeiro fator, e para cada tipo de calcário estudado avaliar quatro teores de umidade diferentes como sendo o segundo fator estudado. Desta forma tratou-se de um experimento fatorial 2x4, com cinco repetições. Assim, completou-se 40 unidades experimentais. Para criação dos histogramas e representações gráficas dos perfis de distribuição dos calcários em todas as faixas de aplicação, utilizou-se o programa Adulança 3.1 (Molin *et al.*, 2015). A análise estatística dos resultados foram compilados pelo programa SISVAR versão 5.6 através da análise de variância ANOVA, submetidos ao teste Tukey, a 5% de significância e posteriormente analisado seus desdobramentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise granulométrica

Na Tabela 6 estão apresentados os dados da granulometria dos calcários utilizados nos ensaios avaliados, avaliados no menor teor de umidade (C-0 e D-0), nos quais estão separados por frações de milímetros em diferentes peneiras normatizadas.

Tabela 6.: Percentual das frações granulométricas das amostras dos calcários na menor umidade.

Granulometria (mm)	Calcítico	Dolomítico
< 0,125	3,83 %	52,99 %
0,125 a 0,250	3,25 %	7,69 %
0,250 a 0,500	33,65 %	12,29 %
0,500 a 0.710	39,58 %	8,26 %
0.710 a 1.000	15,66 %	9,63 %
1.000 a 2.000	3,75 %	9,07 %
2.000 a 2.800	0,09 %	0,04 %
2.800 a 4.000	0,06 %	0,02 %
> 4.000	0,13 %	0,01 %

Os resultados da Tabela 6 referem-se somente sobre as amostras no menor teor de umidade em cada tipo de calcário, conforme foi amostrado no campo sem submetê-los a secagem em estufa. Foram feitas tentativas de peneiramento de calcário nos outros teores de umidade, porém não foi possível devido a adesão da massa de calcário úmido na malha das peneiras intermediárias impedindo o escoamento das partículas finas (pó) para as peneiras inferiores, comprometendo totalmente o resultado.

Todavia, os calcários com teores de umidade mais elevados podem formar agregados de partículas, que se aderem entre si e compactam-se após o abastecimento durante o transporte sobre o equipamento distribuidor. Estes agregados normalmente passam pelo mecanismo dosador e não são totalmente fragmentados em contato com as aletas dos discos centrífugos em movimento. Estes por sua vez, ocasionam pulsos na distribuição e podem alterar os perfis de distribuição e a largura de trabalho abrangida pelo equipamento.

4.2 Teor de umidade

Tabela 7.: Análise de desdobramento das Uc%, do momento do ensaio definitivo de campo

Tipo	Seco(0)	Interm(1)	Interm(2)	Úmido(3)
Calcítico	1,07 Ba	1,70 Ab	5,15 Bc	8,42 Bd
Dolomítico	0,11 Aa	2,79 Bb	4,07 Ac	7,92 Ad

Letras Maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si, a 5% de significância. Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si a 5% de significância

Houveram diferenças significativas entre os tipos de calcário e também entre as faixas de teores de umidade do calcário. Conforme era esperado, isso ocorreu devido ao fato de ter sido umedecido as amostras de calcário, justamente para avaliar a influência da umidade sobre os perfis de distribuição do equipamento. Embora planejou-se manter as faixas de amplitude similares entre os teores de umidade, nota-se que na prática não foi possível, ficando alguns teores muito próximos. A exemplo disso, o calcário calcítico entre os teores 0 e 1 que oscilou apenas 0,63%, e calcário dolomítico entre os teores 1 e 2, que oscilou somente 1,28%, abaixo da amplitude inicialmente pretendida entre as faixas que era de 2,37%. Por sua vez, no calcário dolomítico entre os teores 2 e 3, a variação foi de 3,85% sendo a maior amplitude observada, seguida do calcário calcítico entre os teores 1 e 2, que teve uma variação de 3,45%, seguida dos teores 2 e 3 deste mesmo calcário, variando 3,27%.

Desta forma, supõe-se que os dois tipos de calcários estudados sofreram variações dos teores de umidade constantemente, adquirindo ou perdendo umidade pelo ambiente. Por isso, o armazenamento pelos distribuidores ou mesmo produtores rurais de forma desprotegida das oscilações climáticas, em montes expostos a céu aberto deve ser evitado. Nestes casos, não se tem um controle garantido e eficiente do teor de umidade podendo influenciar diretamente na qualidade da aplicação pelos equipamentos centrífugos. Estes corretivos uma vez levados até o local de aplicação deverão ser cobertos e protegidos para minimizar o efeito de troca de umidade com o ambiente externo.

4.3 Densidade ou massa específica

Tabela 8.: Desdobramento da densidade, das amostras de calcário utilizadas no ensaio definitivo de campo

Tipo	Seco(0)	Interm(1)	Interm(2)	Úmido(3)
Calcítico	1,254 Ab	1,173 Aa	1,175 Aa	1,269 Bb
Dolomítico	1,749 Bc	1,172 Aa	1,165 Aa	1,211 Ab

Letras Maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si, a 5% de significância. Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si a 5% de significância

Nota-se que a maior densidade foi encontrada na amostra do calcário dolomítico, no menor teor de umidade (0), a qual possuía teor de umidade extremamente baixo 0,11%. Comparando com os dados da análise granulométrica, nota-se que esta amostra possui mais de 50% de seu volume composto por partículas menores que 0,125mm, o que favorece o melhor arranjo das partículas entre si, ocupando os espaços vazios diminuindo seu volume e conseqüentemente aumentando a densidade. Desta forma esta amostra se caracteriza por ser mais densa e ter maior dificuldade de manuseio quando muito seca, pois acaba escoando facilmente por pequenas frestas no equipamento e possui alta capacidade de deriva das partículas finas pelo vento durante a aplicação. Já na amostra do calcário calcítico na menor umidade (C-0), a densidade ficou menor quando comparada com calcário dolomítico na menor umidade (D-0), pois possuía teor de umidade 1,07% o que tende a ocupar mais os espaços vazios entre as partículas expandindo seu volume. Já os teores intermediários 1 e 2 dos dois tipos de calcários foram estatisticamente iguais entre si, com mínima variação decimal entre seus resultados. Estas por sua vez, apresentaram baixos índices de densidade, sendo 1,165 o menor valor encontrado na amostra D-2. As amostras de calcário dos maiores teores de umidade (3), diferenciaram entre si, sendo a amostra C-3 a mais densa (1,269), quando comparado com a amostra D-3 (1,211).

4.4 Ângulo de Repouso

Durante as análises de ângulo de repouso, os valores de T°C e UR% variaram de 22,1 a 24,7°C e 79 a 74% respectivamente, para o calcário calcítico. Para o calcário dolomítico, foram verificados valores entre 23,1 a 24,4°C e 81 a 77%, respectivamente para T°C e UR%.

Tabela 9.: Desdobramento do ângulo de repouso em graus ($^{\circ}$), das amostras de calcário avaliadas no ensaio definitivo de campo

Tipo	Seco(0)	Interm(1)	Interm(2)	Úmido(3)
Calcítico	69,474 Aa	70,177 Aa	70,765 Aa	68,491 Aa
Dolomítico	68,064 Aa	71,626 Ab	71,681 Ab	69,034 Aa

Letras Maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si, a 5% de significância. Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si a 5% de significância

O desdobramento dos dados do ângulo de repouso apresentado, verifica-se que não houve diferença significativa entre os dois tipos de calcário dentro de cada teor de umidade. Também as amostras do calcário calcítico não diferenciou-se estatisticamente entre seus teores de umidade, porém houve diferença significativa entre os teores de umidade do calcário dolomítico, sendo os teores de umidade 1 e 2 deste calcário maiores e iguais ($71,626^{\circ}$ e $71,681^{\circ}$), quando comparado aos dos teores de umidade 0 e 3 ($68,064^{\circ}$ e $69,034^{\circ}$). Renosto (2017), avaliando a mesma metodologia para medição de ângulo de repouso de dois calcários, encontrou valores aproximados, sendo $63,91^{\circ}$ para o calcário calcítico e $65,92^{\circ}$ para o calcário dolomítico.

Milan e Gadanha Junior (1996), citam que para um material apresentar bons índices de escoabilidade o ângulo de repouso deverá ser menor que 40 graus, e os materiais cujo ângulo de repouso ultrapassar 50 graus terão baixo índice de escoamento, o que dificulta sua aplicação pelas máquinas. Estes autores afirmam ainda, que o ângulo de repouso depende das características de cada produto, conforme granulometria, teor de umidade, densidade e forma das partículas. Sendo assim, os resultados mostram que as diferentes amostras apresentam baixo índice de escoamento, principalmente os teores intermediários de umidade, nos dois tipos de calcários, que foram maiores que as amostras de menor e maior umidade.

4.5 Caraterização ambiental do ensaio de campo

Os dados de condição ambiental coletados no momento de cada ensaio definitivo, determinados por thermo-higro-anemômetro, estão relacionados na Tabela abaixo, conforme a sequência que foram avaliados no campo.

Tabela 10.: Dados de caracterização ambiental no momento de cada ensaio definitivo de campo

Calcário - Umidade	T°C	UR%	Vento (km h⁻¹)
Calcítico - 2	28,5	44,8	4,7
Dolomítico - 2	31,0	40,7	0,5
Calcítico - 1	30,3	39,9	3,3
Dolomítico - 1	29,3	41,8	1,2
Calcítico - 3	31,9	44,4	0,3
Calcítico - 0	27,4	50,9	0,2
Dolomítico - 0	26,1	53,3	3,5
Dolomítico - 3	23,9	64,4	0,2

Pelos dados climáticos acima, nota-se que as variáveis climáticas coletadas não foram constantes, havendo oscilações ao longo do dia de ensaio. Por se tratar de um ensaio no campo a céu aberto, não é possível controlar estas variações, embora teve-se o cuidado para que a UR% não ultrapassasse 80%, nem a velocidade do vento fosse superior aos 2 m s⁻¹, conforme citado por Milan e Gadanha Junior (1996), para que estas variáveis não viessem influenciar diretamente nos resultados das análises. Entretanto, ao se trabalhar com calcário extremamente seco (Dolomítico - 0) a velocidade do vento de 3,5 km h⁻¹ teve grande influência no perfil de distribuição. Isto se deve a ação do vento de arrastar as partículas menores desta amostra de calcário, que corresponde em quase 53% de seu volume total, em uma distância lateral maior, alterando assim o perfil transversal de distribuição.

Já para as amostras de calcário com maiores teores de umidade, este efeito é minimizado na maioria das amostras, pela ação da aglomeração de partículas e também pela própria granulometria mais heterogênea no calcário calcítico. Ainda assim, mesmo com velocidade de vento similar e superior a observada para o calcário D-0, nas amostras de calcário calcítico C-1 e C-2 o efeito da velocidade do vento não teve tanta influência como naquela amostra com calcário extremamente seco.

4.6 Efeito da umidade do calcário na simetria da máquina

Tabela 11.: Desdobramento dos CV% nos sistemas de trabalho na menor umidade dos calcários e na umidade intermediária 2

Tipo	Umidade	Altern. direito	Altern. esquerdo	Contínuo
Calcítico	0	12,69 Aa	20,86 Bb	20,71 Ab
Dolomítico	0	20,46 Ba	15,53 Aa	21,56 Aa
Calcítico	2	11,89 Aa	10,24 Aa	11,66 Aa
Dolomítico	2	17,41 Ba	31,52 Bb	26,26 Bb

Letras Maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si, a 5% de significância. Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si a 5% de significância

A tabela acima expõe que para o teor de umidade zero, no calcário calcítico o menor CV% ficou para o sistema de trabalho alternado direito (12,69), apontando maior regularidade no perfil do equipamento sobrepondo este lado quando comparado aos demais sistemas de trabalho. Já para o calcário dolomítico deste mesmo teor de umidade, o menor CV% ficou para o sistema de trabalho alternado esquerdo (15,53), que aponta melhor regularidade em relação aos demais sistema de trabalho. Conforme citado anteriormente, este efeito contrário pode ter sido relacionado a presença de maior velocidade do vento para o calcário dolomítico nesta umidade, alterando o comportamento da simetria de distribuição do equipamento.

Para o calcário calcítico na umidade intermediária 2, independentemente do sistema de trabalho adotado o CV% permanece baixo e com boa simetria de perfil, pois não há diferença significativa entre estes. Já para o calcário dolomítico da umidade intermediária 2, o sistema de trabalho alternado direito é o que apresenta o menor CV% e conseqüentemente melhor simetria no perfil com sobreposição neste sentido de trabalho pelo equipamento.

Tabela 12.: Teste de médias para cada tipo de calcário em todos sistemas de trabalhos

Tipo	Umidade	Média
Calcítico	1	12,69 a
Dolomítico	1	20,46 b

Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si a 5% de significância

Não houve interação entre o tipo de calcário e os sistemas de trabalho estudados, mas apenas o tipo de calcário foi significativo. Desta forma, o calcário calcítico na umidade intermediária 1 possui menor CV% (12,69) quando comparado com calcário dolomítico na mesma umidade, independentemente do sistema de

trabalho adotado. Estes dados são complementados com a tabela de análise de variância apresentada no apêndice 1 deste trabalho.

Tabela 13.: Teste de médias para cada sistema de trabalho nos dois tipos de calcários

Sistema de trabalho	Umidade	Média
Alternado esquerdo	3	22,87 a
Contínuo	3	26,34 a b
Alternado direito	3	27,91 b

Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si a 5% de significância

Os dois tipos de calcários estudados no maior teor de umidade sofrem aumento do CV% nos perfis de aplicação. Com base nestes resultados, a melhor simetria de perfil conseguida para este teor de umidade é no sistema de trabalho alternado esquerdo, para ambos os calcários.

4.7 Efeito da umidade nos perfis de aplicação transversal

Os resultados das análises dos dados coletados no campo do perfil transversal, serão apresentados de duas maneiras distintas de avaliação de coeficiente de variação, dentro dos três sistemas de trabalho (alternado esquerdo e alternado direito e contínuo):

- CV% transversal na largura de trabalho fixa de 8m;
- Menor CV% conseguido e sua respectiva largura de trabalho.

4.7.1 CV% transversal na largura fixa de trabalho 8 metros

Tabela 14.: Desdobramento do CV% do perfil transversal na largura de trabalho fixa em 8m, no sistema de trabalho alternado esquerdo.

Calcário	SistemaTrabalho	Seco(0)	Interm(1)	Interm(2)	Úmido(3)
Calcítico	alternado Esquerdo	20,86 Ab	19,77 Ab	10,24 Aa	24,96 Ab
Dolomítico	alternado Esquerdo	15,53 Aa	25,07 Abc	31,52 Bc	20,77 Aab

Letras Maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si, a 5% de significância. Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si a 5% de significância

No sistema de trabalho alternado esquerdo o teor de umidade que se diferiu estatisticamente entre os dois tipos de calcários foi o teor 2, apresentando CV% de 10,24% no calcário calcítico e 31,52% no calcário dolomítico, sendo estes o menor e maior dos valores de CV% analisados entre os demais teores. No calcário calcítico, a medida que elevou-se a umidade diminuiu os valores de CV% até a umidade intermediária 2 mas teve grande aumento na maior umidade (3). Isso pode ter relação com o efeito da umidade em agregar partículas do calcário mais úmido, que pode ter

gerado pulsos de produto lançado do mecanismo dosador sobre os discos distribuidores. Já para o calcário dolomítico, a medida que aumentou a umidade os valores de CV% também aumentaram, diminuindo novamente no teor umidade 3, apresentando efeito contrário ao observado no calcário calcítico.

Tabela 15.: Desdobramento do CV% do perfil transversal na largura de trabalho fixa em 8m, no sistema de trabalho alternado direito

Calcário	Sistema Trabalho	Seco(0)	Interm(1)	Interm(2)	Úmido(3)
Calcítico	alternado Direito	12,69 Aa	18,97 Aab	11,89 Aa	25,73 Ab
Dolomítico	alternado Direito	20,46 Bab	24,97 Bbc	17,41 Aa	30,08 Ac

Letras Maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si, a 5% de significância. Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si a 5% de significância

Para o sistema de trabalho alternado direito, os únicos valores que foram iguais estatisticamente entre si foram para a umidade intermediária 2, com valores de 11,89% e 17,41% de CV% para os calcários calcítico e dolomítico respectivamente. Estes foram os menores valores encontrados para o sistema de trabalho alternado direito, em cada tipo de calcário. Os demais valores diferiram estatisticamente entre si, tanto dentre os teores de umidade e também entre os tipos de calcário estudados.

Tabela 16.: Desdobramento do CV% do perfil transversal na largura de trabalho fixa em 8m, no sistema de trabalho contínuo.

Calcário	Sistema Trabalho	Seco(0)	Interm(1)	Interm(2)	Úmido(3)
Calcítico	contínuo	20,72 Ab	20,17 Ab	11,66 Aa	26,11 Ab
Dolomítico	contínuo	21,56 Aa	25,72 Ba	26,26 Ba	26,56 Aa

Letras Maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si, a 5% de significância. Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si a 5% de significância

Os valores de CV% que foram iguais entre si nos dois tipos de calcário foram nos teores de umidade 0 e 3, mostrando 20,72% e 21,56% para os calcários calcítico e dolomítico no menor teor de umidade, e 26,11% e 26,56% respectivamente no maior teor de umidade. Para os teores intermediários 1 e 2 os valores de CV% tiveram diferença estatística entre os tipos de calcários e também entre os teores de umidade. A diferença ocorreu apenas no calcário calcítico sendo 11,66% o menor valor de CV% encontrado para umidade intermediária 2. No calcário dolomítico, não houveram diferenças entre os teores de umidade deste calcário, sendo todos valores iguais estatisticamente entre si.

4.7.2 Menor CV% transversal e largura de trabalho do sistema contínuo

Tabela 17.: Desdobramento do menor CV% do perfil transversal, em largura de trabalho variável, para o sistema de trabalho alternado esquerdo.

Calcário	Sistema Trabalho	Seco(0)	Interm(1)	Interm(2)	Úmido(3)
Calcítico	alternado Esquerdo	19,97 Bb	19,81 Bb	9,84 Aa	15,24 Aab
Dolomítico	alternado Esquerdo	13,09 Aa	13,08 Aa	22,27 Bb	12,32 Aa

Letras Maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si, a 5% de significância. Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si a 5% de significância

No sistema de trabalho alternado esquerdo, os valores de CV% do calcário dolomítico nos teores de umidade 0 e 1 foram menores e diferentes estatisticamente aos mesmos teores avaliados do calcário calcítico. O menor CV% encontrado no calcário dolomítico foi o da umidade 3 com 12,32% enquanto no calcário calcítico, o menor CV% foi o da umidade 2 com 9,84%. Avaliando cada calcário dentro de seus respectivos teores de umidade, nota-se que tanto no calcário calcítico quanto no calcário dolomítico os valores de CV% nos teores de umidade 0 e 1 se mantiveram constantes e estatisticamente iguais, reduzindo apenas na umidade intermediária 2 e voltando a aumentar o valor de CV% na maior umidade.

Tabela 18.: Desdobramento do menor CV% do perfil transversal, em largura de trabalho variável, para o sistema de trabalho alternado direito.

Calcário	Sistema Trabalho	Seco(0)	Interm(1)	Interm(2)	Úmido(3)
Calcítico	alternado Direito	12,87 Bab	18,33 Bb	11,03 Aa	17,81 Ab
Dolomítico	alternado Direito	5,96 Aa	13,25 Ab	24,56 Bc	14,93 Ab

Letras Maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si, a 5% de significância. Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si a 5% de significância

No sistema de trabalho alternado direito, o calcário dolomítico teve o menor CV% no teor de umidade 0, com 5,96% enquanto para o calcário calcítico, o menor CV% foi de 11,03% na umidade intermediária 2. Avaliando cada calcário, nota-se que ao elevar os teores de umidade para o calcário dolomítico, os valores de CV% aumentam gradativamente até o teor de umidade 2, que apresentou 24,56% sendo o mais alto valor de CV%. Já para o calcário calcítico, a umidade intermediária 2 foi o mais baixo valor de CV% encontrado dentre os demais teores avaliados neste calcário.

Tabela 19.: Desdobramento do menor CV% do perfil transversal, em largura de trabalho variável, para o sistema de trabalho contínuo.

Calcário	Sistema de Trabalho	Seco(0)	Interm(1)	Interm(2)	Úmido(3)
Calcítico	Contínuo	20,11 Bb	19,86 Bb	10,74 Aa	15,88 Aab
Dolomítico	Contínuo	9,92 Aa	13,87 Aab	16,65 Bb	13,30Aab

Letras Maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si, a 5% de significância. Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si a 5% de significância

Tabela 20.: Desdobramento da largura de trabalho encontrada (m), no menor CV% do sistema de trabalho contínuo.

Calcário	Seco(0)	Interm(1)	Interm(2)	Úmido(3)
Calcítico	7,7 Ba	8,0 Aa	7,6 Aa	9,9 Ab
Dolomítico	6,2 Aa	9,4 Bb	9,4 Bb	9,9 Ac

Letras Maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si, a 5% de significância. Letras minúsculas iguais na linha não diferem entre si a 5% de significância

Verifica-se que no calcário dolomítico, para se obter um CV% menor de perfil transversal ao que foi trabalhado por Marchetti *et al.* (2005), a largura de trabalho deverá ser reduzida para 6,2m. Ao passo que o aumento da largura irá elevar o CV% do perfil transversal a níveis maiores, mas ficando ainda abaixo do trabalhado e sugerido por Hachuy; Farret *et al.* (2008). Além do mais, com o aumento da largura de trabalho irá aumentar consequentemente o rendimento operacional do equipamento, otimizando sua utilização.

No sistema de trabalho contínuo, esta tendência também foi percebida, porém este sistema de trabalho tende a compensar possíveis falhas de sobreposição entre as passadas. Ainda no calcário calcítico, se for admitido um CV% de 15,24%, a largura de trabalho do equipamento poderá ser aumentada para 9,9m entre as passadas.

4.8 Perfis de aplicação longitudinal

Para os perfis de aplicação longitudinal, a apresentação dos resultados de forma gráfica demonstra de maneira compreensível com maior evidência as diferenças de largura de trabalho sugeridas para manter o CV% baixo, em função dos diferentes teores de umidade em cada tipo de calcário.

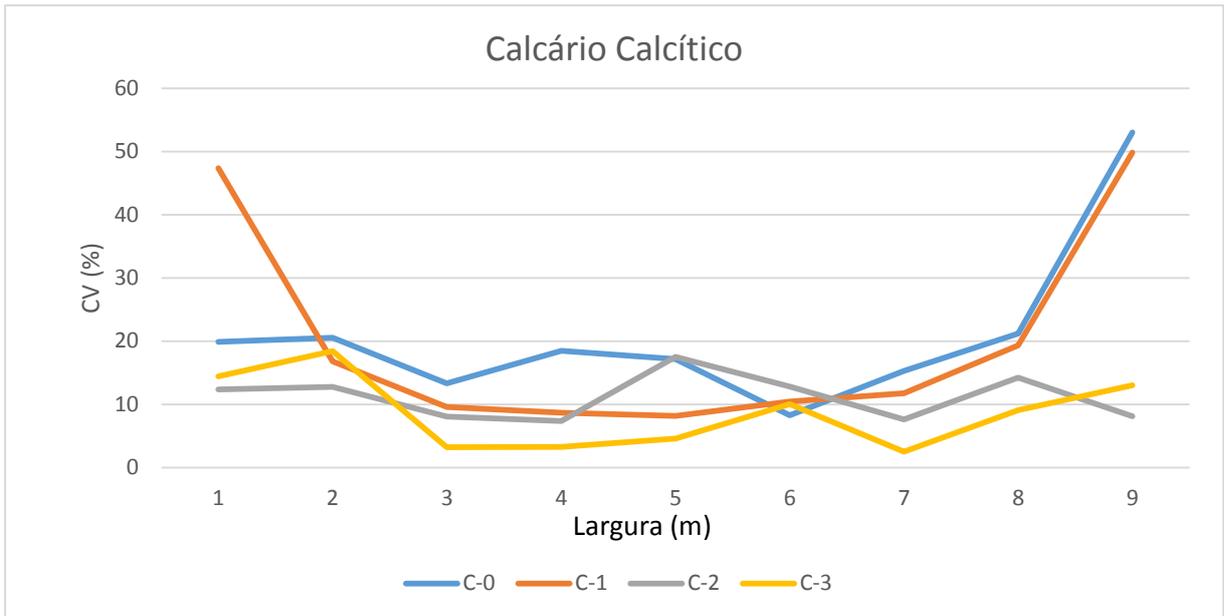


Figura 16. Gráfico de CV% do perfil longitudinal, para o calcário calcítico nas diferentes umidades: C-0 menor teor de umidade; C-1 teor intermediário 1; C-2 teor intermediário 2; C-3 maior teor umidade.

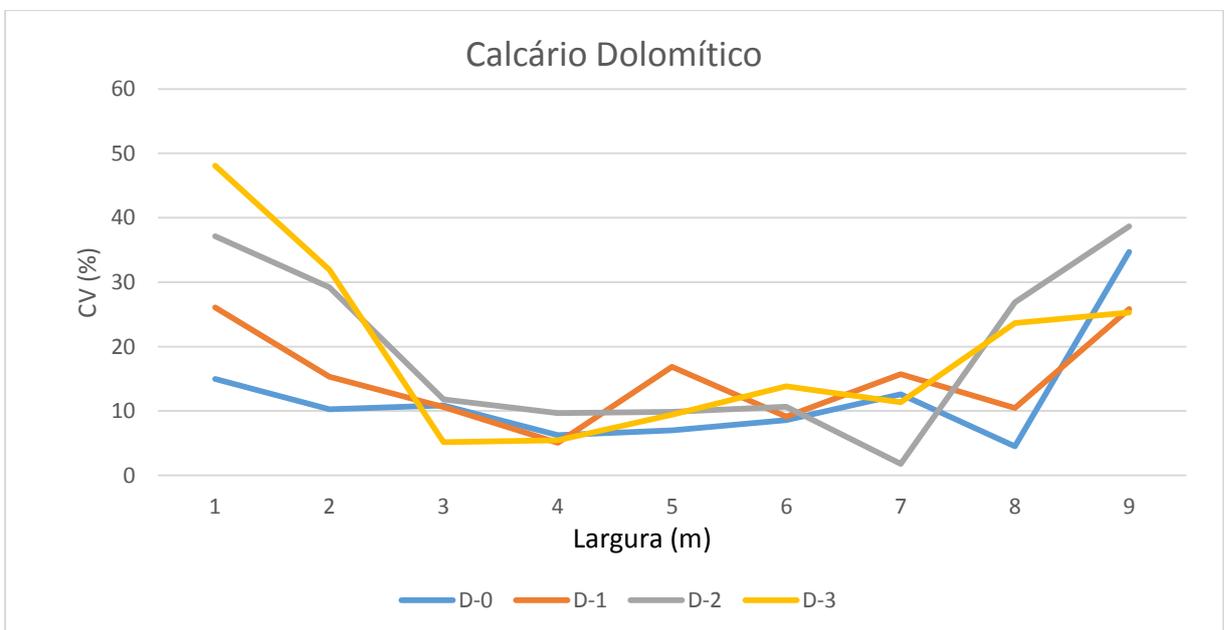


Figura 17. Gráfico de CV% do perfil longitudinal, para o calcário dolomítico nas diferentes umidades: D-0 menor teor de umidade; D-1 teor intermediário 1; D-2 teor intermediário 2; D-3 maior teor umidade.

Nota-se que a medida que a faixa de aplicação longitudinal se distancia do centro do equipamento, os valores de CV% do perfil longitudinal se elevam, aumentando a irregularidade nas extremidades do perfil.

O calcário calcítico no menor teor de umidade, nota-se que o equipamento possui assimetria positiva, depositando mais produto na extremidade direita do perfil da máquina elevando o CV%. Nos demais teores de umidade deste calcário, os dados apresentaram simetria do perfil longitudinal entre os lados, embora o C-1 esteja com valores elevados de CV% nas extremidades.

No calcário dolomítico, o calcário com menor umidade apresentou assimetria positiva do equipamento, elevando mais o CV% no lado direito. Já para o calcário D-3, o equipamento apresentou assimetria negativa aumentando o CV% no lado esquerdo da faixa. Os calcários com umidades intermediárias ficaram com perfil praticamente simétricas entre os lados do equipamento, mesmo embora o CV% nas extremidades ficou elevado.

5. CONCLUSÕES

- O teor de umidade do calcário sofreu variação ao longo do tempo, em ambos os tipos de calcário. Mesmo com as elevações de umidade das amostras e o período deixado para estabilização, os calcários são sujeitos a perderem umidade pelo ambiente.
- A densidade das amostras foi semelhante entre os calcários calcítico e dolomítico nos teores intermediários. O calcário dolomítico seco foi o que apresentou maior densidade dentre as amostras avaliadas.
- O ângulo de repouso do calcário calcítico nas umidades estudadas foram iguais entre si. O calcário dolomítico teve os menores valores de ângulo de repouso nos teores mais seco e mais úmido, respectivamente.
- Com o aumento do teor de umidade gravimétrica do calcário, aumenta também o coeficiente de variação dos perfis transversal e longitudinal do equipamento estudado.
- A melhor uniformidade no perfil transversal de aplicação, com baixo CV%, reduziu a largura da faixa de aplicação para 7,6m no calcário C-2 e 6,2m no calcário D-0.
- Se admitir um coeficiente de variação para o perfil transversal acima de 15%, pode-se aumentar a largura de trabalho deste equipamento estudado para até 9.9m nos calcários com umidade gravimétrica entre 7,92% e 8,42%, respectivamente para os calcários dolomítico e calcítico.
- No perfil longitudinal de aplicação, quanto maior a distância do centro da faixa aplicada, maior foi o CV% da deposição do produto ao longo da passada, nos menores teores de umidade do calcário calcítico e independentemente da umidade no calcário dolomítico.
- Mais estudos devem ser realizados para confrontação com os dados apresentados neste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- ABRACAL- Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola. Calcário Agrícola Brasil - Consumo Aparente 1992 a 2015 e Produção por estado 1987 a 2015. Disponível em: <http://www.abracal.com.br/arquivos/documentos/Calc%C3%A1rio%20Agr%C3%ADcola%20Brasil%20Consumo%20Aparente%201992%20a%202015%20e%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20por%20Estado%201987%20a%202015.pdf>. Acesso em: 12 Jul 2017.
- ALCARDE, J.C. Corretivos da acidez dos solos: Características e interpretações técnicas. ANDA- Agencia Nacional para Difusão de Adubos- **Boletim Técnico n.6**. Campinas, 3.ed. 21p. 2005.
- American Society of Agricultural Engineers. ASAE S341.3 FEB04: Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders. **ASABE STANDARDS** St. Joseph, 5p. 2006. (ASAE S341.3)
- DALLMEYER, A.U. **Desenvolvimento de um rotor cônico para distribuição de calcário seco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria – UFMS 103f. 1985.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solo**. Rio de Janeiro: CNPSO, 1999. 412p.
- CIOTTA, M.N., *et al.* Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.28, n.2, 2004.
- COOL, S.; PIETERS, J.; MERTENS, K.C.; HIJAZI, B.; VANGEYTE, J. A simulation of the influence of spinning on the ballistic flight of spherical fertilizer grains. **Computation electronic agricultural.**, 105, 121–131. 2014.
- FARRET, I. S., SCHLOSSER, J. F; DURIGON, R; WERNER, V; KNOB, M. Variação da regulação no perfil transversal de aplicação com distribuidores centrífugos. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 38, n. 7, p.1886-1892. 2008
- GANASCINI, D., *et al.* Avaliação transversal da faixa de distribuição de calcário em equipamentos a lanço com taxa variável. In.: **II Encontro Anual de Iniciação Científica Tecnológica e Inovação-EIACITI** Ciências Agrárias: Engenharia Agrícola. 2016a.
- GANASCINI, D., *et al.* Avaliação das propriedades físicas de calcário com diferentes umidades para distribuição a lanço. In.: **II Encontro Anual de Iniciação Científica Tecnológica e Inovação-EIACITI** Ciências Agrárias: Engenharia Agrícola. 2016b.
- HACHUY, L. Desempenho de uma distribuidora a lanço com dois tipos de produtos aplicados em diferentes posições de aletas nos discos. 2008. 60 f. **Dissertação (Mestrado)** -Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Equipment for distributing fertilizers**: Test methods – Part 1: Full width fertilizer distributors. Gêneve, 5p.1981. (ISO Standard 5690/1).

LUZ, P.H.D.C., *et. al.* Otimização da aplicação de corretivos agrícolas e fertilizantes. International Plant Nutrition Institute: **Informações Agronômicas**, Piracicaba, 28p. 2010.

MARCHETTI, I. *et al.* Características da distribuição de calcário utilizando um equipamento lancer pendular. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2005, Canoas. **Anais...**, Canoas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. 1 CD-ROM.

MÁRQUEZ, L. **Maquinaria para la preparación del suelo**, La implantación de los cultivos y la fertilización. Madrid: Blake y Helsey, 496p. 2001.

MILAN, M.; GADANHA JUNIOR, C.D. Ensaio & certificação de máquinas para aplicação de adubos e corretivos. In.: MIALHE, L.G. **Máquinas Agrícolas**: Ensaios & certificação. Piracicaba, SP. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. 722p. 1996.

MOLIN, J.P.; RUIZ, E.R.S. Validação de métodos simplificadores de determinação da largura efetiva para distribuidores de fertilizantes e corretivos. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. **Anais...**, Pelotas: SBEA, 1999a. 1 CD-ROM.

MOLIN, J.P.; RUIZ, E.R.S. Erro de percurso em aplicação a lanço. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n.2, p. 208, 1999b.

MOLIN, J.P.; MAZZOTTI, H.C. Influência da utilização e do tipo de amortecedores de ricochete em ensaios de aplicadores a lanço. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4,n.2, p.281, 2000.

MOLIN, J.P.; MENEGATTI, L.A.A. Desempenho de distribuidora a lanço com doses variáveis de uréia. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p.290-299, 2003.

MOLIN, J.P., *et. al.* Segregação de fertilizantes aplicados a lanço. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.29, n.4, p.614-622, out./dez. 2009.

MOLIN, J.P. Agricultura de Precisão. In: BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de Precisão**: boletim técnico. 2. ed. Brasília: Binagri, p.5-27. 2011.

MOLIN, J.P., *et. al.* **Adulção 3.1**: Montagem do teste de campo/Manual de uso passo a passo/Análise de resultados. Laboratório de Agricultura de Precisão USP/ESALQ. Piracicaba, 2015.

MOHSENIN,N,N. Physical properties of plant and animal materials. New York, New York: Gordon and Breach Science Publ. 2.ed. 891p. 1986.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HERNÁNZ, J.L. **Técnica de la mecanización agraria**. Madrid: Mundi-Prensa, 654p. 1989.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O. Características de corretivos agrícolas. Embrapa Pecuária Sudeste. **Documentos 37** ISSN 1518-4757, 25p. 2004.

PRIMO, M. A.; *et al.* Avaliação da distribuição transversal de distribuidores de fertilizantes sólidos com variação de doses de uréia. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003. Goiânia. **Anais...**: Goiânia. Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. 1 CD-ROM

PRIMO, M. A.; *et al.* Coletores alternativos para determinação da largura de trabalho de distribuidores de fertilizantes sólidos a lanço. **Dissertação**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste. 2007.

PROCHNOW, L.I. Avaliação e manejo da acidez do solo. **Informações gronômicas nº146**. 20p. 2014.

SILVEIRA, G.M.; **Máquinas Para Plantio e Condução das Culturas**. Viçosa-MG. Editora Aprenda Fácil, 336 p. 2001.

STARA S/A – INDUSTRIA DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS. **Manual de instruções e catálogo de peças**. Distribuidor Hércules 7000. Não-me-Toque, [s.n.] 43 p. 2010.

RAIJ, B.van. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. **IPNI Brasil**. Piracicaba, 420p. 2011.

RAMALHO, J. F. G. P.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A. C. X.: Contaminação da micro bacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa agropecuária brasileira.**, Brasília , v. 35, n. 7, July 2000.

RENOSTO, L.D. Construção de um dispositivo para medir ângulo de repouso de corretivos e fertilizantes. **Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE**. CCET graduação em Engenharia Agrícola. Trabalho de conclusão de curso. 2017.

RONQUIM, C.C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Embrapa Monitoramento por Satélite. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 8** ISSN 1806-3322. Campinas, 26p. 2010.

VALDEZ, E. Determinacion y estudio de los perfiles de distribucion de superfosfato, hiperfosfato y urea granulados, aplicados com la fertilizadora centrifuga. 2A-E-400. **Agrinter**, Montevideo, v.14, n.4, p.1-42, 1978.

WEISS, A. Desenvolvimento de um distribuidor helicoidal para calcário seco. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria-UFSM. 79f. 1986.

WERNER, V.; SCHLOSSER, J. F., ROZIN, D., PINHEIRO, E.D.; Dornelles, M.E.C. Aplicação de fertilizantes a taxa variável em agricultura de precisão variando a velocidade de deslocamento. **Revista brasileira engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande , v. 11, n. 6, Dec. 2007 .

7. APÊNDICES

1. Anava dos sistemas de trabalho no teor de umidade dos calcários interm. 1.

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TIPO_CAL	1	236.872804	236.872804	7.931	0.0096
SIST_TRAB	2	4.752187	2.376094	0.080	0.9238
TIPO_CAL*SIST_TRAB	2	0.624395	0.312197	0.010	0.9896
erro	24	716.842355	29.868431		
Total corrigido	29	959.091741			
CV (%) =	24.35				
Média geral:	22.4458749	Número de observações:	30		

2. Anava dos sistemas de trabalho no teor de umidade dos calcários úmidos.

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TIPO_CAL	1	0.302456	0.302456	0.017	0.8965
SIST_TRAB	2	133.028544	66.514272	3.803	0.0368
TIPO_CAL*SIST_TRAB	2	91.326678	45.663339	2.611	0.0942
erro	24	419.798482	17.491603		
Total corrigido	29	644.456160			
CV (%) =	16.27				
Média geral:	25.7032919	Número de observações:	30		

3. Calcário Agrícola Brasil - Consumo aparente por estado 1992 a 2015.

ABRACAL

Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola

CALCÁRIO AGRÍCOLA - BRASIL

CONSUMO APARENTE POR ESTADO - PERÍODO 1992/2015

(em 1.000 t)

UF	RS	SC	PR	SP	MG	MS	MT	GO	TO	MA	ES	BA	AL	PE	Outros	Total
1992	2.818,0	950,0	2.073,0	3.430,0	1.800,0	520,0	1.426,0	1.762,0	151,0	173,0	ND	115,0	ND	ND	190,0	15.408,0
1993	3.696,0	734,0	2.812,0	3.611,0	2.300,0	1.076,0	2.228,0	1.940,0	550,0	140,0	120,0	270,0	65,0	90,0	27,0	19.659,0
1994	3.122,0	767,0	3.481,0	4.567,0	2.341,0	1.044,0	2.284,0	1.485,0	60,0	400,0	130,0	420,0	105,0	157,0	72,0	20.435,0
1995	1.392,0	806,6	1.852,0	3.362,0	1.769,6	390,0	773,7	1.180,0	30,0	180,0	131,2	148,1	60,0	60,0	127,0	12.262,2
1996	1.799,2	695,6	2.422,2	3.436,7	1.870,4	591,9	1.343,2	2.350,0	300,0	280,0	59,9	220,9	60,0	60,0	127,0	15.617,0
1997	2.319,1	926,1	2.906,9	3.724,3	1.958,0	899,8	1.253,8	1.844,2	80,0	220,0	112,8	488,7	87,0	60,0	178,7	17.059,4
1998	2.103,4	738,6	2.531,6	3.596,8	1.876,8	642,6	1.914,4	1.590,6	79,9	274,0	112,6	497,4	ND	40,2	137,0	16.135,9
1999	1.870,9	496,0	2.166,2	3.204,9	2.177,2	599,5	1.351,4	1.990,0	74,1	215,0	240,0	524,7	117,2	56,0	221,3	15.304,4
2000	2.004,3	596,0	2.284,7	3.323,1	2.986,7	813,6	3.099,8	2.550,0	136,0	380,0	411,9	748,3	80,0	92,0	305,8	19.812,2
2001	2.267,9	592,8	2.773,8	3.135,7	2.343,8	897,0	3.196,7	1.543,1	25,9	400,0	82,1	466,0	32,8	50,0	270,0	18.077,6
2002	2.267,3	1.100,0	2.600,0	3.199,6	2.778,1	1.083,0	4.463,5	3.000,0	350,0	350,0	161,9	435,0	70,0	90,0	338,0	22.286,4
2003	2.823,2	725,2	3.797,8	3.843,0	2.921,5	1.593,4	5.433,4	3.036,4	331,0	500,0	229,0	477,0	100,0	132,0	520,0	26.462,9
2004	2.273,1	958,0	3.431,0	3.015,9	2.374,5	1.620,0	7.056,5	3.000,0	800,0	500,0	159,7	606,0	97,6	90,0	337,5	26.319,8
2005	863,2	600,0	1.732,1	3.353,9	2.257,9	896,7	2.927,0	1.948,2	537,0	85,0	147,5	268,4	ND	160,0	1.210,4	16.987,3
2006	1.096,8	529,5	1.637,8	4.101,3	3.336,7	690,0	1.693,2	1.625,0	396,0	200,0	ND	295,0	20,0	160,0	1.068,5	16.849,8
2007	1.561,0	625,5	2.548,6	4.237,9	2.964,4	1.452,6	3.325,3	2.063,0	373,5	234,6	196,6	633,4	73,8	114,9	1.755,6	22.160,7
2008	1.963,0	903,0	2.515,0	3.322,0	3.021,0	1.931,0	3.858,0	2.908,0	489,0	ND	200,0	791,0	ND	ND	2.072,0	23.972,0
2009	1.876,8	348,0	2.948,8	2.621,9	1.966,2	1.777,8	3.362,1	1.577,9	469,8	ND	236,8	988,4	ND	ND	904,1	19.078,6
2010	1.779,6	610,1	2.836,9	3.377,8	3.711,6	1.700,9	3.800,0	2.352,7	390,0	340,0	167,0	885,5	ND	ND	1.738,0	23.690,1
2011	2.435,9	913,6	2.632,0	3.995,6	4.306,7	1.856,5	5.332,6	3.015,6	600,4	ND	190,6	872,5	ND	ND	3.200,9	29.352,9
2012	2.632,8	1.147,1	3.826,9	4.241,1	4.545,3	2.971,4	6.392,5	2.792,5	1.100,0	ND	238,1	ND	ND	ND	4.118,3	33.943,0
2013	3.251,2	869,6	3.535,7	3.691,0	4.195,3	2.885,3	6.683,6	2.624,9	1.407,8	583,4	ND	854,1	ND	ND	2.889,1	33.471,0
2014	3.095,0	831,5	3.949,5	3.763,2	4.581,7	3.025,7	6.818,3	2.649,5	1.294,7	504,6	317,0	965,4	75,5	63,7	3.442,4	35.377,7
2015	2.985,0	651,8	4.444,0	3.348,6	4.075,3	2.778,6	5.952,7	2.323,7	1.182,5	405,7	284,2	911,2	74,6	76,2	1.147,8	30.641,9

Fonte: ABRACAL - POA, 31/05/2016.

Arquivo "Calcário Agrícola Brasil Consumo Aparente 1992 a 2015 e Produção por Estado 1987 a 2015.xls"