

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**EFEITO DA VARIAÇÃO DA REGULAGEM
NO PERFIL TRANSVERSAL DE APLICAÇÃO
COM DISTRIBUIDORES CENTRÍFUGOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Isaias Salin Farret

Santa Maria, RS, Brasil

2005

**EFEITO DA VARIAÇÃO DA REGULAGEM NO PERFIL
TRANSVERSAL DE APLICAÇÃO COM DISTRIBUIDORES
CENTRÍFUGOS**

Por

Isaias Salin Farret

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola,
da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Schlosser

Santa Maria, RS, Brasil

2005

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
Aprova a Dissertação de Mestrado

**EFEITO DA VARIAÇÃO DA REGULAGEM NO
PERFIL TRANSVERSAL DE APLICAÇÃO COM
DISTRIBUIDORES CENTRÍFUGOS**

Elaborada por
Isaias Salin Farret

Como requisito parcial para obtenção de grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

José Fernando Schlosser, Dr.
(Presidente/Orientador)

Neyton de Oliveira Miranda, Dr. (UFERSA)

Leonardo Nabaes Romano, Dr. (UFSM)

Santa Maria, Agosto de 2005.

W494u	<p data-bbox="459 1272 683 1301">Farret, Isaias Salin</p> <p data-bbox="459 1335 1219 1485">Efeito da variação da regulagem no perfil transversal de aplicação com distribuidores centrífugos. / por Isaias Salin Farret; orientador José Fernando Schlosser. – Santa Maria, 2005. ix, 103 f. : il.</p> <p data-bbox="459 1518 1219 1579">Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2005.</p> <p data-bbox="459 1612 1219 1697">1. Engenharia agrícola 2. Distribuidor centrífugo 4. Perfil transversal 5. Mecanização agrícola I. Schlosser, José Fernando, orient. II. Título</p> <p data-bbox="459 1731 734 1760">CDU: 631.171:635.655</p>
-------	---

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Rural e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, especialmente a seus respectivos Colegiados, na pessoa do atual Coordenador, Professor Osvaldo Köning, pela oportunidade e apoio com que fui distinguido.

Agradeço ao Professor José Fernando Schlosser pela orientação precisa e competente. Mais do que um orientador, ele tem sido um amigo e companheiro de trabalho, pois nossa amizade e consideração recíproca extrapolam os limites deste período. A participação do Prof. Fernando nesta dissertação foi decisiva em todos os níveis e momentos.

Agradeço ao colega Reges Durigon pela coordenação no trabalho de campo e da equipe de pesquisa. Sua amizade e companheirismo foram fundamentais para a realização desta dissertação.

Agradeço aos colegas de mestrado, no Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Diego Fank Martins, Valmir Werner e Marcelino João Knob pelo auxílio na tabulação e na interpretação dos dados de campo.

Agradeço aos acadêmicos Eder Dornelles Pinheiro, Marçal Elizandro de Carvalho Dornelles e Gismael Francisco Perin e ao estagiário do NEMA, Marcos Balzan, pelo apoio de campo e em laboratório.

Agradeço a toda a equipe do NEMA pelas jornadas de discussão dos resultados de pesquisa e auxílio na montagem do documento final.

Agradeço ao Servidor Ercelino Martin Rorato Bevilaqua, eficiente e prestativo Secretário dos Cursos referidos acima, pela atenção e consideração com que sempre nos atendeu e encaminhou as questões inerentes ao nosso Curso.

Finalmente, agradeço aos Professores Neyton de Oliveira Miranda e Leonardo Nabaes Romano, membros da Comissão Examinadora, pela elevada contribuição que deram a este trabalho na oportunidade de sua defesa.

A todos – muito obrigado.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

EFEITO DA VARIAÇÃO DA REGULAGEM NO PERFIL TRANSVERSAL DE APLICAÇÃO COM DISTRIBUIDORES CENTRÍFUGOS

AUTOR: ISAIAS SALIN FARRET
ORIENTADOR: JOSÉ FERNANDO SCHLOSSER
Santa Maria, 26 de Agosto de 2005.

Os distribuidores centrífugos são equipamentos que revolucionaram a tecnologia de aplicação de produtos sólidos na agricultura por apresentarem grande capacidade de campo operacional e pela grande amplitude de dosagens que conseguem aplicar. No entanto, este equipamento apresenta alguns inconvenientes como a dificuldade em aplicar homoganeamente o material na largura de trabalho utilizada, mesmo com uma aparente facilidade de regulagem. Soma-se a este problema, a variação de comportamento do equipamento com as características do produto utilizado e as condições de aplicação. O objetivo deste trabalho foi comparar tratamentos relacionados a regulagens operacionais buscando equilibrar e uniformizar o perfil transversal de distribuição, com a maior capacidade de campo operacional possível, para os diferentes produtos sólidos. A máquina avaliada foi um distribuidor centrífugo de produtos sólidos, equipada com esteira de alimentação de fundo de depósito, comporta vertical de controle de fluxo e dois discos distribuidores providos de aletas. A proposta do trabalho foi estudar o efeito da combinação incompleta entre o tipo de produto, a abertura da comporta dosadora de produto e a posição das aletas no disco de distribuição. Os resultados mostraram que as velocidades média e alta da esteira transportadora, para a distribuição de calcário, e a velocidade baixa, para a distribuição de aveia, fornecem uma ampla e suficiente faixa de dosagens com a variação de abertura da comporta dosadora. Nas condições analisadas, a combinação de abertura de comporta 15, posição radial das aletas, largura útil de 10 metros e sistema de aplicação alternado, apresentou a melhor uniformidade de distribuição de calcário. Para aveia, a combinação de abertura de comporta 1, posição radial das aletas, largura útil de 10 metros e sistema de aplicação alternado, apresentou a melhor uniformidade de distribuição. O aumento da vazão e do adiantamento da posição das aletas possibilita maior capacidade de campo operacional ao conjunto mecanizado, pela possibilidade de operar com maior largura útil de aplicação e maior velocidade de deslocamento, tanto para o calcário como para a aveia, preservando os padrões de uniformidade de distribuição transversal. A largura de aplicação máxima recomendada foi de 13,5 metros para o calcário e para a aveia.

Palavras chave: distribuidor a lanço, uniformidade de aplicação, calcário, aveia (*Avena strigosa*).

ABSTRACT

Master Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

EFFECT OF THE METERING VARIATION ON TRANSVERSAL PROFILE APPLICATION WITH CENTRIFUGAL BROADCASTER SPREADERS

AUTHOR: ISAIAS SALIN FARRET
ADVISER: JOSÉ FERNANDO SCHLOSSER
Santa Maria, 26 de Agosto de 2005.

Centrifugal broadcaster spreaders are equipments that revolutionized the application technology application of solid material in agriculture, for presenting a great field capacity for operational field and being able to apply a large range of application rate. However, this equipment presents some inconveniences, such as the difficulty in applying the material evenly in the width used for a specific work, even when adjusting is a relatively simple task. Moreover, another problem is its behaviour variability according to the characteristics of the product that is used and the application conditions. The objective of this work was to compare treatments regarding operational adjustments in order to balance and uniform the transversal pattern of distribution, with a higher operational field capacity, for different solid products. The machine evaluated was a centrifugal broadcaster for solid material equipped with two spinning disks. The study proposal is to investigate the effect of the incomplete combination between the product type, the opening of the hopper metering system and the distribution disks impellers position. Results showed that the medium and high speeds of the conveying chain for lime distribution and the low speed for oat distribution gave a large and sufficient range of application rate by varying the opening of the metering device. According to the analysed conditions, a combination of opening position 15, impellers radial position, effective width of 10 meters and alternate application system, presented the best uniformity of lime distribution. For the oat, on the other hand, the best uniformity of distribution was reached when combining opening position 1, impellers in radial position, effective width of 10 meters and alternate application system. Increasing the flow and advancing the impellers position gave a higher field capacity. That was due to the possibility of a larger effective width as well as a higher travel speed for both lime and oat, thus preserving the transversal distribution uniformity. The maximum widths recommended are 13.5 meters for lime and for oat application.

Keywords: broadcaster spreaders, uniformity of distribution, lime, oat (*Avena strigosa*).

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUÇÃO	7
1.1 Objetivo geral	9
1.2 Objetivos específicos.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Caracterização do equipamento	11
2.2 Princípios de funcionamento	12
2.3 Mecanismo distribuidor de discos	13
2.4 Avaliação do desempenho dos distribuidores	14
2.5 Uso de distribuidores centrífugos em agricultura de precisão.....	20
3. MATERIAL E MÉTODO	21
3.1 Determinações em laboratório.....	28
3.1.1 Caracterização dos produtos.....	28
3.1.2 Determinação da transferência de peso.....	29
3.1.3 Determinação da rotação de trabalho do motor do trator	30
3.1.4 Determinação da vazão.....	30
3.2 Determinações de pista	32
3.2.1 Determinação da marcha e velocidade de deslocamento do trator.....	32
3.2.2 Determinação do perfil transversal	32
3.2.3 Determinação do perfil longitudinal.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1 Determinações de laboratório.....	38
4.1.1 Avaliação da transferência de peso	38
4.1.2 Avaliação da vazão	39
4.1.3 Avaliação da dosagem	42
4.2 Determinações de pista	54
4.2.1 Avaliação da regularidade de distribuição transversal	54
4.2.2 Avaliação do perfil transversal de distribuição.....	69
4.2.3 Avaliação da regularidade de distribuição longitudinal.....	73
5. CONCLUSÕES	75
6. RECOMENDAÇÕES	76
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXO	79

1. INTRODUÇÃO

Historicamente a agricultura vem se destacando como imprescindível entre as atividades desenvolvidas pelo homem. Partindo dos primórdios da civilização, a agricultura passou de atividade de subsistência à atividade de exploração econômica e, modernamente, com o surgimento da mecanização, consolidou-se como atividade empresarial.

A situação da agricultura mundial é caracterizada por dois aspectos gerais: a dos países subdesenvolvidos, onde o contingente de agricultores é grande em relação ao total da população e a agricultura dos países desenvolvidos, onde cada vez menos pessoas no campo alimentam cada vez mais pessoas na cidade. Diga-se por oportuno, é a tendência atualmente verificada nos países em desenvolvimento como o Brasil.

Dois fatores básicos contribuem para que tal fenômeno ocorra. Por um lado - a flutuação crescente dos rendimentos do agricultor - decorrente das grandes transformações sociais que solicitam a produção de mais alimento a preços menores e do efeito das intempéries que, exigindo cada vez mais o exercício da chamada administração de risco, torna a atividade do agricultor menos atrativa quando comparada a do industrial ou a do comerciante. Por outro lado - o desenvolvimento da mecanização agrícola - viabiliza e, até mesmo, induz o empresário rural a substituir o trabalho manual do homem pelo trabalho da máquina no cultivo de grandes áreas, principalmente, a partir do surgimento de máquinas com grande capacidade e facilidade operacional, a exemplo dos distribuidores a lanço de corretivos, fertilizantes e sementes.

Os distribuidores centrífugos, por sua alta capacidade de campo operacional associada à grande versatilidade quanto a produtos e dosagens que consegue aplicar, trouxeram uma nova dimensão à tecnologia de aplicação de produtos sólidos na agricultura. Com a utilização destes distribuidores é possível aplicar desde poucas dezenas de quilos de sementes até várias toneladas de corretivos de solo.

Estes equipamentos conseguem lançar os produtos a distâncias consideráveis, dependendo principalmente da massa das partículas do produto aplicado, o que possibilita uma faixa de aplicação com maior largura. Além disso,

neste tipo de distribuidor é possível montar um depósito de produto sólido de grande capacidade volumétrica, atribuindo ao equipamento alta capacidade operacional mesmo na aplicação de grandes dosagens. Os equipamentos utilizados anteriormente, distribuíam o produto em uma faixa correspondente à sua largura, por meio de registros de abertura reguláveis e possuíam depósitos de pequenas dimensões.

A principal utilização dos distribuidores a lanço, centrífugos ou não, é na aplicação de produtos de correção e adubação de solos agrícolas, podendo aplicar calcário, gesso agrícola e adubo mineral. Também se utiliza estes equipamentos para a semeadura à lanço de diferentes culturas, principalmente pastagens de gramíneas como a aveia e o azevém.

A forma de trabalho destas máquinas é bastante simples, pois utilizam a energia gerada pela tomada de potência (TDP) do trator para imprimirem energia aos produtos e conseqüentemente lançá-los a maiores distâncias. A maioria delas utiliza discos como elemento lançador e aproveitam a força centrífuga para imprimir energia às partículas que chegarão ao solo, desenvolvendo uma trajetória balística.

Complementarmente deve-se ressaltar que haverá uma variação do comportamento do desempenho deste distribuidor com a variação do produto que está sendo aplicado. Aqueles produtos mais leves, como sementes, serão lançados à distâncias menores e os mais pesados, como fertilizantes granulados, serão lançados a distâncias maiores, resultando, neste caso, em maior largura de deposição.

Modernamente, estes distribuidores são utilizados como elemento base para as técnicas de aplicação de produtos em dose variável na prática da Agricultura de Precisão.

Todavia, mesmo com toda esta preferência, estes equipamentos tem apresentado alguns inconvenientes como a dificuldade de regulagem e a variação de comportamento com as características do produto utilizado e/ou as condições da aplicação. No uso destes equipamentos deve-se atentar para alguns detalhes que são importantes para a boa prática agrícola, como homogeneidade de distribuição e precisão da dosagem.

Os distribuidores centrífugos aplicam produtos com um perfil transversal que diminui a quantidade de produto com o aumento da distância de aplicação, por isto há necessidade de uma certa sobreposição entre as passadas. Assim, deve-se

avaliar a quantidade de produto aplicado no perfil transversal e sobrepor as passadas de modo a tornar esse perfil o mais uniforme possível. Pela mesma razão deve-se observar o método de trabalho, que pode ser contínuo ou alternado. No método contínuo o conjunto mecanizado trabalha manobrando sempre para o mesmo lado e no método alternado as manobras são ora para um lado ora para outro. No caso de não haver isometria no perfil transversal, isto é, se um dos lados do perfil for maior que o outro, o operador deverá compatibilizar o método de trabalho no campo buscando o equilíbrio da dose aplicada nos dois lados do perfil. Além deste inconveniente, há equipamentos que apresentam problemas de projeto que ocasionam perfis de distribuição inadequados por falhas na zona central de aplicação, o que é impossível de se resolver pela sobreposição. Neste caso, a solução só pode ser obtida pelo fabricante com a correção no projeto da máquina.

Os ensaios destes equipamentos devem seguir a norma ISO 5690 (International Standard Organization) que é correspondente a norma UNE 68088. Os ensaios a que se refere esta norma, tratam do estudo da uniformidade de distribuição dos diversos produtos aplicados por essas máquinas, o que condiciona a sua largura útil de aplicação.

O Núcleo de Ensaios de Máquinas Agrícolas-NEMA da Universidade Federal de Santa Maria-UFSM é um organismo competente e credenciado para a avaliação destes equipamentos agrícolas. Com um histórico de várias avaliações ao longo dos anos, tem acumulado experiências na análise e elaboração de perfis de distribuição de distribuidores de corretivos, fertilizantes e sementes.

1.1. Objetivo geral

Comparar tratamentos que uniformizem o perfil transversal de distribuição com um distribuidor centrífugo a lanço, combinado com a maior capacidade de campo efetiva possível, por meio de regulagens operacionais para os diferentes produtos sólidos.

1.2. Objetivos específicos

1. Identificar as regulagens operacionais mais adequadas à aplicação dos diferentes produtos sólidos;

2. Determinar o coeficiente de variação no perfil transversal de distribuição dos diferentes produtos sólidos;

3. Determinar a largura útil de aplicação dos diferentes produtos sólidos com o distribuidor centrífugo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Márquez (2004) as máquinas distribuidoras de produtos minerais sólidos por projeção, foram as que revolucionaram a adubação mineral, pois, sendo máquinas simples e baratas, rapidamente retiraram do mercado as outras que se utilizavam anteriormente.

2.1. Caracterização do equipamento

De acordo com Mialhe (1996), os distribuidores centrífugos de fertilizantes e corretivos são máquinas para a aplicação de produtos sólidos a lanço, ao longo de uma faixa, sobre a superfície do solo. Estas máquinas possuem um chassi, que sustenta toda a máquina, um depósito ou reservatório, mecanismo dosador e mecanismo distribuidor do produto sólido. O mecanismo dosador tem por função liberar uma determinada quantidade de produto do reservatório, previamente estabelecida por sua regulagem, para o mecanismo distribuidor. Os mecanismos dosadores podem ser classificados, de acordo com o tipo de funcionamento, em gravitacionais e volumétricos. Os dosadores gravitacionais utilizam a força da gravidade para promover e controlar o fluxo de partículas sólidas que escoam do depósito para o mecanismo distribuidor. Os dosadores volumétricos liberam continuamente um determinado volume de produto retirado do reservatório e colocado no mecanismo distribuidor.

Os mecanismos distribuidores são responsáveis pela distribuição do produto sobre o solo. Estes mecanismos podem ser classificados, de acordo com o princípio utilizado no lançamento do produto ao solo, em queda livre (gravitacional), força centrífuga (centrífugo) e inércia (pendular). O mecanismo de distribuição em queda livre libera certa quantidade de produto a determinada altura do solo. O produto liberado pelo dosador gravitacional chega ao solo em queda livre, sendo depositado em linhas (rastilhos). O mecanismo de distribuição por força centrífuga caracteriza-se por utilizar um ou dois rotores (discos) horizontais com aletas, fixas ou não, para o lançamento radial do produto. O mecanismo de distribuição por inércia distribui o produto dosado através de um tubo, cujo movimento oscilante (pendular) horizontal, determina o deslocamento das partículas ao longo de seu comprimento e o

lançamento delas ao solo, por ação da inércia, em forma de arco.

Atualmente, a distribuição de produtos sólidos através de força centrífuga (discos) é o mecanismo mais utilizado em distribuidores a lanço. Esta utilização se deve principalmente à maior capacidade de campo operacional. Neste sentido, Souza (1984) cita que os distribuidores centrífugos são largamente utilizados por apresentarem economia de operação, facilidade de manutenção e alto rendimento, embora apresentem uma desuniformidade na aplicação com coeficiente de variação (CV) em torno de 20%. Torna-se mais importante ainda o fato de que pode-se ajustar a máquina para utilizar diferentes fertilizantes, corretivos e sementes.

2.2. Princípios de funcionamento

O princípio de funcionamento dos distribuidores centrífugos consiste em fornecer às partículas do produto a energia cinética necessária para serem lançadas a uma determinada distância que depende da velocidade de saída e da altura da descarga (ORTIZ-CAÑAVATE et al., 1989). Entre os distribuidores centrífugos encontramos dois grupos bem diferenciados, os pendulares ou de tubo oscilante, em que o órgão ativo é constituído por um tubo que se desloca segundo movimento de oscilação na razão de 400 movimentos de ida e volta por minuto. O produto cai por gravidade no interior do tubo deslocando-se até o local de descarga pelo efeito da força centrífuga. Os distribuidores de disco possuem um ou dois discos horizontais com aletas, fixas ou não, para o lançamento radial do produto. Os equipamentos mais modernos incorporam dispositivos direcionadores das partículas lançadas por força centrífuga, como é o caso do defletor central aerodinâmico.

Klenin et al. (1986) explicam que há um processo complexo de operação do equipamento de discos, cujas fases são: a transferência do produto do depósito até as janelas de dosagem, a dispersão do produto sobre os discos e finalmente a distribuição no campo. Na primeira fase há um atrito entre as partículas do produto e as partes metálicas envolvidas. O produto é liberado no disco a uma distância radial do centro do disco e, devido à força que atua neste ponto, as partículas do produto começam a mover-se recebendo energia de um dispositivo chamado aleta. A magnitude da força aplicada e o peso da partícula influem na distância percorrida pela partícula em queda livre até a sua deposição no solo. Desta maneira, o trabalho de lançamento da partícula é influenciado pela velocidade de giro e o diâmetro do

disco, o comprimento e a posição das aletas e o atrito entre as partículas e a superfície de lançamento.

2.3. Mecanismo distribuidor de discos

Segundo Márquez (2001), distribuidores centrífugos de disco são equipamentos que possuem um depósito central de produto, com um ou dois discos com aletas, que giram acionados pela tomada de potência, lançando o produto com determinada força. A largura total de trabalho pode superar os 20 metros, dependendo do produto que está sendo aplicado.

As principais características dos discos, que afetam a distribuição dos produtos, são o formato e o ângulo das aletas e diâmetro, rotação e altura do disco. Segundo Bernacki & Kanafojski (1972), quando as aletas são posicionadas alternadamente, o aumento no seu ângulo negativo de colocação diminui a largura de trabalho do distribuidor. Por outro lado, um aumento no ângulo positivo afeta a qualidade de distribuição. Para Souza (1984), um distribuidor com aletas em posição alternada, com dois valores de inclinação e posicionada com o mesmo valor, poderia imprimir velocidades divergentes ao fertilizante.

Quanto à conformação do disco, existem discos planos e rotores cônicos. Ambos apresentam aletas radiais, curvas, com bordas abertas e fechadas. Segundo Silva (1982), ao trabalhar com disco plano, recomenda-se realizar testes alternando o desenho e as dimensões do disco distribuidor, da forma, distância e grau de envolvimento da chapa defletora ao disco e da posição de queda do fertilizante sobre o disco distribuidor.

Quanto à altura, diâmetro e rotação do disco distribuidor, estudos de Bernacki & Kanafojski (1972) mostram que os discos devem trabalhar em alturas inferiores a 800 mm do solo, ter diâmetro entre 500 a 600 mm e uma rotação de 540 a 700 rpm, resultando assim em velocidade periférica de 6 a 14 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Neste sentido, Silva (1982) verificou que a queda da rotação do disco causou uma diminuição da largura da faixa, concentrando a deposição do fertilizante nas proximidades do disco devido à redução da sua velocidade tangencial e, conseqüentemente, das partículas ao abandonar as aletas.

De acordo com Klenin et al. (1986) a variação do ângulo de posicionamento das aletas em relação à posição radial é bastante importante para o lançamento das

partículas. Eles estimam que uma variação de aproximadamente 15° pode incrementar de 10 a 15% a velocidade absoluta de lançamento das partículas do produto que está sendo aplicado. Quando o ângulo das aletas for adiantado de 10 a 12° em relação à posição radial, o perfil se torna altamente uniforme.

2.4. Avaliação do desempenho dos distribuidores

Conforme ASAE (1995) há um método padronizado para se avaliar o trabalho destes distribuidores, que são projetados para aplicar material granular na superfície do solo. Esta norma (em anexo) define termos, estabelece as condições e os procedimentos de ensaio, assim como a maneira de relatar os resultados desta avaliação. Esta norma é semelhante a norma ISO 5690 (ISO, 1982) que igualmente trata de condições de ensaio, procedimentos, resultados esperados e, em anexo, apresenta um modelo de relatório de ensaio.

Na avaliação do desempenho de um distribuidor centrífugo, um dos critérios mais importante é a uniformidade de distribuição (SRIVASTAVA et. al., 1993). A distância horizontal alcançada pelas partículas lançadas é afetada pelo tamanho, densidade, forma e padronização das partículas e pela velocidade de rotação dos discos. Os componentes de uma mistura seca tendem a se separar, sendo projetadas mais longe as partículas maiores e de maior densidade. O vento também afeta a distância e, conseqüentemente, o padrão de distribuição.

Segundo Márquez (2001), a baixa uniformidade de distribuição de produtos sólidos é influenciada por vários fatores. Em primeiro lugar o próprio projeto da máquina. Ao cair adubo sobre o disco giratório, a força centrífuga gera o lançamento das partículas do produto. Como a queda se realiza em diferentes pontos da superfície do disco, nem todas as partículas alcançam a mesma velocidade de saída. Conseqüentemente, as partículas de maior tamanho caem no solo a uma grande distância da máquina, enquanto que as de menor tamanho caem mais próximas. A velocidade do disco, a forma das aletas e o orifício de saída do depósito (reservatório) modificam sensivelmente a distribuição, sendo difícil para os modelos de disco único, apresentarem uma boa uniformidade sem uma grande sobreposição entre passadas. Isto reduz a largura efetiva de trabalho e requer um cuidadoso ajuste da máquina para cada aplicação.

A uniformidade de distribuição geralmente é maior em máquinas equipadas

com dois discos de distribuição, que giram em sentido contrário. Além do desenho da máquina e da granulometria do produto utilizado, o estado da máquina pode ser responsável pela perda de uniformidade, como saída uniforme do produto do depósito, discos tortos, aletas deformadas, corroídas ou cobertas com material aderido.

Para obter uniformidade de trabalho desejável de um distribuidor centrífugo, é necessário determinar o diagrama de distribuição e os valores correspondentes à largura máxima e a largura útil de trabalho (ORTIZ-CAÑAVATE & HERNANZ, 1989). Na determinação do perfil transversal de distribuição, são necessárias bandejas de dimensões normalizadas para recolher o produto, embutidas umas nas outras, em número suficiente para coletar produto em todo o alcance do distribuidor.

O coeficiente de variação é um dos parâmetros utilizados para avaliar a uniformidade de distribuição. Para Valdez (1978), um perfil de distribuição com coeficiente de variação de 33% é suficientemente uniforme e não chega a afetar significativamente a produtividade da cultura. Neste mesmo sentido, Silva (1982) cita que grandes variações na uniformidade de aplicação produzem pequenas variações no rendimento de grãos por hectare. O efeito da desuniformidade de aplicação de fertilizantes depende da dose de produto aplicada, da fertilidade do solo, do tipo de cultivo e do tipo de fertilizante utilizado.

De acordo com Márquez (2001), nos distribuidores de projeção, a largura útil de trabalho nunca pode coincidir com a largura total de trabalho, tornando-se necessário uma sobreposição entre as passadas, garantindo a uniformidade de aplicação. Em geral, a quantidade de produto que chega a diferentes “bandas” paralelas à linha que circunda o distribuidor, diminui a medida que se distancia do centro do equipamento. Em função disso, torna-se necessária a sobreposição para compensar essa diminuição.

A execução de ensaios visa quantificar o desempenho, analisar as características ergonômicas e de segurança, além de verificar a qualidade e aperfeiçoamento técnico dos equipamentos (MIALHE, 1996). As avaliações de desempenho de equipamentos para a aplicação de fertilizantes e corretivos a lanço referem-se a ensaios das características dimensionais e ponderais, ensaios do ponto de vista de segurança, ergonomia e funcionalidade mecânica e ensaios das características de desempenho em laboratório e a campo, como regularidade da vazão, faixa de distribuição transversal e faixa de distribuição longitudinal.

Na caracterização dimensional e ponderal do equipamento, as dimensões básicas para o acoplamento à fonte de potência, que neste caso são os tratores agrícolas, constituem um fator de extrema importância para intercambialidade trator e equipamento, bem como para o correto e seguro funcionamento quando em operação. O acoplamento do equipamento ao trator pode ser realizado basicamente de três maneiras: na barra de tração do trator para tração de máquinas de arrasto; no sistema hidráulico de engate de três pontos para transporte e operação de máquinas montadas; na tomada de potência para o acionamento dos mecanismos dosador e distribuidor.

A regularidade da vazão pode ser verificada para diversas regulagens de abertura do mecanismo dosador e com diferentes produtos. Com o reservatório abastecido, aciona-se o mecanismo e coleta-se o material em um período de tempo superior a trinta segundos, para posterior pesagem e cálculo da vazão. Essa avaliação pode ser efetuada com o reservatório abastecido a diferentes níveis, para a verificação da regularidade em função da quantidade de produto disponível no reservatório.

Os ensaios de caracterização da faixa de distribuição transversal tratam da mais significativa característica de desempenho de distribuidores a lanço. A realização de ensaios para a faixa transversal, bem como para a longitudinal, pode ser feita tanto em ambientes fechados quanto abertos, sendo necessário a caracterização das condições ambientais. A umidade do ar não pode estar acima de 80%, a velocidade do vento nunca superior a 2 m.s^{-1} . Com isso, evita-se condições adversas ao ensaio, como a deriva do produto no momento da aplicação, que pode causar diferenças no desempenho do equipamento independente das suas características físicas e regulagens.

A determinação da faixa de deposição transversal obedece a seguinte seqüência: Abastecimento e regulagem do mecanismo dosador - abastecer o equipamento de acordo com as instruções do fabricante, imediatamente antes do início do teste, de maneira que não haja tempo para o material consolidar no reservatório ou mesmo absorver umidade. Distribuição de coletores na pista de ensaio, o ensaio deve ser realizado em área com superfície horizontal e plana. Em local aberto, recomenda-se que a velocidade do vento não ultrapasse 2 m.s^{-1} . Os coletores apresentam dimensões padronizadas de 1000 x 250 mm ou 500 x 500 mm, com profundidade mínima de 150 mm. Devem ser utilizados dispositivos que

evitem o ricochete do material na superfície, sendo recomendada a divisão do coletor em células de 50 x 50 mm ou a colocação de filme plástico, conforme recomenda a norma ISO 5690/1. Os coletores devem ser colocados lado a lado, paralelos entre si, devendo cobrir toda a faixa de aplicação do equipamento submetido ao ensaio. O eixo longitudinal do coletor deve ser paralelo ao eixo longitudinal do equipamento. Os coletores são numerados com a posição referida à linha de centro do equipamento. Se for necessário deixar espaço para a passagem dos rodados, estes devem ser reduzidos ao mínimo e serem múltiplos da largura do coletor. Aplicação do produto - a velocidade angular de trabalho da tomada de potência deve acompanhar a recomendação do fabricante do equipamento. Caso seja diferente das padronizadas (540 ou 1000 rpm), o fato deverá ser mencionado no relatório. A verificação da rotação de trabalho da TDP deve ser efetuada antes do início dos ensaios, utilizando-se um tacômetro. A velocidade de deslocamento durante os ensaios deve ser mantida constante, sendo que duas velocidades são consideradas como padrões para os testes (8 ou 15 km.h⁻¹), excetuando-se aqueles ensaios onde o objetivo é de verificar o efeito da velocidade na distribuição do produto. Deve ser previsto também um percurso mínimo, antes dos coletores, para que ocorra a estabilização, tanto da velocidade linear (deslocamento do conjunto trator + equipamento), como da velocidade angular da TDP. O depósito deve ser abastecido com o produto até a metade de sua capacidade e o limite máximo de produto no tanque não deve exceder duas toneladas. Coleta e pesagem do material contido nos coletores - após a aplicação do produto, o material de cada coletor deve ser recolhido e pesado. Dividir o valor encontrado pelo número de passagens para encontrar o valor médio de cada passagem. Caso não existam coletores disponíveis, uma alternativa é a realização do ensaio em uma superfície isenta de impurezas. Neste caso, o material deverá ser coletado em faixas paralelas à direção de deslocamento e pesado.

O ensaio de caracterização da distribuição longitudinal tem como finalidade determinar as características da distribuição do equipamento ao longo da linha de deslocamento da máquina. A alteração em relação à metodologia da distribuição transversal, refere-se a disposição dos coletores. Na distribuição longitudinal os coletores são dispostos em linha simples, no sentido de deslocamento da máquina, entre as rodas do equipamento e/ou trator.

A partir dos dados obtidos na coleta e pesagem do produto aplicado no perfil

transversal, é realizada a análise dos mesmos para a verificação das características da faixa de deposição. O primeiro passo consiste na elaboração de um histograma da distribuição, tendo como referência à posição de cada coletor. O histograma é construído normalmente utilizando-se no eixo das ordenadas o valor percentual do material coletado e na abscissa à distância. O cálculo percentual é efetuado atribuindo-se o valor 100% para a maior quantidade obtida e então calcula-se os valores restantes. Os resultados também podem ser expressos em termos de dosagem ou quantidade coletada. A dosagem é calculada a partir da massa e da área de cada coletor, transformando os valores em quilos por hectare. A faixa de deposição efetiva, que vem a ser a largura de trabalho recomendada na aplicação, é determinada através do ensaio, onde pode-se utilizar dois critérios.

No primeiro critério, a faixa de deposição efetiva é aquela na qual a distribuição do produto à lanço atingir, nos coletores adjacentes, um valor equivalente ou maior que 50% do valor máximo obtido ao longo do perfil transversal. Os coletores dispostos à esquerda e à direita da posição central de passagem da máquina, nos quais a deposição atingiu o valor de referência de 50%, determinam os limites de largura de trabalho ou a faixa de deposição efetiva. Baseado no valor da largura efetiva assim obtida, traça-se o gráfico de regularidade da faixa de deposição cumulativa.

A deposição cumulativa representa a soma das quantidades de produto lançado num mesmo ponto (mesmo coletor), em duas passadas adjacentes da máquina. Trata-se de fazer um recobrimento entre as faixas de deposição de passadas adjacentes, de forma que a deposição cumulativa torne a dosagem de aplicação uniforme para cada ponto de toda a extensão do terreno. A avaliação da deposição cumulativa, em uma aplicação de campo, depende do tipo de percurso adotado no manejo da máquina. No circuito contínuo, o lado esquerdo de parte da faixa de deposição numa passada, recobre o lado direito de parte da faixa de deposição da passada anterior. No circuito alternado, o lado direito de parte da faixa de deposição numa passada, recobre o lado direito de parte da faixa de deposição da passada anterior, sendo que o mesmo acontece com o lado esquerdo, conforme se demonstra na Figura 01. Assim, neste último caso, diz-se que o recobrimento se faz por “translação de imagem invertida” da faixa de deposição.

O segundo critério usado para determinar a faixa de deposição efetiva é baseado no coeficiente de variação (CV), expresso em porcentagem (%). Para tanto,

realiza-se a simulação de recobrimentos sucessivos com os valores obtidos nos coletores e calcula-se o CV (%) para cada situação de recobrimento. O circuito contínuo apresenta tendência para “corrigir” as imperfeições, enquanto que o circuito alternado aumenta as imperfeições.

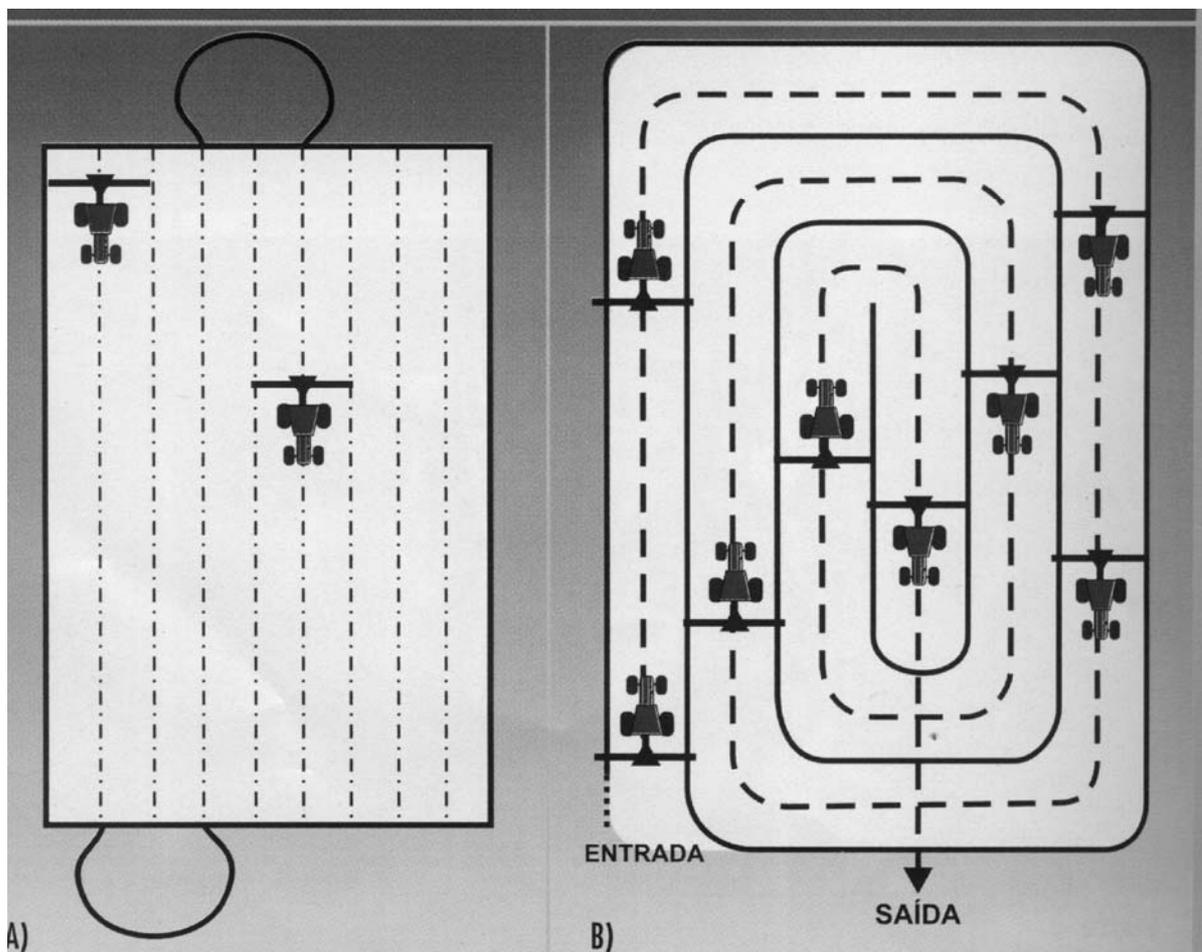


Figura 1 - Sistemas de trabalho utilizados na aplicação de produtos com distribuidores centrífugos: A) Sistema alternado e B) Sistema contínuo.

Fonte: MILAN & GADANHA JUNIOR (1996)

Considera-se como grau de uniformidade de distribuição muito bom um coeficiente de variação até 10%, bom até 20%, regular até 33% e pobre acima de 33% (WEISS, 1986). Já Ortiz-Cañavate & Hernánz (1989), estima que coeficientes de variação unitárias de aproximadamente 20% são satisfatórios para adubos granulados e 30% para materiais pulverulentos. Por outro lado, Dallmayer (1986) relata que a Sociedade de Agricultura Alemã não reconhece distribuidores centrífugos que apresentam um perfil transversal com valores de coeficiente de

variação superior a 12,5%.

Segundo Santos & Maciel (2004), o coeficiente de variação indica a homogeneidade e distribuição dos produtos sólidos com distribuidores. Quanto menor o coeficiente de variação, maior a homogeneidade da aplicação. Os autores salientam que para uma aplicação ser considerada boa, o CV deve ser inferior a 15%, reforçado pela bibliografia existente, porém deve ser usado o bom senso. Dependendo das características do produto aplicado e do projeto do equipamento, a largura efetiva de trabalho ficará muito restrita se houver muito rigor na utilização dos coeficientes de variação, assim pode-se tolerar coeficientes maiores para não restringir demasiadamente a largura de trabalho.

2.5. Uso de distribuidores centrífugos em agricultura de precisão

Alguns pesquisadores avaliaram o distribuidor centrífugo quanto ao seu desempenho à campo. Entre eles, Molin & Menegatti (2003) que estudaram esta máquina aplicando doses variáveis de uréia. Neste trabalho foi utilizada uma máquina montada aos três pontos do sistema hidráulico do trator equipada com mecanismo dosador gravimétrico, de abertura automaticamente variável durante o trabalho, que deposita o produto sobre dois discos horizontais. Um sistema de controle da vazão, gerenciado por um receptor de sinais de satélite, informa a posição do conjunto mecanizado na lavoura e a correlaciona com um mapa de aplicação da mesma lavoura, previamente preparado. Os pesquisadores analisaram os dados obtidos na distribuição transversal e concluíram que a largura efetiva de aplicação não foi afetada pelas doses entre 50 e 250 kg.ha⁻¹, para largura máxima de 24 metros, mantendo-se o coeficiente de variação abaixo dos 15% pré-estabelecidos. Na largura nominal de 18 metros já houve restrições para a operação em percurso contínuo, pois o coeficiente de variação excedeu ao valor de referência limite. O mesmo ocorreu com a aplicação a 21 metros de largura, tanto no percurso contínuo como no alternado.

3. MATERIAL E MÉTODO

O experimento objeto deste trabalho foi realizado no Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no município de Santa Maria-RS. As determinações estáticas foram executadas nos laboratórios do Núcleo de Ensaios de Máquinas Agrícolas (NEMA) e as determinações de pista nas dependências do Centro de Eventos da UFSM «Dr. Francisco Viterbo Borges». Todos os trabalhos de determinações foram realizados no período de 01 de junho a 30 de outubro de 2003.

A máquina avaliada neste trabalho é um distribuidor centrífugo de produtos sólidos, bidisco, marca Boelter, tipo Floater 10 – Plantio Direto, modelo DC 10.000, número de série 001/03. O distribuidor é equipado com rodado simples, montado em um único eixo, com pneus de alta flutuação. O acionamento dos órgãos ativos é feito pela tomada de potência (TDP), através de eixo cardan e o acoplamento da máquina à fonte de potência se realiza através da barra de tração. A Figura 2 mostra uma vista geral da máquina, a Figura 3 mostra o mecanismo distribuidor e as especificações técnicas da máquina estão informadas no Quadro 1.



Figura 2 - Vista geral do distribuidor centrífugo utilizado para avaliar o efeito da regulagem no perfil transversal de aplicação. Santa Maria, RS, 2003.

1- Dimensões Gerais	
Comprimento máximo	4770 mm
Altura total	2300 mm
Largura máxima	2100 mm
Peso vazio	1523 kg
Rotação da TDP	540 rpm
Número de posições de regulagem	23
2- Sistema de transporte e deslocamento	
Altura do ponto de engate à barra de tração	510 mm
Pneus	Goodyear/Super Flot
Raio dinâmico	566 mm
Bitola dos pneus	500/60 – 22,5
Altura mínima sobre o solo (caixa de correias)	360 mm
Sistema de freios	Ausente
3- Mecanismo de dosagem	
Largura da esteira de alimentação	510 mm
Velocidade da esteira (regulagem 1)	3,5 rpm
Velocidade da esteira (regulagem 2)	20 rpm
Velocidade da esteira (regulagem 3)	43 rpm
Largura da comporta registro	505 mm
Altura máxima da abertura	225 mm
Largura do defletor	165 x 1800 mm
4- Mecanismo de distribuição	
Número de discos	2
Número de aletas por disco	4
Número de posições das aletas	5
Altura dos discos ao solo (face superior)	668 mm
Distância entre discos (centros)	700 mm
Diâmetro dos discos	525 mm
Modo de acionamento	Cardan / correia
Velocidade dos discos	550 rpm

1. Todas as medidas foram obtidas com a máquina em repouso e nivelada em superfície plana.

Quadro 1 - Especificações técnicas¹ do distribuidor centrífugo utilizado para avaliar o efeito da regulagem no perfil transversal de aplicação. Santa Maria, RS, 2003.



Figura 3 - Vista do sistema de distribuição de produtos do distribuidor utilizado para avaliar o efeito da regulagem no perfil transversal de aplicação, constituído por dois discos. Santa Maria, RS, 2003.

Como fonte de potência para acionamento e deslocamento do distribuidor durante as determinações, foi utilizado um trator da marca Massey Ferguson, modelo 5310, com tração do tipo 4x2, Tração Dianteira Auxiliar (TDA). Nesse trator, utilizado como fonte de potência, foram feitas determinações para identificação da correspondência de rotação entre o motor e a tomada de potência (TDP), uma vez que os mecanismos do distribuidor devem ser acionados com rotação de 540 rpm, e para verificação da velocidade de deslocamento correspondente à tal rotação do motor, com o trator engrenado na marcha utilizada no experimento. A Figura 4 mostra o conjunto operacional mecanizado utilizado na experimentação.

Os dados de desempenho da máquina estão relacionados com as características físicas dos produtos utilizados nas determinações. A norma ISO recomenda utilizar quatro tipos de produtos com diferentes características para realização destes ensaios. Por esta norma, são necessárias avaliações com pelo

menos um produto em pó (Ex.: calcário), um produto granulado (Ex.: adubo formulado-NPK), um produto perolado (Ex.: uréia) e um produto diferente dos demais em características físicas (Ex.: sementes de aveia ou azevém).



Figura 4 - Conjunto operacional mecanizado utilizado na avaliação do efeito da regulagem no perfil transversal de aplicação com distribuidores centrífugos. Santa Maria, RS, 2003.

Neste trabalho foi proposto um estudo do efeito da combinação incompleta entre três fatores sobre a uniformidade de distribuição transversal e longitudinal do produto aplicado e sobre a largura da faixa de aplicação. Os fatores considerados foram o tipo de produto, a abertura da comporta de dosagem do produto e posição das aletas no disco de distribuição, conforme mostrado no Quadro 2. As posições de aletas analisadas neste experimento podem ser visualizadas na Figura 5. A verificação do efeito da variação do ângulo de aletas foi feita com a comporta na posição 8 para calcário e na posição 3 para aveia, isto devido a dificuldades de se proceder essa verificação em todas as aberturas pelo demasiado volume de produto

que seria necessário manipular e consumir. Na escolha da abertura se levou em consideração as dosagens mais representativas da condição prática.

Fator	Níveis	
Produto	Calcário-Ca	Aveia-Av
Abertura da comporta	Posições 2, 8 e 15	Posições 1, 3 e 6
Posição das aletas	Radial-Ra, Adiantada-Ad, Atrasada-At	

Ra-posição radial; Ad-posição adiantada 20° e At-posição atrasada 20°, a partir da posição radial

Quadro 2 - Fatores e respectivos níveis que constituem os tratamentos do experimento utilizado na avaliação do efeito da regulação no perfil transversal de aplicação com distribuidores centrífugos. Santa Maria, RS, 2003.

O ensaio oficial pressupõe a escolha da máquina a ser avaliada por meio de um sorteio organizado pelo centro de ensaios. Todavia, este procedimento padrão não foi considerado relevante nesta avaliação, embora tenha sido realizada com base na norma oficial ISO 5690. A máquina foi enviada pela própria indústria, estando em perfeitas condições de funcionamento.

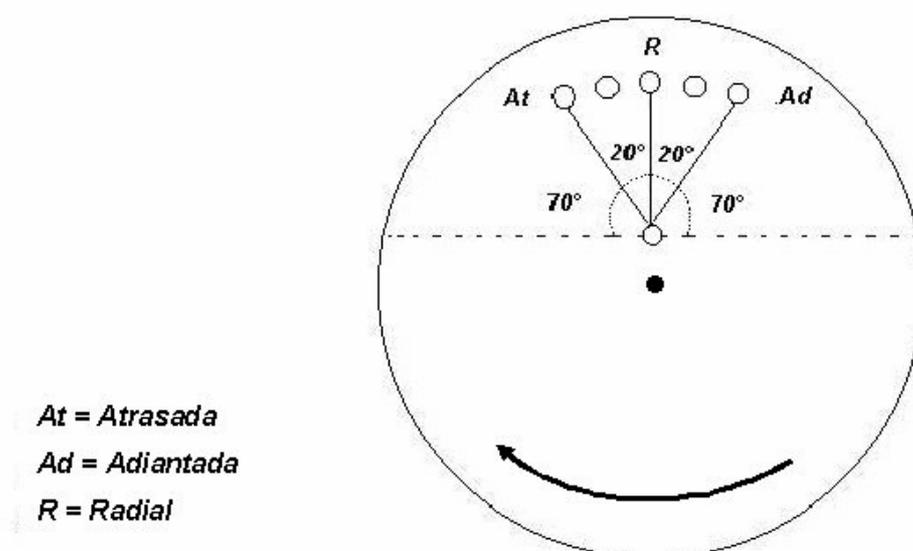


Figura 5 - Esquema representativo do ângulo das aletas do disco do distribuidor utilizado na avaliação do efeito da regulação no perfil transversal de aplicação. Santa Maria, RS, 2003.

Tanto as determinações estáticas como as de pista, que caracterizam a máquina avaliada, foram realizadas sobre piso horizontal e firme. Para que os ensaios sejam considerados, são exigidas algumas condições meteorológicas tais como, ausência de chuva, umidade relativa do ar inferior a 80% e velocidade do vento inferior a 2 m.s^{-1} ($7,2 \text{ km.h}^{-1}$), não sendo toleradas rajadas de vento. A Figura 6 permite que se avalie visualmente o quanto o desempenho dos distribuidores a lanço são suscetíveis à ação do vento. Para medir este parâmetro foi colocado um anemômetro portátil próximo do eixo de deslocamento da máquina e, para verificação da umidade relativa do ar no local da avaliação, foi consultada a estação meteorológica do Departamento de Fitotecnia da UFSM.



Figura 6 - Posição do conjunto mecanizado trator-distribuidor centrífugo após ter ultrapassado a linha de bandejas durante determinação do perfil de distribuição transversal de calcário com distribuidor centrífugo Boelter. Santa Maria, RS, 2003.

No estudo da uniformidade de distribuição, os perfis transversal e longitudinal de distribuição dos produtos pelo distribuidor centrífugo avaliado foram determinados em pista horizontal pavimentada e regular, condição necessária para evitar saltos e vibrações que possam afetar o desempenho do equipamento. As variáveis analisadas foram a largura de trabalho e o coeficiente de variação na distribuição dos produtos.

A velocidade de deslocamento da máquina foi ajustada levando-se em consideração o padrão exigido de 8 ou 15 km.h⁻¹, sendo preferível a primeira velocidade por estar mais próxima das condições de aplicação normalmente utilizadas na agricultura. Segundo a Norma ISO 500-3, as determinações com utilização da tomada de potência (TDP) devem ser feitas com uma rotação do motor que proporcione 540 rpm no eixo da TDP. Neste sentido, com emprego de um tacômetro, foi determinada a rotação do motor que proporcionou 540 rpm no eixo da TDP.

Para a determinação dos perfis transversal e longitudinal de distribuição dos produtos foram escolhidas vazões correspondentes a dosagens próximas às recomendadas agronomicamente para cada produto utilizado. Para a coleta dos produtos foram utilizadas bandejas padronizadas, construídas em fibra de vidro, quadradas com 500 mm de lado e 150 mm de profundidade, em consonância com a Norma ISSO 5690 que oferece dois formatos e tamanhos de bandejas: uma retangular com 1000 mm de comprimento e 250 mm de largura e outra quadrada com 500 mm de lado, sendo a profundidade 150 mm em ambas as opções. A Figura 7 mostra o tipo de bandeja retangular e a Figura 8 mostra o tipo de bandeja quadrada que foi utilizada neste experimento.

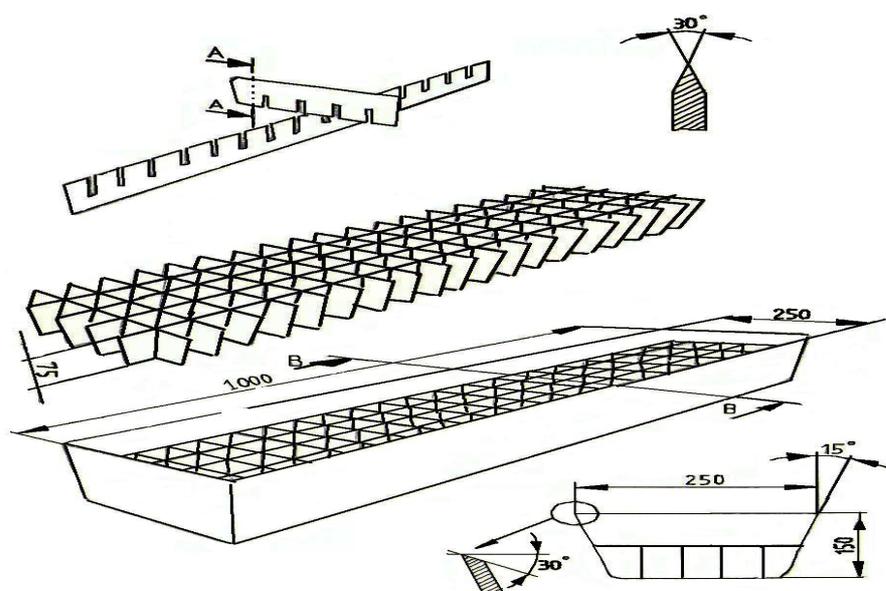


Figura 7 - Bandejas padronizadas pela Norma ISO 5690 para a determinação dos perfis de distribuição de distribuidores centrífugos.



Figura 8 - Bandejas padronizadas pela Norma ISO 5690, utilizadas no trabalho de avaliação do distribuidor Boelter, dispostas para a determinação do perfil transversal. Santa Maria, RS, 2003.

3.1. Determinações em laboratório

As determinações estáticas foram realizadas no laboratório de ensaios de máquinas agrícolas do NEMA, sob condições padronizadas ou adequadas.

3.1.1. Caracterização dos produtos

A caracterização física dos produtos foi realizada em laboratório e consistiu na determinação do teor de umidade, peso específico e granulometria. A umidade é a medida gravimétrica deste fator e representa o peso percentual de água presente na amostra no momento da avaliação. O peso específico representa o peso do volume de um litro do produto, expresso em gramas. A granulometria é o resultado da passagem do produto por peneiras de diâmetro conhecido e padronizado. A Norma ISO correspondente estabelece que para esta análise devem ser utilizadas

as peneiras: nº.04 (malha 4,76 mm), nº.10 (malha 2,0 mm) e nº.12 (malha 1,68 mm).

Para o presente trabalho, as análises das características físicas dos produtos empregados foram providenciadas pelo próprio fabricante e os resultados são mostrados no Quadro 3. Os produtos utilizados nesta avaliação foram a aveia branca e o calcário dolomítico, faixa B.

Produto	Peneiras			PN(%)	PRNT(%)
	10	20	50		
Calcário	100%	87%	56%	78,7%	60,8%
Aveia	100%	21%	0%	-	-
	Conteúdo de umidade 11%, Peso específico 592 g/L				

PN = Poder de Neutralização; PRNT = Poder Relativo de Neutralização Total.

Quadro 3 - Características físicas da aveia e do calcário utilizados na avaliação do distribuidor Boelter, modelo Floater 10. Santa Maria, RS, 2003.

3.1.2. Determinação da transferência de peso

A determinação da transferência de peso (TP) do distribuidor avaliado para a barra de tração do trator, resultante da geometria (projeto) da máquina, foi realizada segundo dois métodos. O primeiro consistiu na pesagem do conjunto mecanizado (trator mais distribuidor) e dos componentes (trator e distribuidor) separadamente. Assim, foram pesados em seqüência o trator (P1), o distribuidor carregado com calcário (P2), o trator mais o distribuidor carregado com calcário (P3) e, finalmente, o trator com o distribuidor engatado (P4), porém com o rodado de apoio deste fora da balança. Neste procedimento foi utilizada uma balança própria para pesagem de veículos de carga, marca América, modelo 5C, com capacidade para 50 toneladas.

A determinação da transferência de peso (TP) do distribuidor para a barra de tração do trator é calculada pela equação: $TP = P4 - P1$

No segundo método a transferência de peso foi determinada com o emprego de um sistema dinamométrico que, por meio de uma célula de carga, mede a força vertical incidente no cabeçalho do distribuidor, no ponto em que este se apóia na barra de tração do trator (Figura 9). Este procedimento foi realizado com o distribuidor carregado com a mesma carga que continha quando da realização da determinação da transferência de peso pelo primeiro método. A célula de carga

empregada neste procedimento é da marca Alfa Instrumentos, modelo Q-5T, com capacidade para 5.000 kg.



Figura 9 - Medição da transferência de peso do distribuidor Boelter para a barra de tração do trator, pelo método dinamométrico.

3.1.3. Determinação da rotação de trabalho do motor do trator

Tendo em vista que o mecanismo distribuidor deve ser acionado com rotação de 540 rpm, foram feitas as medições necessárias à verificação de qual a rotação do motor do trator que produz 540 rpm na tomada de potência (TDP), com a utilização de um tacômetro, sendo esta encontrada com o motor do trator a 2030 rpm.

3.1.4. Determinação da vazão

A medição da vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$), em laboratório, foi realizada para cada produto utilizado em função da abertura da comporta e da velocidade da esteira transportadora de produto. Para viabilizar o recolhimento das amostras, foram retirados os discos distribuidores (Figura 10).



Figura 10 - Vista do distribuidor Boelter durante a determinação de vazão do calcário, sem os discos distribuidores. Santa Maria, RS, 2003.

Com o auxílio de recipientes coletores e uma lona de recolhimento, foram coletadas as quantidades de produto liberado em cada amostragem de 30 segundos para o calcário e 60 segundos para a aveia, em cada posição da alavanca de abertura da comporta dosadora, com a TDP na rotação padrão de 540 rpm. O tempo de amostragem de 30 segundos foi adotado para facilitar o recolhimento das quantidades de produto durante as amostragens das doses mais elevadas.

Para o calcário, na velocidade baixa da esteira, a vazão foi determinada somente nas aberturas da comporta dosadora correspondentes às posições 0, 1, 2, 3, 8, 13, 18, e 23. Na velocidade alta da esteira, a vazão de calcário foi determinada com a comporta dosadora nas posições 0, 1, 2, 8 e 15. As vazões correspondentes às demais posições de abertura da comporta foram obtidas por interpolação de valores. Tal procedimento se justifica pelo alto volume de produto que seria necessário e manipulado para a determinação da vazão em todas as posições de abertura da comporta dosadora.

Após cada coleta transferiu-se o produto aos recipientes (sacos) que foram usados nas pesagens. Para realização das pesagens das amostras constituídas por grande volume de produto, foi utilizada uma balança própria para pesagem de

sacos, marca Cauduro, com capacidade para 500 Kg e precisão de 100 gramas. Já, para as pesagens das amostras constituídas por pequeno volume, foi utilizada uma balança marca Urano, modelo UD 500/0,1, com capacidade para 500 gramas. Os valores obtidos nas pesagens foram tabulados em uma ficha com especificação do equipamento, produto aplicado, abertura da comporta dosadora e velocidade da esteira transportadora do produto.

Com os valores de vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$), utilizando a largura de trabalho projetada e a velocidade de deslocamento do equipamento, foi possível calcular as quantidades de cada produto que podem ser aplicadas por unidade de área.

3.2. Determinações de pista

3.2.1. Determinação da marcha e velocidade de deslocamento do trator

Considerando que o regime de rotação do motor do trator deve ser 2030 rpm, que produz 540 rpm na TDP, conforme verificado para as determinações de vazão, aqui também foram feitas determinações com a finalidade de identificar qual a marcha a ser engrenada no trator que proporcione uma velocidade real de deslocamento o mais próxima possível da desejada para o experimento. A condição mais adequada foi encontrada com o trator engrenado em 3ª marcha do regime reduzido e velocidade alta, que resultou uma velocidade real de deslocamento do conjunto de $7,37 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

3.2.2. Determinação do perfil transversal

Na determinação do perfil transversal, as bandejas foram distribuídas perpendicularmente ao sentido de deslocamento do conjunto mecanizado, cobrindo a largura total de trabalho. Foram utilizadas 54 bandejas, sendo 27 para cada lado, conforme ilustrado nas Figuras 11 e 12.

Para viabilizar a passagem da máquina pela linha formada de bandejas, foram retiradas a segunda e a terceira bandejas de cada lado, assumindo estas o peso de produto da bandeja mais próxima. Assim, a bandeja 2 (ausente) assume o peso da bandeja 1 e a bandeja 3 (ausente) assume o peso da bandeja 4, em ambos os lados. As Figuras 11 e 12 mostram também o espaço aberto para passagem do rodado.



Figura 11 - Posição do conjunto mecanizado trator-distribuidor centrífugo, passando pela linha de bandejas durante determinação do perfil de distribuição transversal de calcário com distribuidor centrífugo Boelter. Santa Maria, RS, 2003.

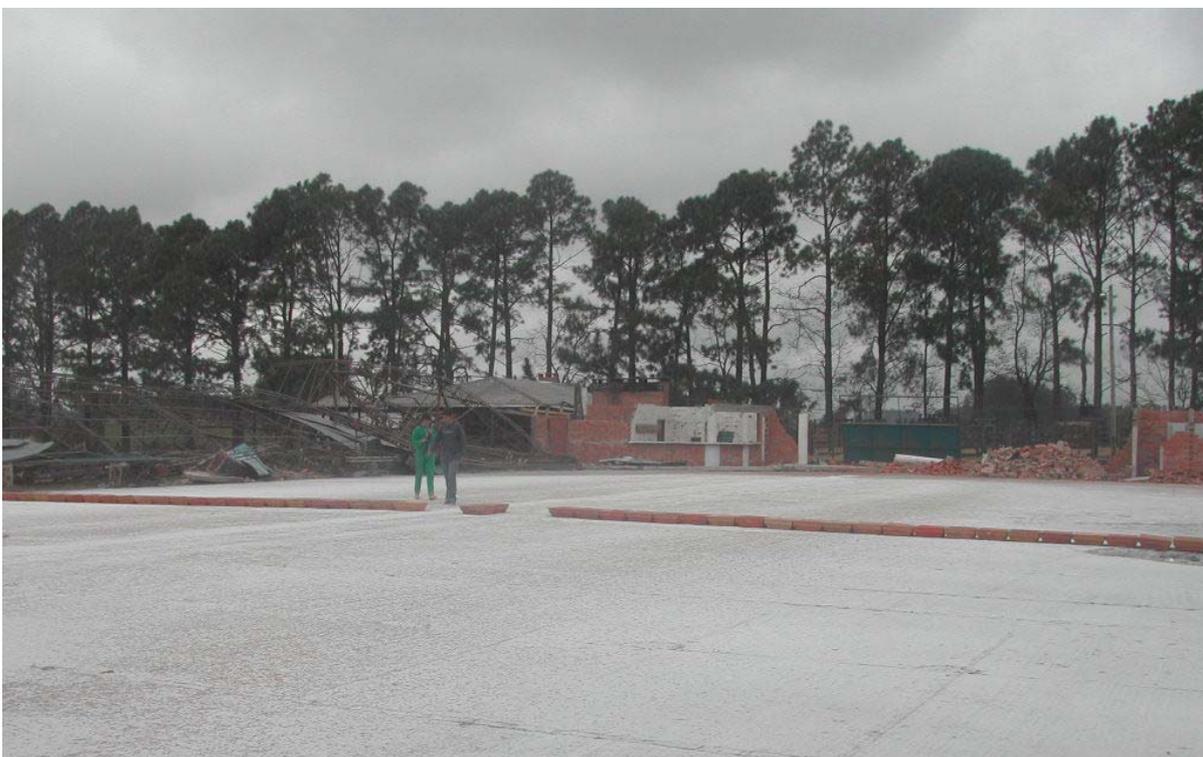


Figura 12 - Linha de bandejas posicionadas na pista coberta com calcário, após a passagem do distribuidor centrífugo Boelter. Santa Maria, RS, 2003.

Imediatamente após a aplicação, o produto foi recolhido das bandejas e colocado em sacos plásticos com a identificação do produto (Ca-calcário e Av-aveia), identificação da posição da bandeja no perfil (números 1D a 27D para o lado direito e 1E a 27E para o lado esquerdo) e a respectiva regulagem utilizada no equipamento (números 1 a 15 para posição de abertura da comporta dosadora e Ra, Ad e At para posição das aletas no disco). A Figura 13 mostra o trabalho de recolhimento do calcário, das bandejas para os sacos plásticos, sendo realizado na pista logo após a passagem do conjunto aplicador.

A pesagem das amostras de produto contido nos sacos plásticos foi feita em laboratório com emprego de uma balança eletrônica marca Urano, modelo UD 500/0,1, com capacidade para 500 gramas e precisão de 0,1 grama.



Figura 13 - Coleta do material acumulado nas bandejas após a passagem do distribuidor centrífugo Boelter. Santa Maria, RS, 2003.

Para a elaboração dos histogramas de aplicação, determinação do Coeficiente de Variação e da largura de trabalho, nos diferentes sistemas de aplicação, foi utilizado o *software* ADULANÇO, versão 2.0.14 (MOLIN et al., 1992).

Os gráficos confeccionados para representar o perfil de distribuição transversal de aplicação dos produtos utilizados, com o distribuidor avaliado, foram feitos considerando como referência a linha de deslocamento do conjunto mecanizado, sendo as larguras em metros, para ambos os lados, representadas no eixo das abscissas e as quantidades recolhidas (gramas) representadas no eixo das ordenadas, conforme orientação do organismo normalizador.

O grau de regularidade de distribuição transversal foi representado segundo dois critérios distintos: pelo Coeficiente de Variação (CV), expresso em porcentagem (%) e pelo percentual de produto recolhido em relação ao valor máximo aplicado em cada coletor. Estes dois critérios permitem determinar a faixa de deposição efetiva de produto (largura útil de aplicação), cuja magnitude depende da maior ou menor sobreposição entre as passadas adjacentes.

Na determinação da faixa de deposição efetiva, com base no Coeficiente de Variação (CV), realizou-se a simulação de recobrimentos sucessivos com os valores obtidos nas bandejas e calculou-se o CV (%) para cada situação de recobrimento, considerando-se como grau de uniformidade de distribuição muito bom um CV até 10%, bom até 20%, regular até 33% e pobre acima de 33% (ORTIZ-CAÑAVATE & HERNÁNZ, 1988). Um perfil de distribuição com coeficiente de variação de 33% é suficientemente uniforme e não chega a afetar significativamente o rendimento das culturas (VALDEZ, 1978).

No critério baseado no percentual de produto recolhido em relação ao máximo aplicado, a largura de faixa de deposição efetiva é aquela na qual a distribuição do produto a lanço atingir, nos coletores adjacentes, um valor equivalente ou maior do que 50% do valor máximo obtido ao longo do perfil transversal. Os coletores dispostos à esquerda e à direita da posição central de passagem da máquina, nos quais a deposição atingiu o valor de referência de 50%, determinam os limites da largura útil de trabalho ou da faixa de aplicação efetiva. Baseado no valor da largura efetiva assim obtida traça-se o gráfico de regularidade da faixa de deposição cumulativa, que representa a soma da quantidade de produto lançado num mesmo coletor, em duas passadas adjacentes da máquina, conforme ilustrado na Figura 14.

Faz-se um recobrimento entre as faixas de deposição de passadas consecutivas, de forma que a deposição cumulativa torne a dosagem de aplicação uniforme em toda a extensão do terreno.

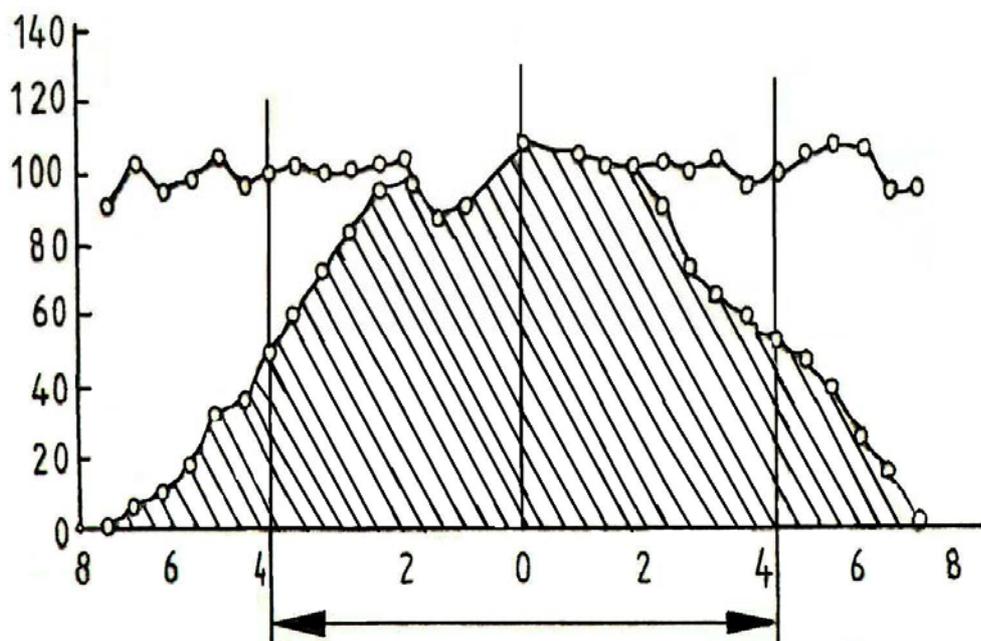


Figura 14 - Histograma proposto pela Norma ISO 5690 para a demonstração do perfil transversal de distribuição com distribuidores centrífugos.

3.2.3. Deteminação do perfil longitudinal

Para complementação dos resultados e efetivo conhecimento do padrão de distribuição do equipamento, foi realizada uma jornada de determinação do perfil de distribuição longitudinal dos dois produtos aplicados pelo distribuidor avaliado.

A determinação da regularidade da distribuição longitudinal tem como finalidade possibilitar a avaliação das características da distribuição de produto pelo equipamento, ao longo da trajetória de deslocamento da máquina.

Para esta determinação, as 50 bandejas foram dispostas em linha paralela ao eixo de deslocamento do conjunto, a 3 metros de distância deste, ao lado direito da máquina. Com a mesma velocidade de deslocamento empregada na determinação anterior, o conjunto deslocou-se aplicando cada um dos produtos estudados (Figura 15). Empregando-se a mesma metodologia utilizada na determinação do perfil de distribuição transversal, as quantidades de calcário e aveia coletadas nas bandejas foram recolhidas em sacos plásticos identificados e foram pesadas para elaboração do perfil de distribuição longitudinal de aplicação dos mesmos produtos. Neste experimento, a aplicação do calcário foi realizada com a velocidade de esteira alta,

abertura de comporta na posição 2 e aletas na posição radial. Para aplicação da aveia a esteira foi regulada na velocidade baixa, a abertura da comporta na posição 6 e as aletas foram mantidas na posição radial.



Figura 15 - Conjunto mecanizado trator-distribuidor centrífugo passando pela linha de bandejas durante a aplicação para determinação do perfil de distribuição longitudinal de calcário. Santa Maria, RS, 2003.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Determinações de laboratório

4.1.1. Avaliação da transferência de peso

No método da pesagem foram feitas as medições e calculada a diferença entre o peso do trator e o peso do trator adicionado de parte do peso do distribuidor carregado com calcário. Assim, após a pesagem do conjunto (tratores mais distribuidor) e dos componentes (tratores e distribuidor) separadamente, como previsto na metodologia, e realizados os cálculos pertinentes, restou que o peso incidente sobre a barra de tração do trator, resultante da transferência de peso do distribuidor para o trator, foi de 1274 kg. Por tanto, 13,89% do peso total do distribuidor avaliado, plenamente carregado com calcário, transferiram-se à barra de tração do trator em função da geometria construtiva (projeto) do distribuidor que tem parte do seu peso apoiado no próprio eixo e parte sobre o cabeçalho (ponto de engate), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores obtidos (kg) na determinação da transferência de peso do distribuidor para o trator pelo método da pesagem. Santa Maria, RS, 2003.

Pesagem	Descrição	Peso (kg)
1	Peso do trator	4.486
2	Peso do distribuidor centrífugo carregado com calcário	9.170
3	Peso do trator + distribuidor centrífugo	13.656
4	Peso do trator engatado no distribuidor centrífugo	5.760
TP	Transferência de peso	1.274

TP: $\text{Peso 4} - \text{Peso 1} = 1.274 \text{ kg}$ (13,89 % do peso do distribuidor)

No método dinamométrico, foi medida diretamente a força vertical aplicada no ponto de engate do cabeçalho do distribuidor à barra de tração do trator, obtendo-se o valor de 1.290 kg. Isto significa que 14,06 % do peso do distribuidor transferiram-se para a barra de tração do trator, pelas mesmas razões já mencionadas.

Conforme os dados obtidos, pode-se constatar que houve similaridade dos valores da transferência de peso calculado e medido, respectivamente, em ambos

os métodos, confirmando a possibilidade da utilização do método da pesagem, que apresenta maior facilidade e praticidade de uso pelo agricultor, desde que seja utilizada uma balança adequada e devidamente aferida. A diferença na magnitude da transferência de peso constatada entre os dois métodos, insignificante neste caso, pode ser atribuída à precisão própria da balança empregada.

4.1.2. Avaliação da vazão

A Tabela 2 e a Figura 16 mostram os resultados das determinações de vazão de calcário e respectivos cálculos.

Tabela 2 - Vazão de calcário ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$) nas diferentes posições de abertura da comporta dosadora e velocidades da esteira transportadora do distribuidor centrífugo Boelter. Santa Maria, RS, 2003.

Abertura da Comporta	Vazão de calcário ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)		
	Velocidade da Esteira		
	Baixa	Média	Alta
0	16,1	93,8	220,0
1	23,3	155,6	334,9
2	32,7	209,4	447,9
3	43,8	259,6	576,7
4	55,7	319,9	705,5
5	69,1	380,2	834,2
6	73,3	440,6	963,0
7	83,5	500,9	1091,8
8	93,3	561,2	1220,6
9	107,3	617,0	1353,6
10	115,1	672,9	1486,6
11	123,9	728,7	1619,6
12	138,1	784,6	1752,6
13	150,1	840,4	1885,6
14	160,4	897,6	2018,6
15	169,4	954,8	2151,6
16	180,0	1011,9	2284,6
17	191,0	1069,1	2417,6
18	205,0	1126,3	2550,6
19	211,2	1144,7	2683,6
20	219,0	1163,1	2816,6
21	241,0	1181,6	2949,6
22	259,4	1199,9	3082,6
23	264,8	1218,4	3215,6

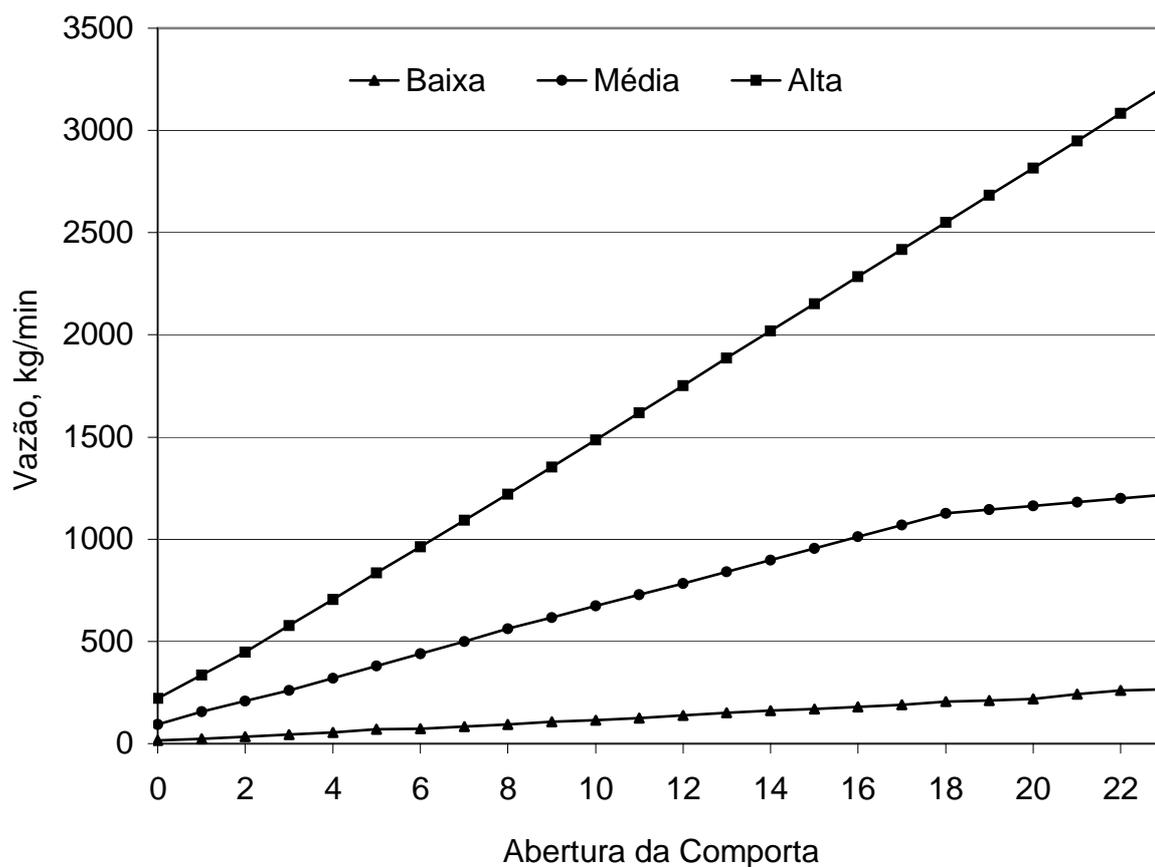


Figura 16 - Vazão de calcário ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$) nas diferentes posições de abertura da comporta dosadora e velocidades da esteira transportadora do distribuidor centrífugo Boelter. Santa Maria, RS, 2003.

Para a aveia, somente foi possível determinar a vazão até a posição de abertura de comporta nº.13 devido à vazão espontânea ocorrida a partir dessa posição. Por outro lado, foi determinada a vazão de aveia na velocidade média da esteira somente até a abertura de comporta nº.3 e na velocidade alta somente até a abertura de comporta nº.01. Isto porque, a partir destas aberturas da comporta, nas respectivas velocidades da esteira, a vazão resultante já determina dosagens muito acima da recomendada agronomicamente para semeadura dessa cultura. A Tabela 3 e a Figura 17 mostram claramente estas ocorrências.

Na utilização do distribuidor centrífugo para a semeadura de aveia, o mecanismo dosador operando com a esteira transportadora de produto em velocidade baixa fornece suficiente amplitude de vazão somente com a variação da abertura da comporta. O gráfico mostrado na Figura 17 evidencia esse comportamento do mecanismo dosador.

Tabela 3 - Vazão de aveia ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$) nas diferentes posições de abertura da comporta dosadora e velocidades da esteira transportadora do distribuidor centrífugo Boelter. Santa Maria, RS, 2003.

Abertura da Comporta	Vazão de Aveia ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)		
	Velocidade da Esteira		
	Baixa	Média	Alta
0	4,5	24,7	52,7
1	6,5	37,3	68,7
2	9,3	53,0	-
3	11,9	67,3	-
4	14,2	-	-
5	16,7	-	-
6	17,7	-	-
7	21,5	-	-
8	24,9	-	-
9	27,2	-	-
10	30,7	-	-
11	32,7	-	-
12	37,3	-	-
13	39,6	-	-

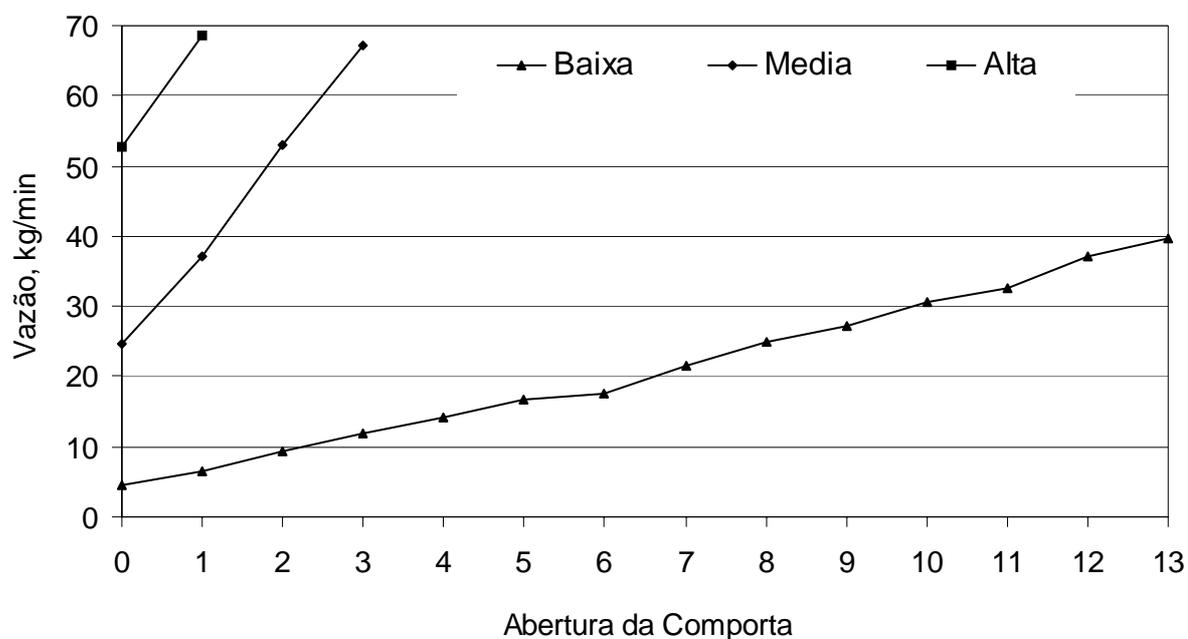


Figura 17 - Vazão de aveia ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$) nas diferentes posições de abertura da comporta dosadora e velocidades da esteira transportadora do distribuidor centrífugo Boelter. Santa Maria, RS, 2003.

Na velocidade baixa da esteira e abertura de comporta nº12, iniciou a queda de sementes pelas laterais da esteira (Figura 18). Nesta regulagem, a queda de sementes foi considerada desprezível. Na abertura de comporta nº13, a queda de sementes na lateral da esteira foi de $0,6 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ e, na abertura de comporta nº14, a queda de sementes foi constante em toda a extensão da própria comporta dosadora, mesmo com a esteira parada, inviabilizando, portanto, a continuação da determinação da vazão a partir dessa posição de abertura.



Figura 18 - Mecanismo dosador apresentando queda de semente de aveia na lateral da esteira do distribuidor centrífugo Boelter. Santa Maria, RS, 2003.

4.1.3. Avaliação da dosagem

Com os valores de vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$), utilizando as larguras de trabalho projetadas (10, 12 e 14 metros) e a velocidade de deslocamento do equipamento (4 a $10 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), pode-se calcular a quantidade de calcário e de aveia que é possível de ser aplicado por unidade de área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), nas diferentes regulagens de velocidade da esteira transportadora e posições de abertura da comporta dosadora de produto. Para calcário, os resultados encontram-se nas Tabelas 4 a 12.

Tabela 4 - Dosagens de calcário aplicado por unidade de área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-distribuidor e da abertura da comporta dosadora, com a esteira transportadora operando na velocidade baixa, calculada a partir das vazões do produto e da largura de trabalho de 10 m.

Abertura Comporta	Vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)	Velocidade de Deslocamento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)						
		4	5	6	7	8	9	10
0	16.1	242	193	161	138	121	107	97
1	23.3	350	280	233	200	175	155	140
2	32.7	491	392	327	280	245	218	196
3	43.8	657	526	438	375	329	292	263
4	55.7	836	668	557	477	418	371	334
5	69.1	1037	829	691	592	518	461	415
6	73.3	1100	880	733	628	550	489	440
7	83.5	1253	1002	835	716	626	557	501
8	93.3	1400	1120	933	800	700	622	560
9	107.3	1610	1288	1073	920	805	715	644
10	115.1	1727	1381	1151	987	863	767	691
11	123.9	1859	1487	1239	1062	929	826	743
12	138.1	2072	1657	1381	1184	1036	921	829
13	150.1	2252	1801	1501	1287	1126	1001	901
14	160.4	2406	1925	1604	1375	1203	1069	962
15	169.4	2541	2033	1694	1452	1271	1129	1016
16	180.0	2700	2160	1800	1543	1350	1200	1080
17	191.0	2865	2292	1910	1637	1433	1273	1146
18	205.0	3075	2460	2050	1757	1538	1367	1230
19	211.2	3168	2534	2112	1810	1584	1408	1267
20	219.0	3285	2628	2190	1877	1643	1460	1314
21	241.0	3615	2892	2410	2066	1808	1607	1446
22	259.4	3891	3113	2594	2223	1946	1729	1556
23	264.8	3972	3178	2648	2270	1986	1765	1589

Tabela 5 - Dosagens de calcário aplicado por unidade de área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-distribuidor e da abertura da comporta dosadora, com a esteira transportadora operando na velocidade baixa, calculada a partir das vazões do produto e da largura de trabalho de 12 m.

Abertura Comporta	Vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)	Velocidade de Deslocamento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)						
		4	5	6	7	8	9	10
0	16.1	201	161	134	115	101	89	81
1	23.3	291	233	194	166	146	129	117
2	32.7	409	327	273	234	204	182	164
3	43.8	548	438	365	313	274	243	219
4	55.7	696	557	464	398	348	309	279
5	69.1	864	691	576	494	432	384	346
6	73.3	916	733	611	524	458	407	367
7	83.5	1044	835	696	596	522	464	418
8	93.3	1166	933	778	666	583	518	467
9	107.3	1341	1073	894	766	671	596	537
10	115.1	1439	1151	959	822	719	639	576
11	123.9	1549	1239	1033	885	774	688	620
12	138.1	1726	1381	1151	986	863	767	691
13	150.1	1876	1501	1251	1072	938	834	751
14	160.4	2005	1604	1337	1146	1003	891	802
15	169.4	2118	1694	1412	1210	1059	941	847
16	180.0	2250	1800	1500	1286	1125	1000	900
17	191.0	2388	1910	1592	1364	1194	1061	955
18	205.0	2563	2050	1708	1464	1281	1139	1025
19	211.2	2640	2112	1760	1509	1320	1173	1056
20	219.0	2738	2190	1825	1564	1369	1217	1095
21	241.0	3013	2410	2008	1721	1506	1339	1205
22	259.4	3243	2594	2162	1853	1621	1441	1297
23	264.8	3310	2648	2207	1891	1655	1471	1324

Tabela 6 - Dosagens de calcário aplicado por unidade de área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-distribuidor e da abertura da comporta dosadora, com a esteira transportadora operando na velocidade baixa, calculada a partir das vazões do produto e da largura de trabalho de 14 m.

Abertura Comporta	Vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)	Velocidade de Deslocamento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)						
		4	5	6	7	8	9	10
0	16.1	173	138	115	99	86	77	69
1	23.3	250	200	166	143	125	111	100
2	32.7	350	280	234	200	175	156	140
3	43.8	469	375	313	268	235	209	188
4	55.7	597	477	398	341	298	265	239
5	69.1	740	592	494	423	370	329	296
6	73.3	785	628	524	449	393	349	314
7	83.5	895	716	596	511	447	398	358
8	93.3	1000	800	666	571	500	444	400
9	107.3	1150	920	766	657	575	511	460
10	115.1	1233	987	822	705	617	548	493
11	123.9	1328	1062	885	759	664	590	531
12	138.1	1480	1184	986	846	740	658	592
13	150.1	1608	1287	1072	919	804	715	643
14	160.4	1719	1375	1146	982	859	764	687
15	169.4	1815	1452	1210	1037	908	807	726
16	180.0	1929	1543	1286	1102	964	857	771
17	191.0	2046	1637	1364	1169	1023	910	819
18	205.0	2196	1757	1464	1255	1098	976	879
19	211.2	2263	1810	1509	1293	1131	1006	905
20	219.0	2346	1877	1564	1341	1173	1043	939
21	241.0	2582	2066	1721	1476	1291	1148	1033
22	259.4	2779	2223	1853	1588	1390	1235	1112
23	264.8	2837	2270	1891	1621	1419	1261	1135

Tabela 7 - Dosagens de calcário aplicado por unidade de área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-distribuidor e da abertura da comporta dosadora, com a esteira transportadora operando na velocidade média, calculada a partir das vazões do produto e da largura de trabalho de 10 m.

Abertura Comporta	Vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)	Velocidade de Deslocamento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)						
		4	5	6	7	8	9	10
0	93.8	1407	1126	938	804	704	625	563
1	155.6	2334	1867	1556	1334	1167	1037	934
2	209.4	3141	2513	2094	1795	1571	1396	1256
3	259.6	3893	3115	2596	2225	1947	1730	1557
4	319.9	4799	3839	3199	2742	2399	2133	1920
5	380.2	5704	4563	3802	3259	2852	2535	2281
6	440.6	6608	5287	4406	3776	3304	2937	2643
7	500.9	7513	6011	5009	4293	3757	3339	3005
8	561.2	8418	6734	5612	4810	4209	3741	3367
9	617.0	9256	7404	6170	5289	4628	4114	3702
10	672.9	10093	8075	6729	5768	5047	4486	4037
11	728.7	10931	8745	7287	6246	5465	4858	4372
12	784.6	11768	9415	7846	6725	5884	5230	4707
13	840.4	12606	10085	8404	7203	6303	5603	5042
14	897.6	13464	10771	8976	7694	6732	5984	5385
15	954.8	14321	11457	9548	8184	7161	6365	5729
16	1011.9	15179	12143	10119	8674	7590	6746	6072
17	1069.1	16037	12829	10691	9164	8018	7127	6415
18	1126.3	16895	13516	11263	9654	8447	7509	6758
19	1144.7	17171	13737	11447	9812	8585	7631	6868
20	1163.1	17447	13958	11631	9970	8724	7754	6979
21	1181.6	17723	14179	11816	10128	8862	7877	7089
22	1120.0	18000	14400	12000	10286	9000	8000	7200
23	1218.4	18277	14621	12184	10444	9138	8123	7311

Tabela 8 - Dosagens de calcário aplicado por unidade de área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-distribuidor e da abertura da comporta dosadora, com a esteira transportadora operando na velocidade média, calculada a partir das vazões do produto e da largura de trabalho de 12 m.

Abertura Comporta	Vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)	Velocidade de Deslocamento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)						
		4	5	6	7	8	9	10
0	93.8	1173	938	782	670	586	521	469
1	155.6	1945	1556	1297	1111	973	864	778
2	209.4	2618	2094	1745	1496	1309	1163	1047
3	259.6	3245	2596	2163	1854	1622	1442	1298
4	319.9	3999	3199	2666	2285	2000	1777	1600
5	380.2	4753	3802	3169	2716	2377	2112	1901
6	440.6	5507	4406	3671	3147	2754	2448	2203
7	500.9	6261	5009	4174	3578	3131	2783	2504
8	561.2	7015	5612	4677	4009	3508	3118	2806
9	617.0	7713	6170	5142	4407	3857	3428	3085
10	672.9	8411	6729	5607	4806	4206	3738	3364
11	728.7	9109	7287	6073	5205	4555	4048	3644
12	784.6	9807	7846	6538	5604	4904	4359	3923
13	840.4	10505	8404	7003	6003	5253	4669	4202
14	897.6	11220	8976	7480	6411	5610	4987	4488
15	954.8	11935	9548	7956	6820	5967	5304	4774
16	1011.9	12649	10119	8433	7228	6325	5622	5060
17	1069.1	13364	10691	8909	7637	6682	5940	5346
18	1126.3	14079	11263	9386	8045	7039	6257	5632
19	1144.7	14309	11447	9539	8177	7155	6360	5724
20	1163.1	14539	11631	9693	8308	7270	6462	5816
21	1181.6	14770	11816	9846	8440	7385	6564	5908
22	1120.0	15000	12000	10000	8571	7500	6667	6000
23	1218.4	15231	12184	10154	8703	7615	6769	6092

Tabela 9 - Dosagens de calcário aplicado por unidade de área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-distribuidor e da abertura da comporta dosadora, com a esteira transportadora operando na velocidade média, calculada a partir das vazões do produto e da largura de trabalho de 14 m.

Abertura comporta	Vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)	Velocidade de Deslocamento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)							
		4	5	6	7	8	9	10	
0	93.8	1005	804	670	574	503	447	402	
1	155.6	1667	1334	1111	953	834	741	667	
2	209.4	2244	1795	1496	1282	1122	997	897	
3	259.6	2781	2225	1854	1589	1391	1236	1112	
4	319.9	3428	2742	2285	1959	1714	1523	1371	
5	380.2	4074	3259	2716	2328	2037	1811	1630	
6	440.6	4720	3776	3147	2697	2360	2098	1888	
7	500.9	5367	4293	3578	3067	2683	2385	2147	
8	561.2	6013	4810	4009	3436	3006	2672	2405	
9	617.0	6611	5289	4407	3778	3306	2938	2644	
10	672.9	7209	5768	4806	4120	3605	3204	2884	
11	728.7	7808	6246	5205	4462	3904	3470	3123	
12	784.6	8406	6725	5604	4803	4203	3736	3362	
13	840.4	9004	7203	6003	5145	4502	4002	3602	
14	897.6	9617	7694	6411	5495	4808	4274	3847	
15	954.8	10230	8184	6820	5845	5115	4546	4092	
16	1011.9	10842	8674	7228	6196	5421	4819	4337	
17	1069.1	11455	9164	7637	6546	5727	5091	4582	
18	1126.3	12068	9654	8045	6896	6034	5363	4827	
19	1144.7	12265	9812	8177	7008	6132	5451	4906	
20	1163.1	12462	9970	8308	7121	6231	5539	4985	
21	1181.6	12660	10128	8440	7234	6330	5626	5064	
22	1120.0	12857	10286	8571	7347	6428	5714	5143	
23	1218.4	13055	10444	8703	7460	6527	5802	5222	

Tabela 10 - Dosagens de calcário aplicado por unidade de área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-distribuidor e da abertura da comporta dosadora, com a esteira transportadora operando na velocidade alta, calculada a partir das vazões do produto e da largura de trabalho de 10 m.

Abertura Comporta	Vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)	Velocidade de Deslocamento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)							
		4	5	6	7	8	9	10	
0	220.0	3300	2640	2200	1886	1650	1467	1320	
1	334.9	5024	4019	3349	2871	2512	2233	2010	
2	447.9	6719	5375	4479	3839	3359	2986	2687	
3	576.7	8650	6920	5767	4943	4325	3845	3460	
4	705.5	10582	8466	7055	6047	5291	4703	4233	
5	834.2	12514	10011	8342	7151	6257	5562	5005	
6	963.0	14445	11556	9630	8254	7223	6420	5778	
7	1091.8	16377	13102	10918	9358	8189	7279	6551	
8	1220.6	18309	14647	12206	10462	9155	8137	7324	
9	1353.6	20304	16243	13536	11602	10152	9024	8122	
10	1486.6	22299	17839	14866	12742	11150	9911	8920	
11	1619.6	24294	19435	16196	13882	12147	10797	9718	
12	1752.6	26289	21031	17526	15022	13145	11684	10516	
13	1885.6	28284	22627	18856	16162	14142	12571	11314	
14	2018.6	30279	24223	20186	17302	15140	13457	12112	
15	2151.6	32273	25819	21516	18442	16137	14344	12909	
16	2284.6	34269	27415	22846	19582	17135	15231	13708	
17	2417.6	36264	29011	24176	20722	18132	16117	14506	
18	2550.6	38259	30607	25506	21862	19130	17004	15304	
19	2683.6	40254	32203	26836	23002	20127	17891	16102	
20	2816.6	42249	33799	28166	24142	21125	18777	16900	
21	2949.6	44244	35395	29496	25282	22122	19664	17698	
22	3082.6	46239	36991	30826	26422	23120	20551	18496	
23	3215.6	48234	38587	32156	27562	24117	21437	19294	

Tabela 11 - Dosagens de calcário aplicado por unidade de área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-distribuidor e da abertura da comporta dosadora, com a esteira transportadora operando na velocidade alta, calculada a partir das vazões do produto e da largura de trabalho de 12 m.

Abertura Comporta	Vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)	Velocidade de Deslocamento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)							
		4	5	6	7	8	9	10	
0	220.0	2750	2200	1833	1571	1375	1222	1100	
1	334.9	4187	3349	2791	2392	2093	1861	1675	
2	447.9	5599	4479	3733	3199	2799	2488	2240	
3	576.7	7209	5767	4806	4119	3604	3204	2883	
4	705.5	8818	7055	5879	5039	4409	3919	3527	
5	834.2	10428	8342	6952	5959	5214	4635	4171	
6	963.0	12038	9630	8025	6879	6019	5350	4815	
7	1091.8	13648	10918	9098	7799	6824	6066	5459	
8	1220.6	15258	12206	10172	8719	7629	6781	6103	
9	1353.6	16920	13536	11280	9669	8460	7520	6768	
10	1486.6	18583	14866	12388	10619	9291	8259	7433	
11	1619.6	20245	16196	13497	11569	10123	8998	8098	
12	1752.6	21908	17526	14605	12519	10954	9737	8763	
13	1885.6	23570	18856	15713	13469	11785	10476	9428	
14	2018.6	25233	20186	16822	14419	12616	11214	10093	
15	2151.6	26895	21516	17930	15368	13447	11953	10758	
16	2284.6	28558	22846	19038	16319	14279	12692	11423	
17	2417.6	30220	24176	20147	17269	15110	13431	12088	
18	2550.6	31883	25506	21255	18219	15941	14170	12753	
19	2683.6	33545	26836	22363	19169	16773	14909	13418	
20	2816.6	35208	28166	23472	20119	17604	15648	14083	
21	2949.6	36870	29496	24580	21069	18435	16387	14748	
22	3082.6	38533	30826	25688	22019	19266	17126	15413	
23	3215.6	40195	32156	26797	22969	20098	17864	16078	

Tabela 12 - Dosagens de calcário aplicado por unidade de área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-distribuidor e da abertura da comporta dosadora, com a esteira transportadora operando na velocidade alta, calculada a partir das vazões do produto e da largura de trabalho de 14 m.

Abertura Comporta	Vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)	Velocidade de Deslocamento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)							
		4	5	6	7	8	9	10	
0	220	2357	1886	1571	1347	1179	1048	943	
1	33494	3589	2871	2392	2051	1794	1595	1435	
2	4479	4799	3839	3199	2742	2399	2133	1920	
3	57668	6179	4943	4119	3531	3089	2746	2471	
4	70546	7559	6047	5039	4319	3779	3359	3023	
5	83424	8938	7151	5959	5108	4469	3973	3575	
6	96302	10318	8254	6879	5896	5159	4586	4127	
7	10918	11698	9358	7799	6684	5849	5199	4679	
8	122062	13078	10462	8719	7473	6539	5812	5231	
9	13536	14503	11602	9669	8287	7251	6446	5801	
10	14866	15928	12742	10619	9102	7964	7079	6371	
11	16196	17353	13882	11569	9916	8676	7712	6941	
12	17526	18778	15022	12519	10730	9389	8346	7511	
13	18856	20203	16162	13469	11544	10101	8979	8081	
14	20186	21628	17302	14419	12359	10814	9612	8651	
15	215156	23052	18442	15368	13173	11526	10246	9221	
16	22846	24478	19582	16319	13987	12239	10879	9791	
17	24176	25903	20722	17269	14802	12951	11512	10361	
18	25506	27328	21862	18219	15616	13664	12146	10931	
19	26836	28753	23002	19169	16430	14376	12779	11501	
20	28166	30178	24142	20119	17244	15089	13412	12071	
21	29496	31603	25282	21069	18059	15801	14046	12641	
22	30826	33028	26422	22019	18873	16514	14679	13211	
23	32156	34453	27562	22969	19687	17226	15312	13781	

Pelos valores calculados depreende-se que, para uso do equipamento na aplicação de calcário, as velocidades médias e altas da esteira fornecem uma ampla e suficiente faixa de dosagens, considerando-se as recomendações agrônômicas para uso do produto na agricultura, somente com a variação da abertura da comporta. A velocidade baixa da esteira permite apenas aplicação de dosagens de calcário geralmente não utilizadas na prática, a menos que se reduza a velocidade de deslocamento, o que resultaria em menor capacidade de campo operacional.

As tabelas 13 a 15 contêm as dosagens de aveia possíveis de se aplicar com o distribuidor centrífugo Boelter.

Tabela 13 - Dosagens de aveia aplicada por unidade de área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-distribuidor e da abertura da comporta dosadora, com a esteira transportadora operando na velocidade baixa, calculada a partir das vazões do produto e da largura de trabalho de 10 m.

Abertura Comporta	Vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)	Velocidade de Deslocamento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)						
		4	5	6	7	8	9	10
0	45	68	54	45	39	34	30	27
1	65	98	78	65	56	49	43	39
2	93	140	112	93	80	70	62	56
3	119	179	143	119	102	89	79	71
4	142	213	170	142	122	107	95	85
5	167	251	200	167	143	125	111	100
6	177	266	212	177	152	133	118	106
7	215	323	258	215	184	161	143	129
8	249	374	299	249	213	187	166	149
9	272	408	326	272	233	204	181	163
10	307	461	368	307	263	230	205	184
11	327	491	392	327	280	245	218	196
12	373	560	448	373	320	280	249	224
13	396	594	475	396	339	297	264	238

Tabela 14 - Dosagens de aveia aplicada por unidade de área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado e da abertura da comporta dosadora, com a esteira transportadora operando na velocidade baixa, calculada a partir das vazões do produto e da largura de trabalho de 12 m.

Abertura Comporta	Vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)	Velocidade de Deslocamento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)						
		4	5	6	7	8	9	10
0	4.5	56	45	38	32	28	25	23
1	6.5	81	65	54	46	41	36	32
2	9.3	117	93	78	67	58	52	47
3	11.9	149	119	99	85	75	66	60
4	14.2	178	142	118	101	89	79	71
5	16.7	209	168	140	120	105	93	84
6	17.7	221	177	147	126	110	98	88
7	21.5	268	215	179	153	134	119	107
8	24.9	311	249	207	178	155	138	124
9	27.2	340	272	226	194	170	151	136
10	30.7	383	307	256	219	192	170	153
11	32.7	408	327	272	233	204	181	163
12	37.3	466	373	311	266	233	207	186
13	39.6	495	396	330	283	247	220	198

Tabela 15 - Dosagens de aveia aplicada por unidade de área ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado e da abertura da comporta dosadora, com a esteira transportadora operando na velocidade baixa, calculada a partir das vazões do produto e da largura de trabalho de 14 m.

Abertura Comporta	Vazão ($\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$)	Velocidade de Deslocamento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)						
		4	5	6	7	8	9	10
0	45	48	39	32	28	24	21	19
1	65	70	56	46	40	35	31	28
2	93	100	80	66	57	50	44	40
3	119	128	102	85	73	64	57	51
4	142	152	122	101	87	76	68	61
5	167	179	143	119	102	89	80	72
6	177	190	152	126	108	95	84	76
7	215	230	184	154	132	115	102	92
8	249	267	213	178	152	133	119	107
9	272	291	233	194	167	146	130	117
10	307	329	263	219	188	164	146	132
11	327	350	280	234	200	175	156	140
12	373	400	320	266	228	200	178	160
13	396	424	339	283	242	212	189	170

De acordo com as Tabelas 13 a 15 verifica-se que o equipamento pode ser utilizado em ampla faixa de velocidades de deslocamento, atendendo as densidades de semeadura normalmente recomendadas agronomicamente para aveia, operando com a velocidade baixa da esteira.

4.2. Determinações de pista

4.2.1. Avaliação da regularidade de distribuição transversal

A seguir, apresentamos os gráficos representativos do comportamento do perfil de distribuição transversal e do Coeficiente de Variação para os produtos utilizados, nas diferentes velocidades da esteira, posições de aberturas da comporta dosadora e posições das aletas no disco distribuidor (Figuras 19 a 38). As planilhas dos testes realizados estão no anexo.

Os gráficos representativos do perfil permitem a visualização fácil da distribuição de produto em toda a largura da faixa de deposição sem a contribuição da sobreposição de passadas adjacentes. Por outro lado, os gráficos representativos do Coeficiente de Variação permitem a visualização das variações de volume de produto ocorridas em toda a largura da faixa de distribuição, neste caso, com a contribuição da sobreposição de passadas adjacentes, que tendem a corrigir as diferenças de quantidade de produto aplicado em cada segmento da faixa de distribuição, segundo o sistema de operação adotado – contínuo ou alternado.

Para construção dos gráficos representativos do perfil, foi representada no eixo das abscissas a posição de cada bandeja que recebeu deposição de produto, na mesma ordem/posição em que estiveram dispostas na pista no momento da amostragem, porém numeradas sequencialmente da esquerda para a direita. Assim, a posição 1 no gráfico do perfil representa a primeira bandeja, da esquerda para a direita, que recebeu alguma quantidade de produto durante a distribuição. No eixo das ordenadas foram representadas as quantidades (em gramas) que cada bandeja recebeu. Para construção do gráfico que representa o Coeficiente de Variação, foi representada no eixo das abscissas a largura da faixa de aplicação. É importante observar que essa largura corresponde à distância entre duas passadas adjacentes com sobreposição, enquanto que a largura representada pelo número de bandejas, no gráfico representativo do perfil, corresponde à somente uma passada, portanto, sem sobreposição. No eixo das ordenadas foi representado o CV calculado.

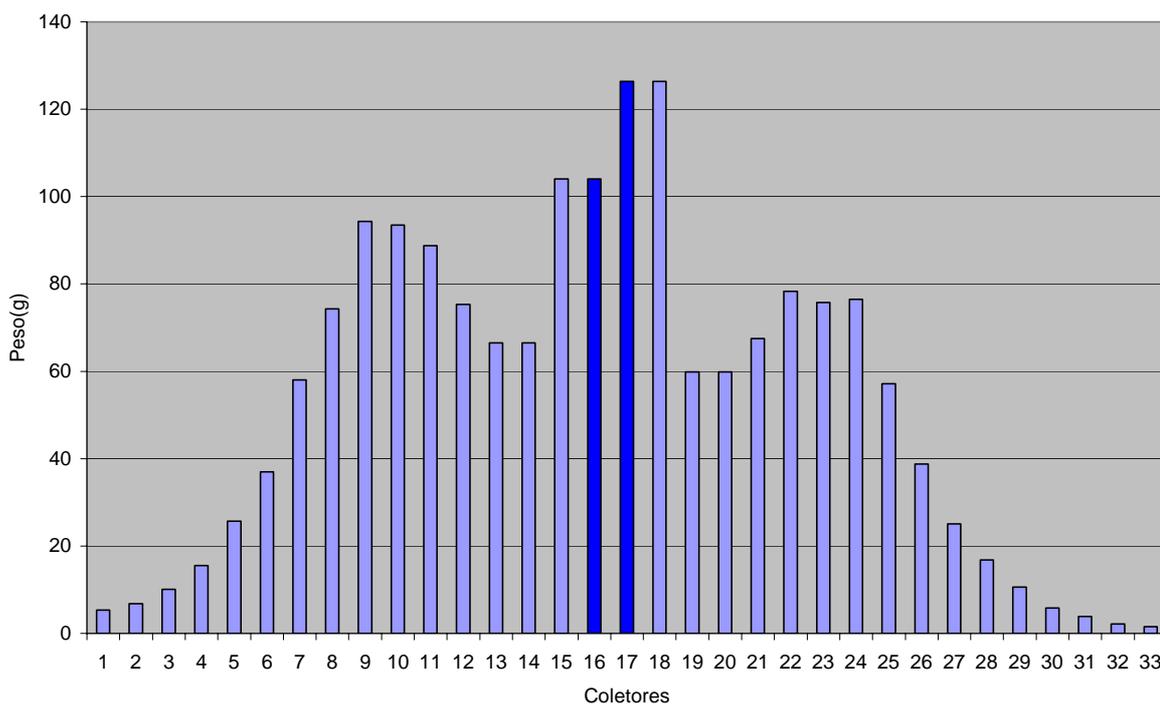


Figura 19 - Perfil de distribuição transversal de calcário com velocidade alta da esteira, abertura da comporta na posição 2 e aletas na posição radial.

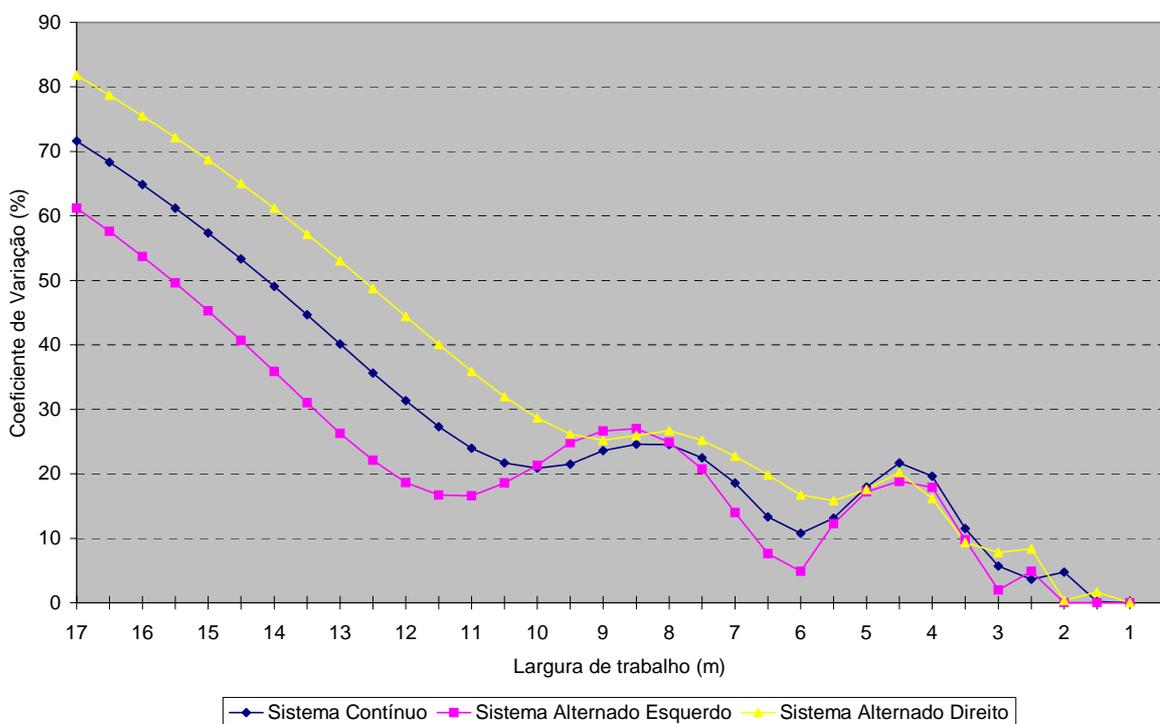


Figura 20 - Coeficiente de variação na distribuição transversal de calcário com velocidade alta da esteira, abertura da comporta na posição 2 e aletas na posição radial.

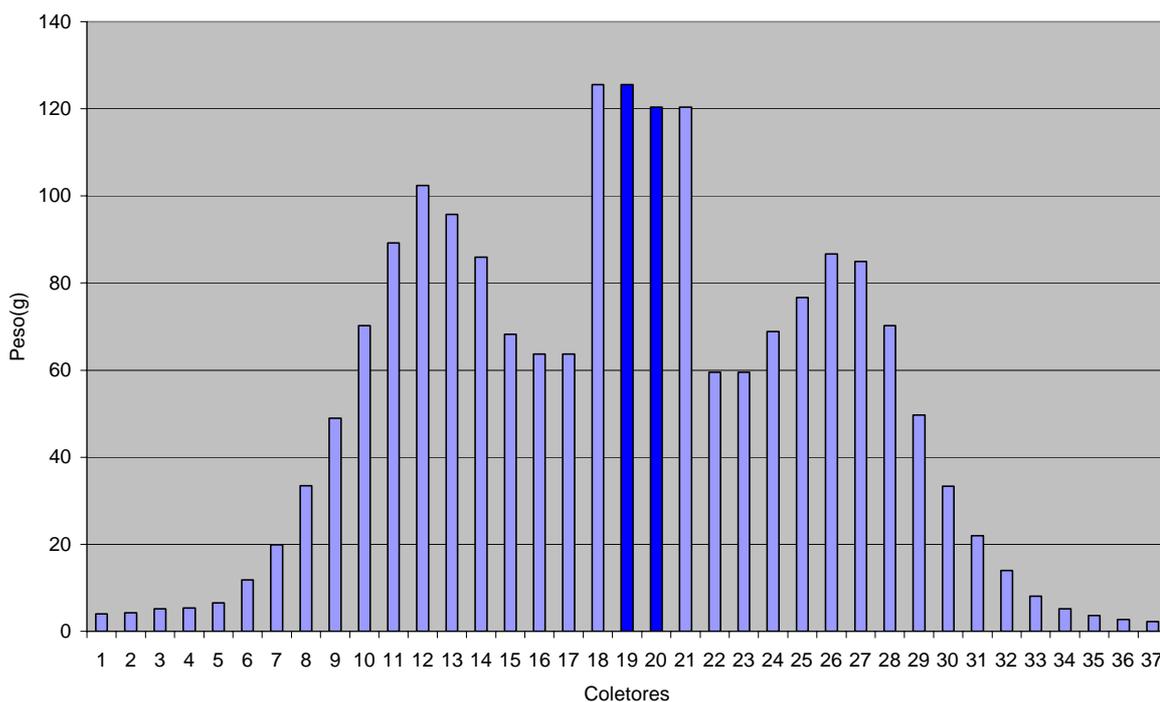


Figura 21 - Perfil de distribuição transversal de calcário com velocidade alta da esteira, abertura da comporta na posição 2 e aletas na posição adiantada.

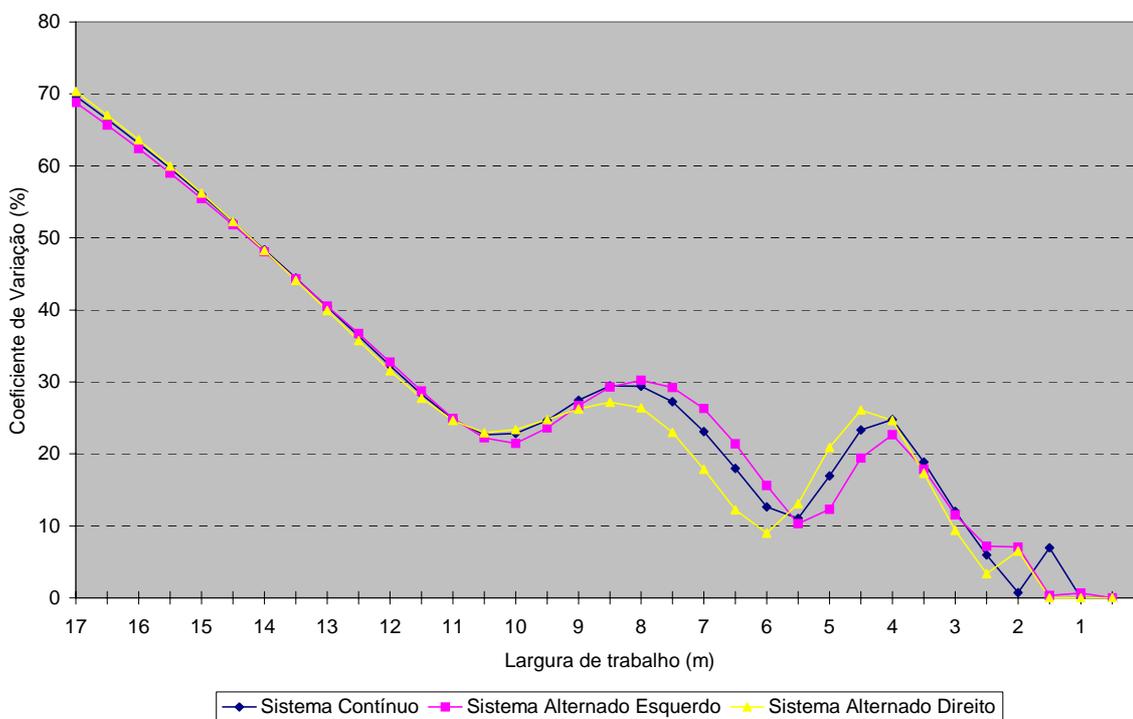


Figura 22 - Coeficiente de variação na distribuição transversal de calcário com velocidade alta da esteira, abertura da comporta na posição 2 e aletas na posição adiantada.

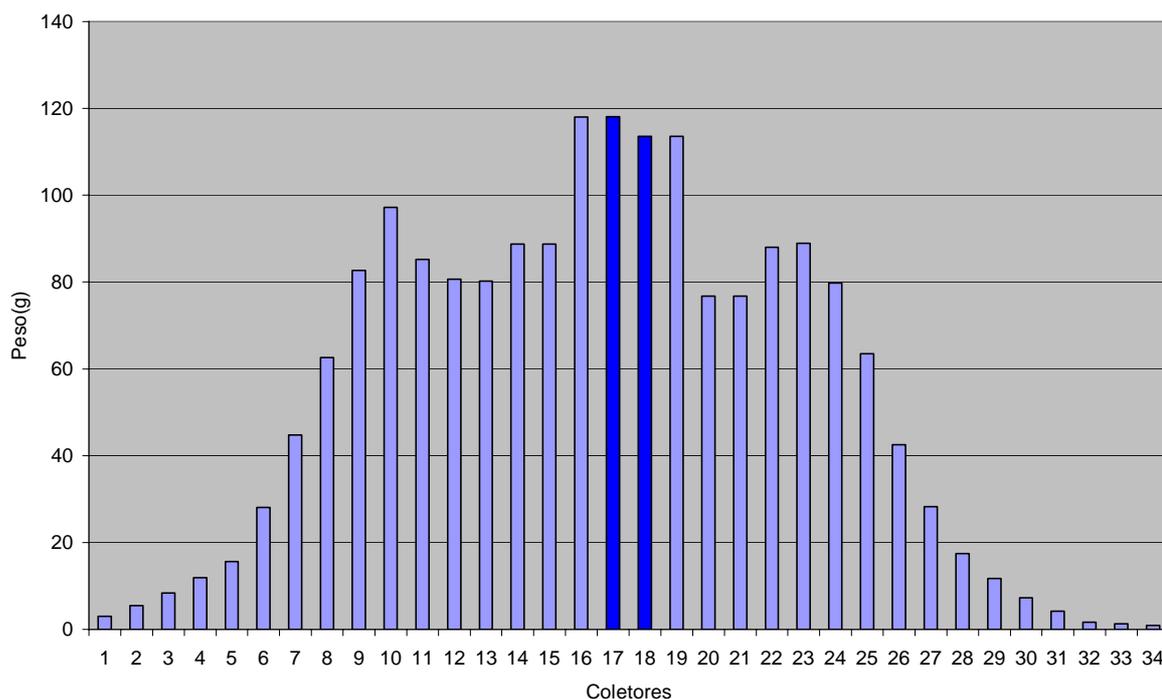


Figura 23 - Perfil de distribuição transversal de calcário com velocidade alta da esteira, abertura da comporta na posição 2 e aletas na posição atrasada.

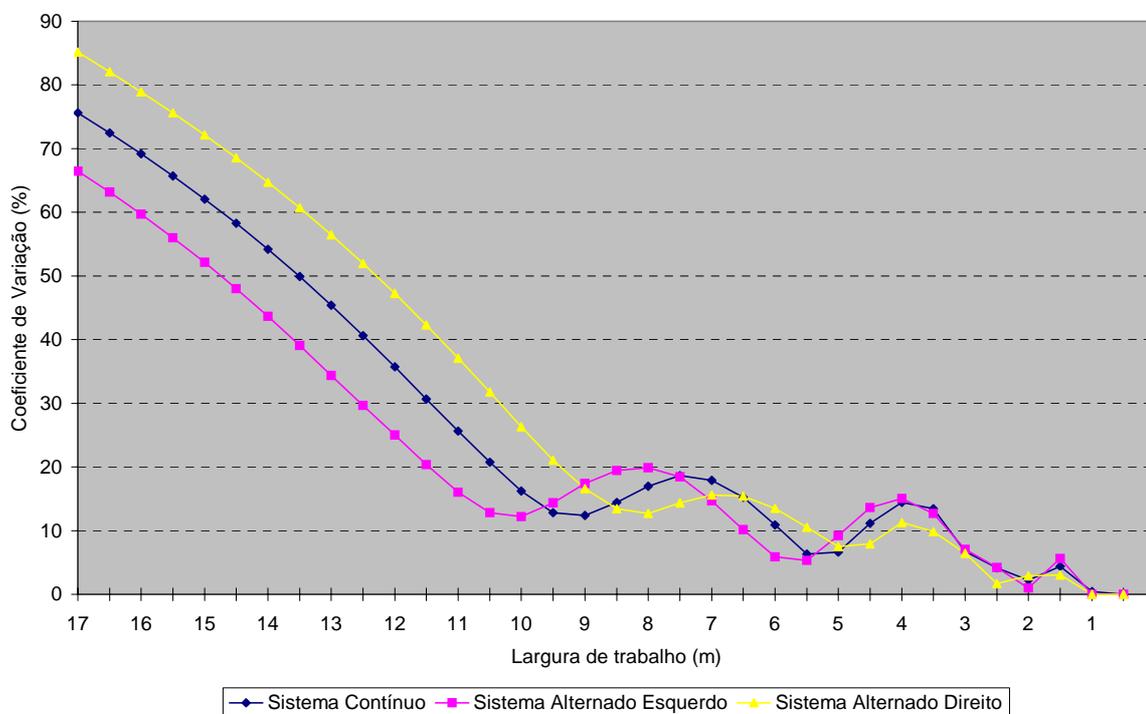


Figura 24 - Coeficiente de variação na distribuição transversal de calcário com velocidade alta da esteira, abertura da comporta na posição 2 e aletas na posição atrasada.

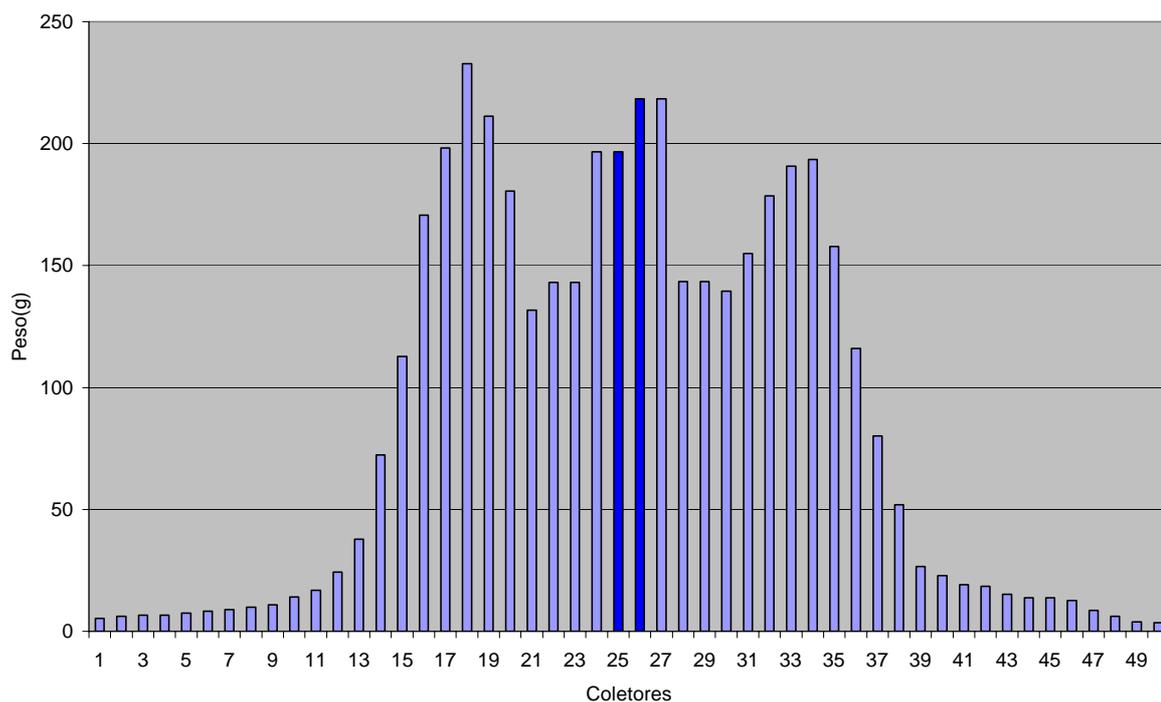


Figura 25 - Perfil de distribuição transversal de calcário com velocidade alta da esteira, abertura da comporta na posição 8 e aletas na posição radial.

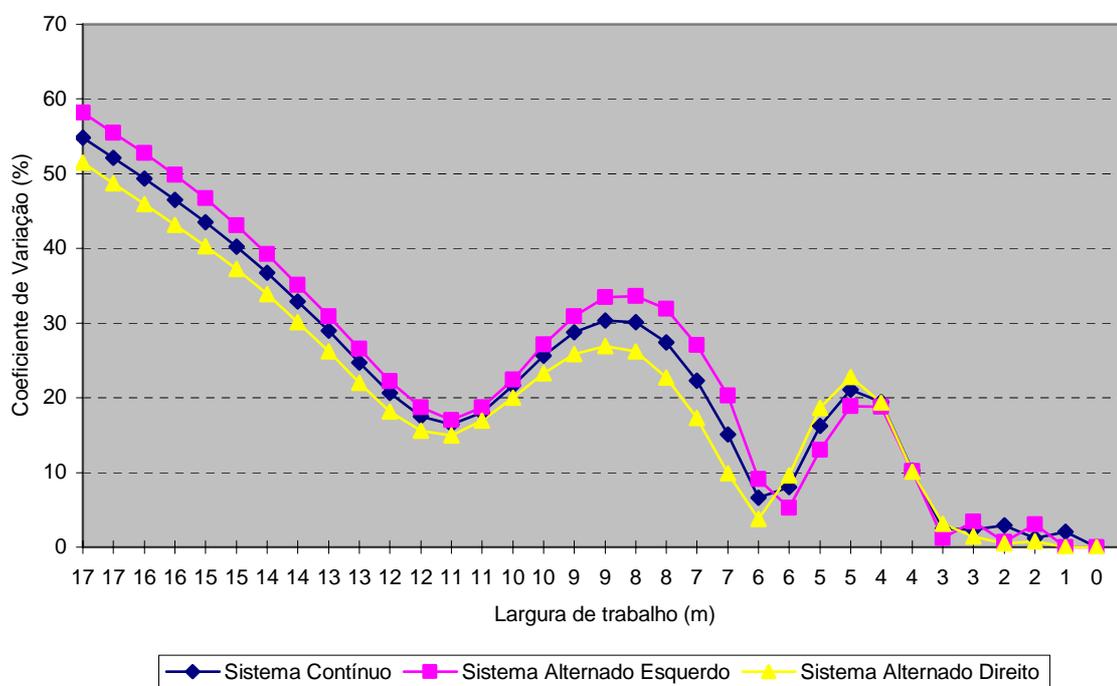


Figura 26 - Coeficiente de variação na distribuição transversal de calcário com velocidade alta da esteira, abertura da comporta na posição 8 e aletas na posição radial.

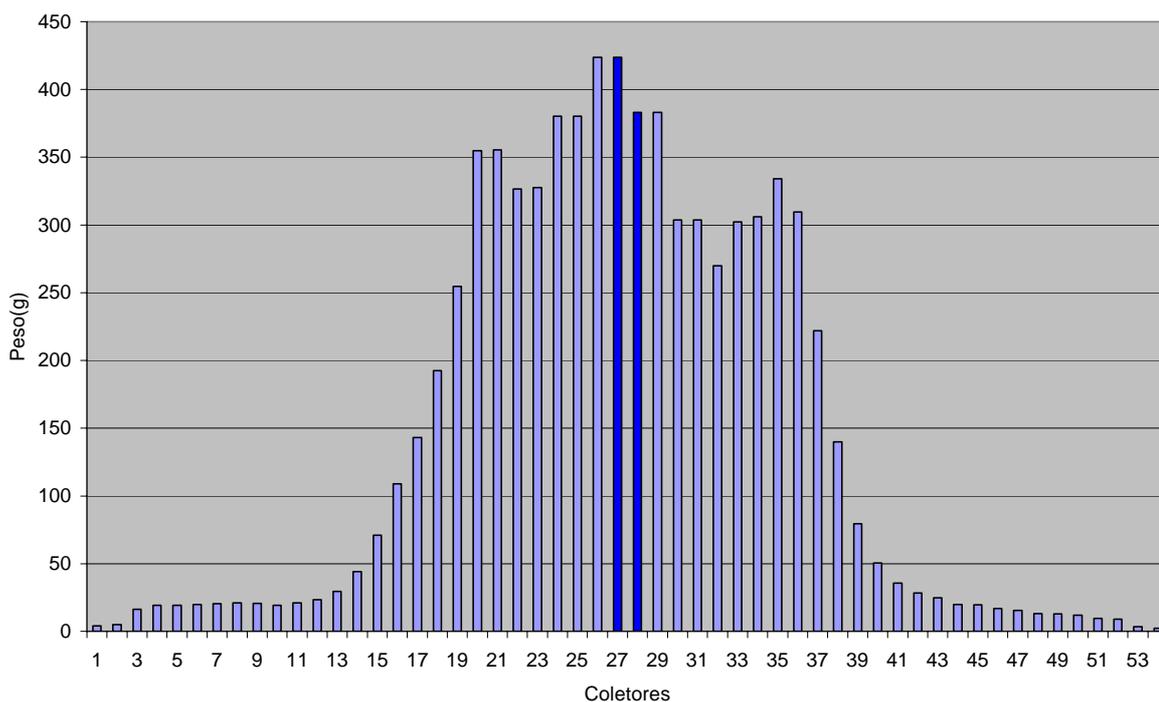


Figura 27 - Perfil de distribuição transversal de calcário com velocidade alta da esteira, abertura da comporta na posição 15 e aletas na posição radial.

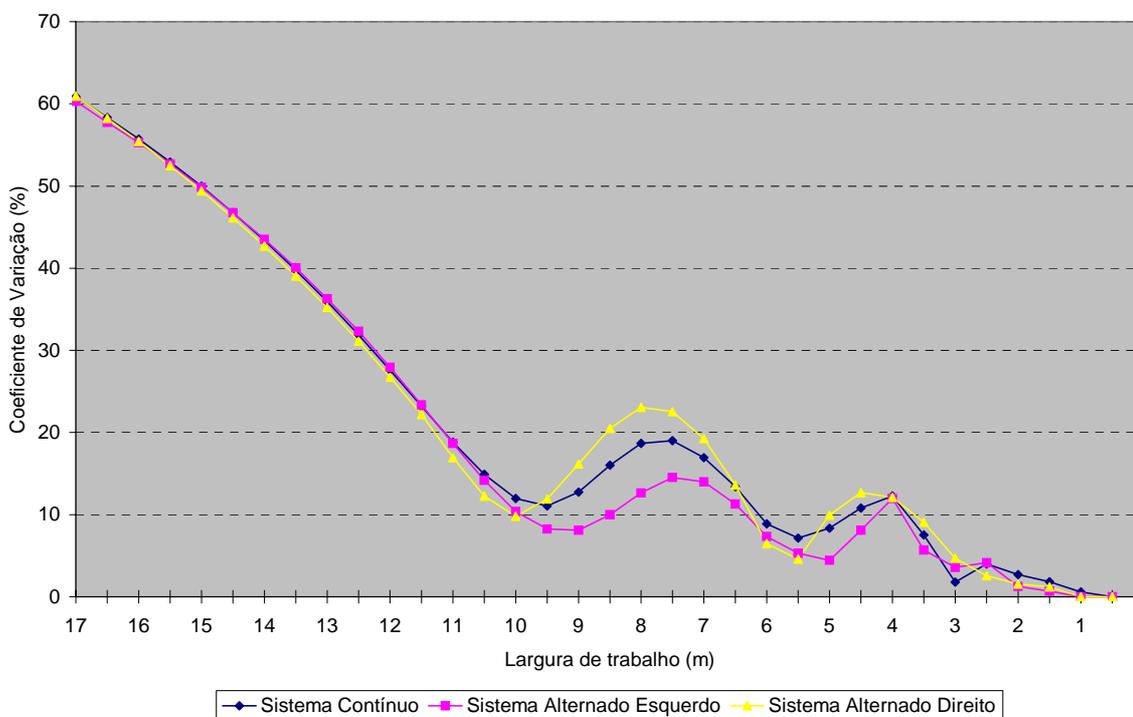


Figura 28 - Coeficiente de variação na distribuição transversal de calcário com velocidade alta da esteira, abertura da comporta na posição 15 e aletas na posição radial.

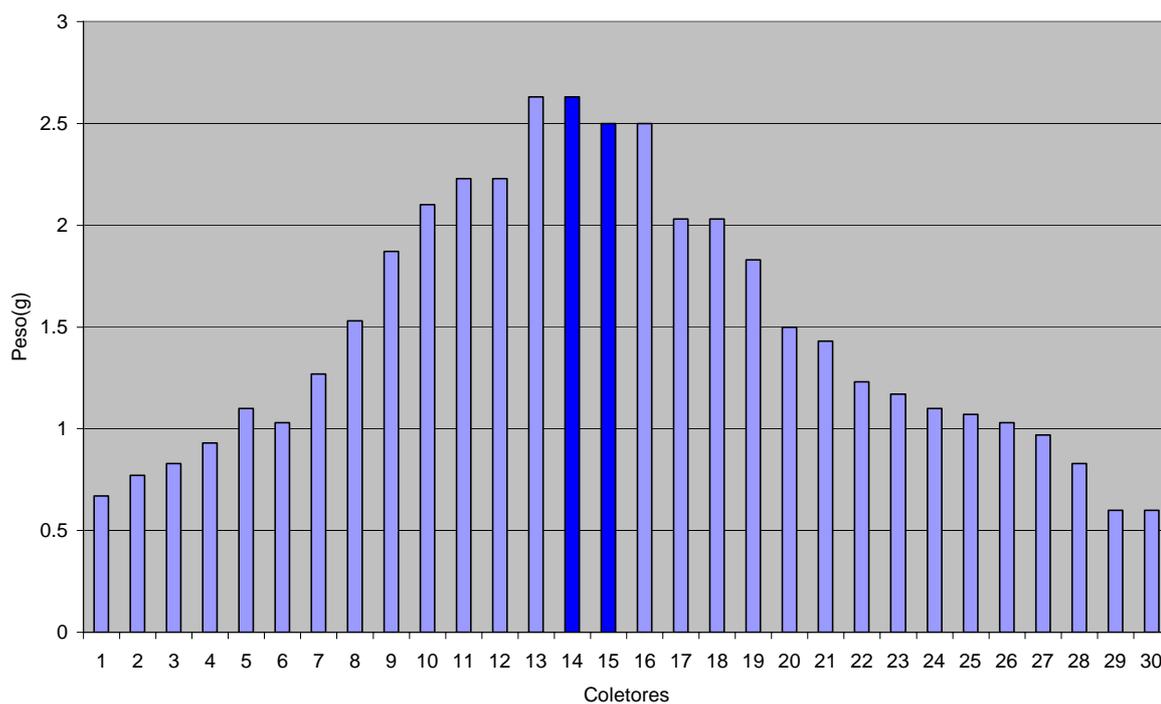


Figura 29 - Perfil de distribuição transversal de aveia com velocidade baixa da esteira, abertura da comporta na posição 1 e aletas na posição radial.

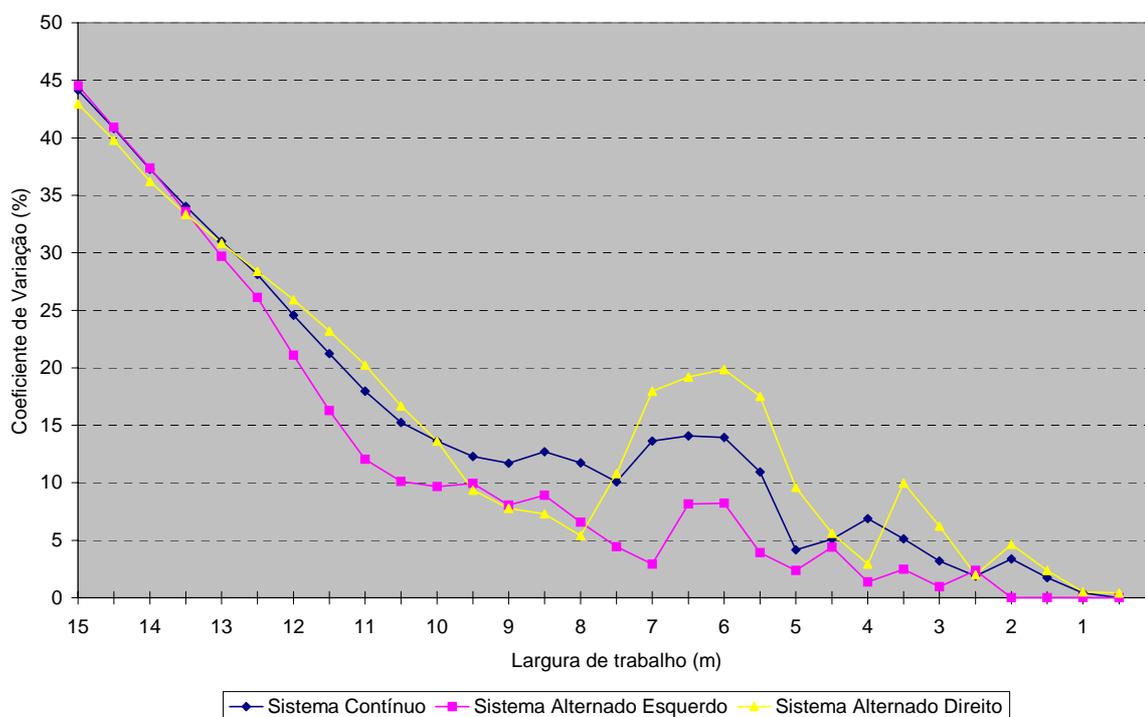


Figura 30 - Coeficiente de variação na distribuição transversal de aveia com velocidade baixa da esteira, abertura da comporta na posição 1 e aletas na posição radial.

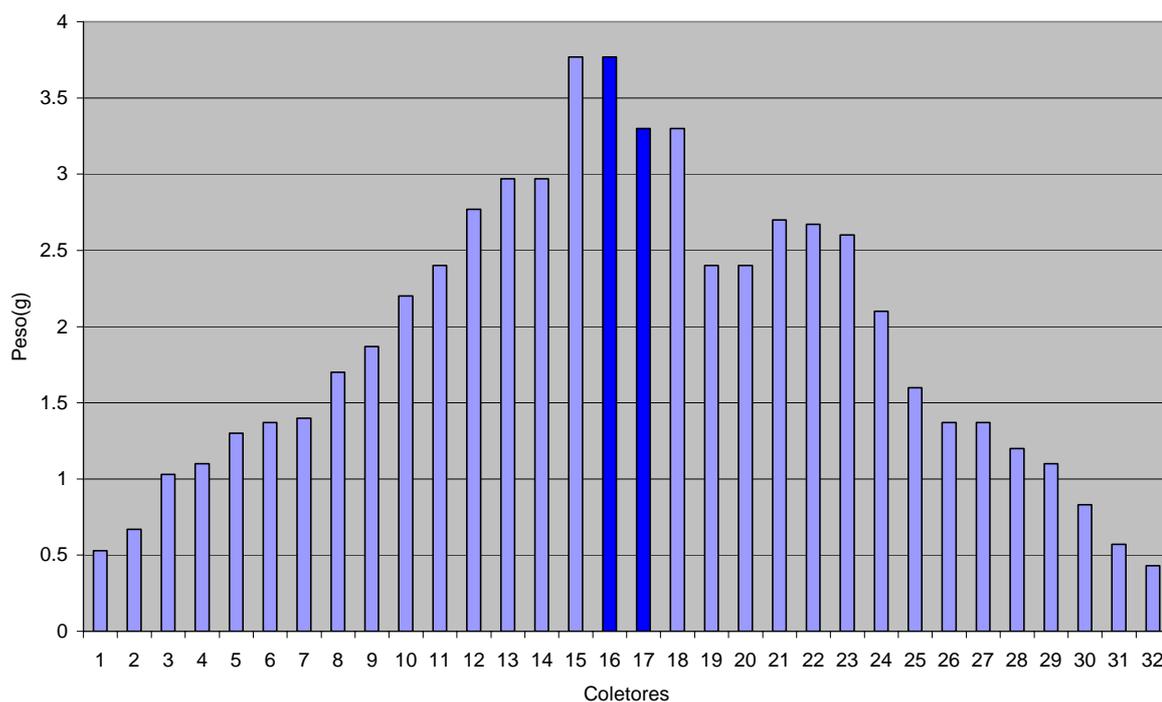


Figura 31 - Perfil de distribuição transversal de aveia com velocidade baixa da esteira, abertura da comporta na posição 3 e aletas na posição radial.

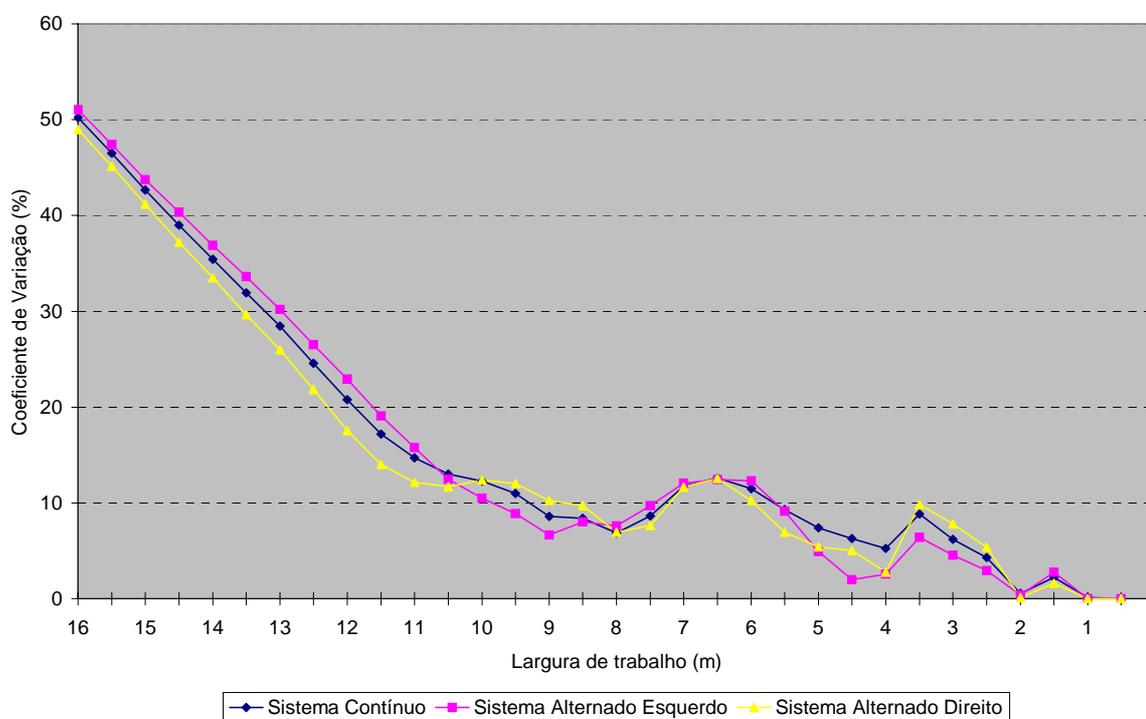


Figura 32 - Coeficiente de variação na distribuição transversal de aveia com velocidade baixa da esteira, abertura da comporta na posição 3 e aletas na posição radial.

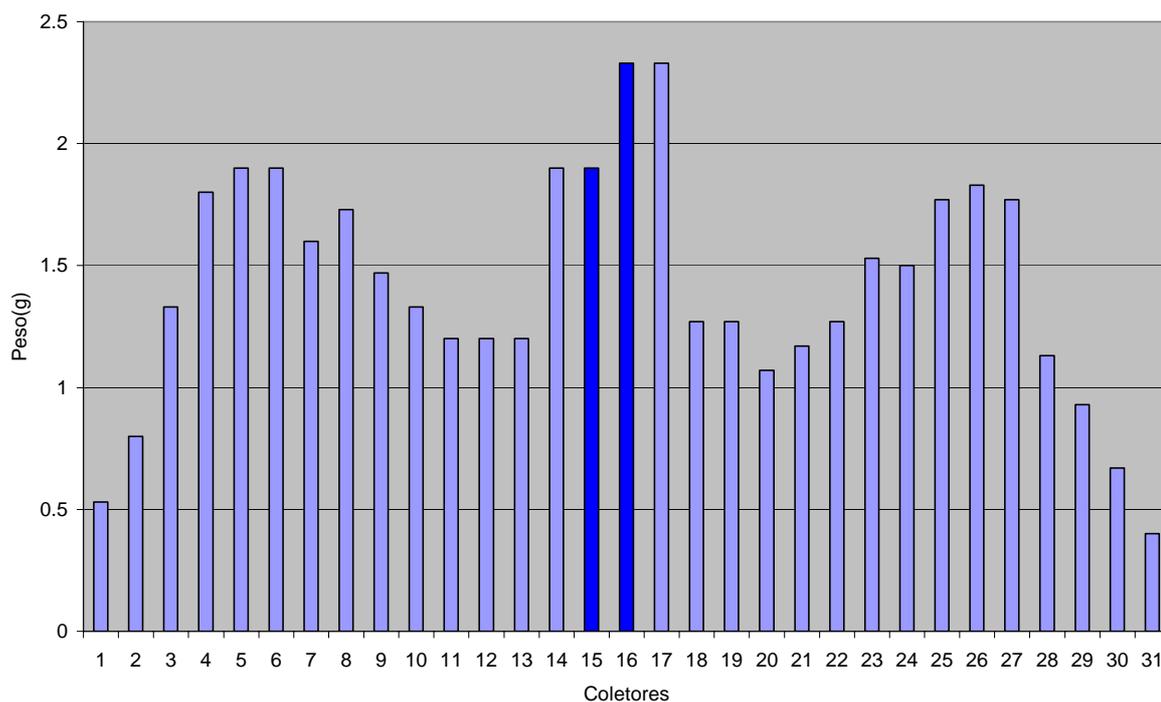


Figura 33 - Perfil de distribuição transversal de aveia com velocidade baixa da esteira, abertura da comporta na posição 3 e aletas na posição adiantada.

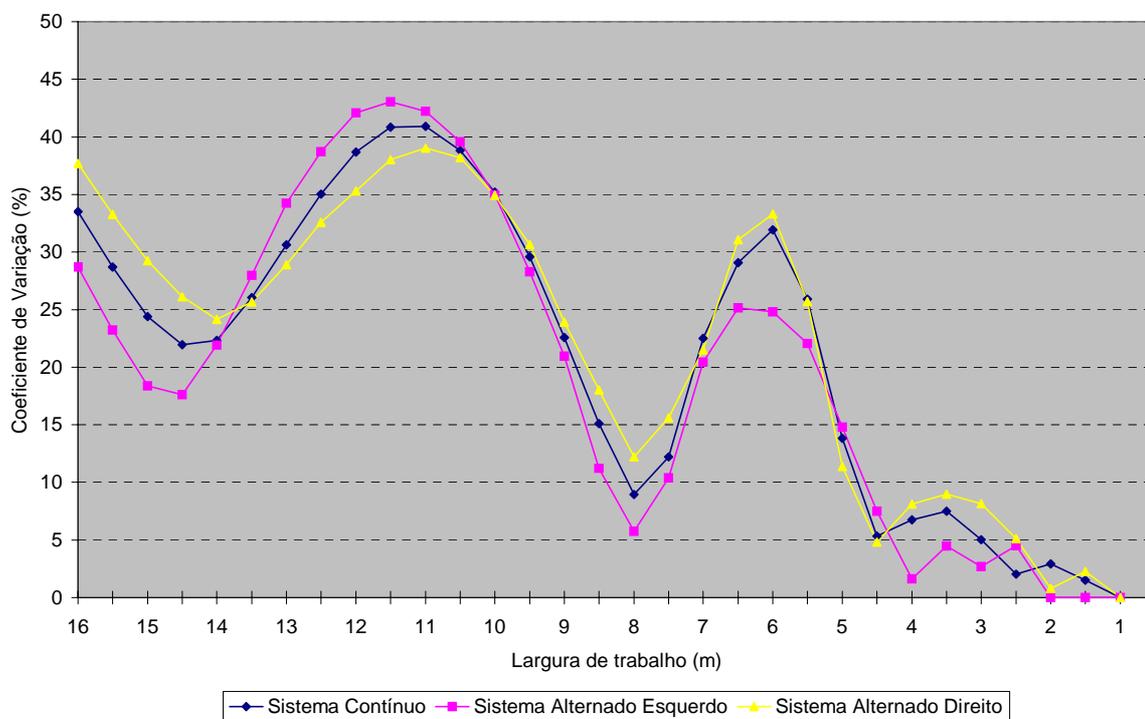


Figura 34 - Coeficiente de variação na distribuição transversal de aveia com velocidade baixa da esteira, abertura da comporta na posição 3 e aletas na posição adiantada.

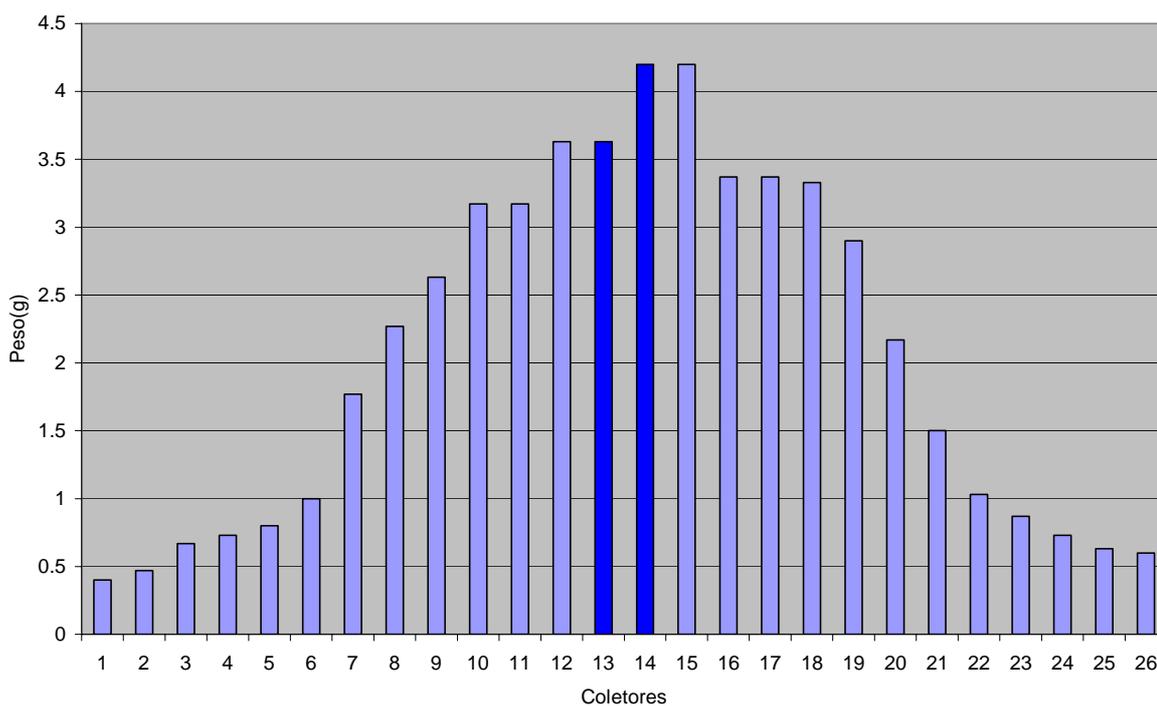


Figura 35 - Perfil de distribuição transversal de aveia com velocidade baixa da esteira, abertura da comporta na posição 3 e aletas na posição atrasada.

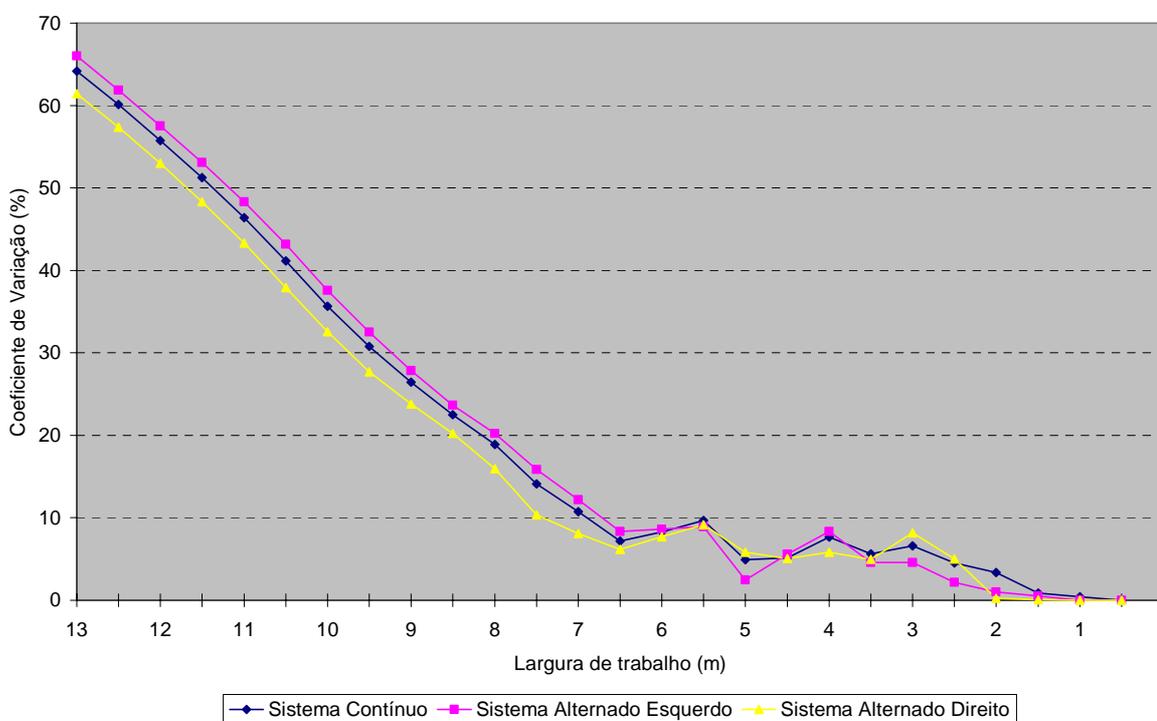


Figura 36 - Coeficiente de variação na distribuição transversal de aveia com velocidade baixa da esteira, abertura da comporta na posição 3 e aletas na posição atrasada.

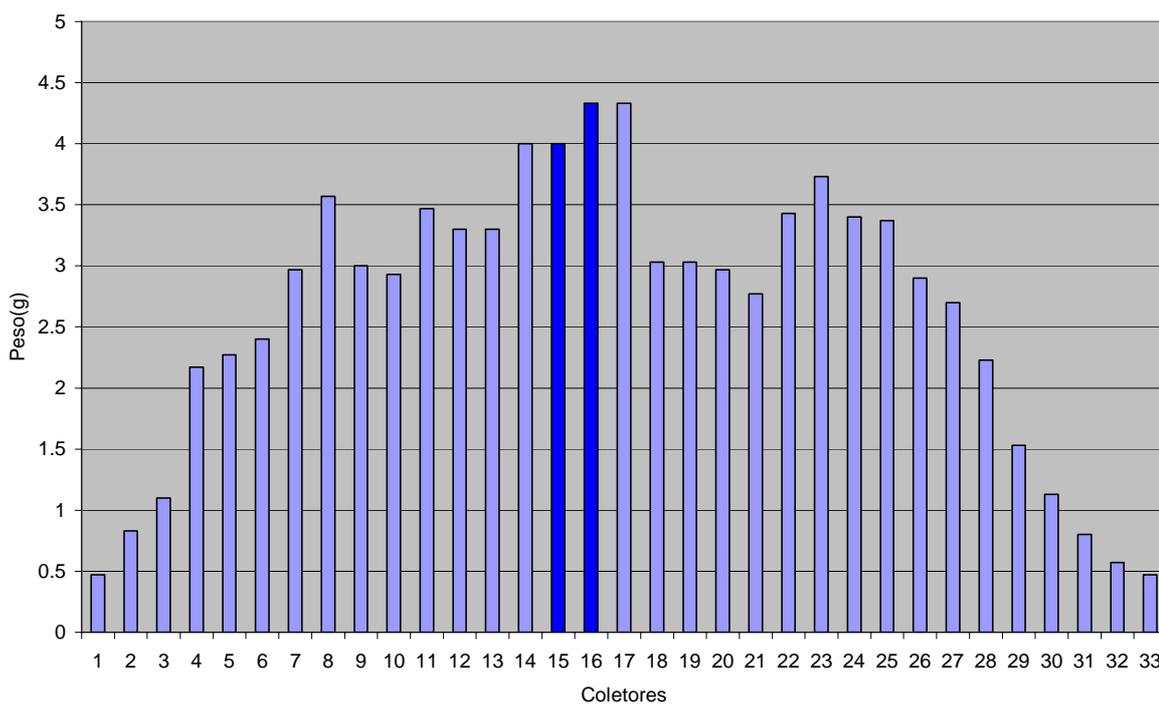


Figura 37 - Perfil de distribuição transversal de aveia com velocidade baixa da esteira, abertura da comporta na posição 6 e aletas na posição radial.

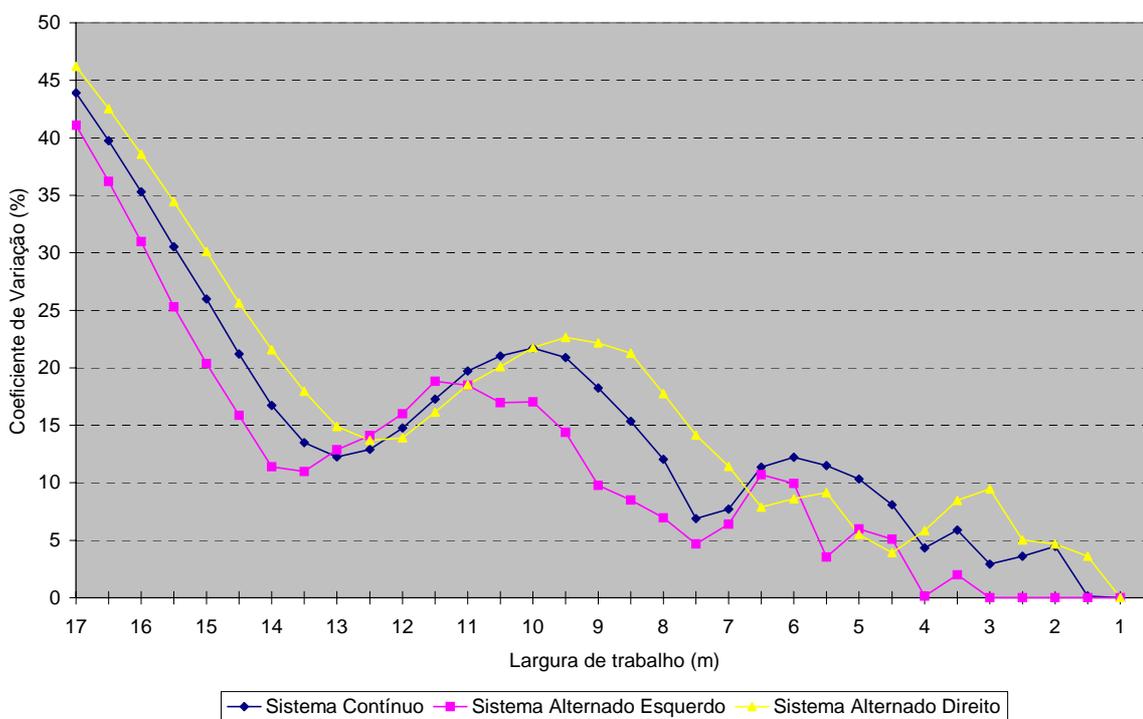


Figura 38 - Coeficiente de variação na distribuição transversal de aveia com velocidade baixa da esteira, abertura da comporta na posição 6 e aletas na posição radial.

Analisando o perfil de distribuição transversal, para ambos os produtos utilizados, observa-se uma maior quantidade de produto recolhida ao longo do eixo central de deslocamento do conjunto mecanizado. Isso pode estar relacionado com acúmulo de produto na parte frontal da esteira transportadora que, a partir de determinado volume acumulado, começa a cair ao solo (Figura 39). O acúmulo resulta do transporte de resíduo do produto nas travessas da esteira durante o seu retorno da parte traseira para a frontal. Observou-se, ainda, que esse fenômeno ocorre tanto com o calcário como com a aveia e o volume de material acumulado é proporcional à velocidade da esteira.



Figura 39 - Acúmulo e queda de calcário na parte frontal da esteira durante os trabalhos de determinação da vazão do distribuidor centrífugo Boelter. Santa Maria, RS, 2003.

Para melhor avaliação da regularidade da distribuição transversal dos produtos pelo distribuidor avaliado, foram elaboradas tabelas que reúnem os valores dos Coeficientes de Variação resultantes das combinações de regulagens analisadas neste experimento, para 10, 12 e 14 metros de largura da faixa de aplicação, nos sistemas contínuo e alternado. Ainda, com o objetivo de facilitar a

visualização do comportamento do Coeficiente de Variação nas diferentes condições, os valores considerados dentro dos limites aceitáveis foram destacados em negrito. Na avaliação da regularidade de distribuição transversal deste trabalho, com base na revisão bibliográfica, consideramos como limite máximo aceitável o Coeficiente de Variação de 33% para o calcário e de 20% para aveia.

Pela análise dos resultados apresentados nas Tabelas 16 e 17, constatou-se que, para o calcário, nenhuma das posições de comporta dosadora experimentadas possibilitou a utilização de 14 metros de largura de aplicação, considerando o limite de CV adotado neste experimento. A aplicação com 12 metros de largura pode ser viabilizada pela regulagem de abertura da comporta dosadora, visto que o aumento da vazão, pela abertura da comporta, possibilitou maior largura de aplicação. Com faixa de 10 metros de largura de trabalho não houve restrições para aplicação de calcário, mesmo assim, está claro que a maior vazão analisada proporcionou os melhores Coeficientes de Variação.

Tabela 16 - Coeficientes de variação na distribuição transversal de calcário e aveia para três larguras de aplicação com distribuidor centrífugo em diferentes sistemas de aplicação, variando abertura e posição de aletas.

Tratamento ²	Largura e sistema de aplicação ¹								
	10 m			12 m			14 m		
	C	AE	AD	C	AE	AD	C	AE	AD
Ca2Ra	21,69	18,56	31,96	35,62	22,12	48,76	53,31	40,68	65,04
Ca2Ad	22,83	21,46	23,36	32,25	32,73	31,55	48,35	48,08	48,23
Ca2At	16,21	12,23	26,32	35,73	25,02	47,26	54,21	43,64	64,74
Ca8Ra	21,68	22,44	20,02	20,68	22,22	18,18	36,77	39,25	33,91
Ca15Ra	11,96	10,38	9,77	27,58	27,95	26,75	43,38	43,52	42,68
Av1Ra	13,61	9,63	13,62	24,58	21,11	25,92	37,28	37,36	36,19
Av3Ra	12,26	10,49	12,39	20,76	22,90	17,54	35,42	36,87	33,47
Av3Ad	38,82	39,59	38,21	35,04	38,70	32,59	21,97	17,62	26,13
Av3At	35,64	37,57	32,55	55,75	57,54	52,97	-	-	-
Av6Ra	21,01	16,98	20,08	12,92	14,10	13,68	21,21	15,88	25,65

¹ C - Sistema contínuo; AE - Sistema alternado esquerdo; AD - Sistema alternado direito

² Av – Aveia; Ca – Calcário; Ad – Adiantada; At – Atrasada; Ra - Radial

Tabela 17 - Coeficientes de variação na distribuição transversal de calcário e aveia para três larguras de aplicação com distribuidor centrífugo em diferentes sistemas de aplicação, para as vazões analisadas com posição radial das aletas.

Tratamento ¹	Largura e sistema de aplicação ¹								
	10 m			12 m			14 m		
	C	AE	AD	C	AE	AD	C	AE	AD
Ca2Ra	21,69	18,56	31,96	35,62	22,12	48,76	53,31	40,68	65,04
Ca8Ra	21,68	22,44	20,02	20,68	22,22	18,18	36,77	39,25	33,91
Ca15Ra	11,96	10,38	9,77	27,58	27,95	26,75	43,38	43,52	42,68
Av1Ra	13,61	9,63	13,62	24,58	21,11	25,92	37,28	37,36	36,19
Av3Ra	12,26	10,49	12,39	20,76	22,90	17,54	35,42	36,87	33,47
Av6Ra	21,01	16,98	20,08	12,92	14,10	13,68	21,21	15,88	25,65

Para a aveia, considerando como aceitável um CV de até 20%, a aplicação com 14 metros de largura somente seria possível com a comporta dosadora na posição 6, a máxima utilizada no experimento, mas somente no sistema alternado esquerdo, o que inviabiliza na prática essa operação. Para 12 metros de largura de aplicação, os Coeficientes de Variação foram satisfatórios para as posições de comporta 3 e 6, sendo expressivamente melhores na posição 6. Considerando o mesmo critério, não houve restrições para semeadura de aveia com 10 metros de largura de trabalho, em que pese o Coeficiente de Variação ter sido de 21% para a abertura de comporta 6. Importante observar-se que, diferentemente do que ocorreu para o calcário, a maior abertura de comporta proporcionou os Coeficientes de Variação mais altos para a largura de aplicação de 10 metros.

De acordo com a Tabela 18, nenhuma das posições de aletas viabiliza a aplicação de calcário com a largura útil de 14 metros, em qualquer sistema de operação, respeitando-se os limites de Coeficiente de Variação estabelecidos para esta avaliação. A posição adiantada das aletas no disco se mostrou a mais adequada, pois possibilita a aplicação com até 12 metros de largura, em qualquer sistema de operação. Nas demais posições estudadas o Coeficiente de Variação é satisfatório apenas para o sistema de operação alternado esquerdo, o que inviabiliza a aplicação com esta regulagem na largura de 12 metros. Para a largura de

¹ C - Sistema contínuo; AE - Sistema alternado esquerdo; AD - Sistema alternado direito

aplicação de 10 metros, a posição das aletas no disco não teve influência limitante sobre o Coeficiente de Variação, embora este tenha se mostrado bastante menor para a posição Atrasada das aletas nos sistemas Contínuo e Alternado Esquerdo.

Tabela 18 - Coeficientes de variação para três larguras de aplicação com distribuidor centrífugo, em diferentes sistemas de aplicação, para as posições de aletas analisadas.

Tratamento	Largura e sistema de aplicação								
	10 m			12 m			14 m		
	C	AE	AD	C	AE	AD	C	AE	AD
Ca2Ra	21,69	18,56	31,96	35,62	22,12	48,76	53,31	40,68	65,04
Ca2Ad	22,83	21,46	23,36	32,25	32,73	31,55	48,35	48,08	48,23
Ca2At	16,21	12,23	26,32	35,73	25,02	47,26	54,21	43,64	64,74
Av3Ra	12,26	10,49	12,39	20,76	22,90	17,54	35,42	36,87	33,47
Av3Ad	38,82	39,59	38,21	35,04	38,70	32,59	21,97	17,62	26,13
Av3At	35,64	37,57	32,55	55,75	57,54	52,97	-	-	-

Para a aveia, somente a posição radial das aletas no disco proporcionou Coeficientes de Variação satisfatórios com largura de aplicação de até 12 metros. A posição adiantada apresentou Coeficiente de Variação inferior a 20% na largura de 14 metros, mas somente no sistema alternado esquerdo, o que inviabiliza a aplicação com essa largura. A posição atrasada das aletas não se mostrou adequada para distribuição de aveia em nenhuma das larguras experimentadas, pois apresentou altos Coeficientes de Variação em relação aos padrões utilizados neste experimento e recomendados na bibliografia.

É importante salientar que, para aveia, a regulagem que combina abertura de comporta 3 com posição de aleta adiantada proporcionou Coeficiente de Variação de 17,62% (aceitável) no sistema alternado esquerdo e 21,97% (ligeiramente acima do aceitável) no sistema contínuo, para largura útil de 14 metros. Da mesma forma, a regulagem que combina abertura de comporta 6 com posição de aleta radial proporcionou Coeficiente de Variação de 15,88% (aceitável) no sistema alternado esquerdo e 21,21% (ligeiramente acima do aceitável) no sistema contínuo, também para largura útil de 14 metros. Por outro lado, a regulagem que combina

¹ Av – Aveia; Ca – Calcário; Ad – Adiantada; At – Atrasada; Ra - Radial

abertura de comporta 3 com posição de aleta atrasada apresentou Coeficientes de Variação muito superiores ao aceitável para a largura útil de 14 metros e, até mesmo, para as larguras de 10 e 12 metros.

Por outra análise, com o auxílio dos gráficos mostrados nas Figuras 19 a 38, verificou-se o comportamento do Coeficiente de Variação, no intervalo de 8 a 16 metros de largura da faixa de aplicação de calcário e de aveia, nas regulagens experimentadas.

Pela análise da Figura 26 pode-se constatar que a máxima largura recomendável para aplicação de calcário foi 13 metros, resultante da regulagem que combina abertura de comporta 8 com posição de aleta radial, apresentando Coeficiente de Variação de até 32,90%.

Da mesma forma, a análise da Figura 38 permite constatar-se que a máxima largura recomendável para aplicação de aveia foi 13,5 metros, resultante da regulagem que combina abertura de comporta 6 com posição de aleta radial, apresentando um Coeficiente de Variação de 16,71%.

4.2.2. Avaliação do perfil transversal de distribuição

Na avaliação do perfil transversal de distribuição de calcário, em função da regulagem de vazão do produto (Figura 40), verifica-se que o comportamento do perfil foi semelhante para as três aberturas de comporta estudadas. Isto indica que não houve influência significativa da dose de produto aplicada sobre o perfil transversal de distribuição de calcário. Para a aveia, o perfil transversal de distribuição, com abertura de comporta 6, apresentou alguns picos que diferem dos perfis observados nas aberturas de comporta 1 e 3 (Figura 41).

Analisando o comportamento do perfil transversal de distribuição de calcário, em função da variação da posição das aletas no disco (Figura 42), verifica-se que não houve influência significativa dessa regulagem sobre o perfil transversal de distribuição do calcário. Para a aveia, as posições de aleta radial e atrasada determinaram um perfil transversal com maior deposição de produto na faixa central de deslocamento do conjunto mecanizado, enquanto que a posição adiantada de aleta determinou uma deposição de produto mais equilibrada ao longo do perfil transversal. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de que as partículas maiores e de maior densidade são lançadas a maiores distâncias – respondem mais

ao aumento de inércia e à direção de lançamento determinados pelo avanço da aleta – característica que a aveia apresenta devido ao enchimento de grãos. Este comportamento do perfil transversal de distribuição de aveia, em função da posição de aleta, justifica a utilização da posição radial das aletas para largura de aplicação de até 12 metros e posição adiantada das aletas para largura de aplicação de 14 metros.

É importante observar-se que nos dois tratamentos (Figuras 40 a 43) o perfil transversal de distribuição, tanto de calcário como de aveia, apresenta-se levemente assimétrico para as condições analisadas, visto que mostra um deslocamento de aproximadamente 1 metro para a direita, em relação ao eixo longitudinal de deslocamento da máquina. Este grau de equilíbrio do perfil transversal de distribuição - confirmam as informações bibliográficas - é uma característica dos distribuidores centrífugos equipados com dois discos distribuidores

Pelas discussões dos resultados referentes à determinação da regularidade de distribuição transversal e à avaliação do perfil transversal de distribuição, restou evidenciado que, tanto para a aplicação de calcário como de aveia com o distribuidor centrífugo, o aumento da vazão associado à posição adiantada das aletas no disco pode proporcionar maiores larguras de aplicação com adequada uniformidade de distribuição. Tal condição atribui ao conjunto maior capacidade de campo operacional, pela possibilidade de operação com maiores velocidades de deslocamento combinadas com maior largura de trabalho. Evidentemente que essa regulagem não seria adequada para aplicação de produtos constituídos por partículas de diferentes tamanhos ou pesos, como adubo formulado do tipo mistura simples, pois estariam sujeitos a segregação e, conseqüentemente, desuniformidade de distribuição dos diferentes componentes químicos da fórmula. Por outro lado, maiores distâncias de lançamento expõem mais intensamente o produto à ação do vento, sendo assim, essa regulagem igualmente apresentaria restrições à distribuição de produtos pulverulentos, como o calcário fino, sob tais condições. A grande vantagem da regulagem em discussão seria para aplicação de produtos constituídos por partículas maiores ou mais pesadas e com suficiente grau de uniformidade.

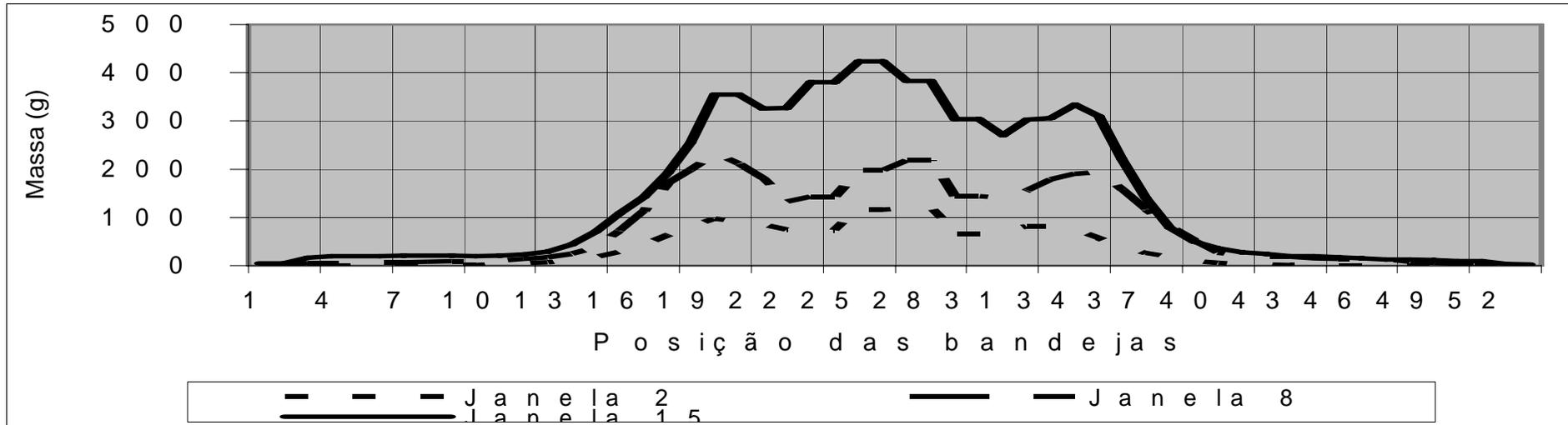


Figura 40 - Perfil de distribuição transversal do calcário em função da regulagem de vazão do distribuidor centrífugo Boelter.

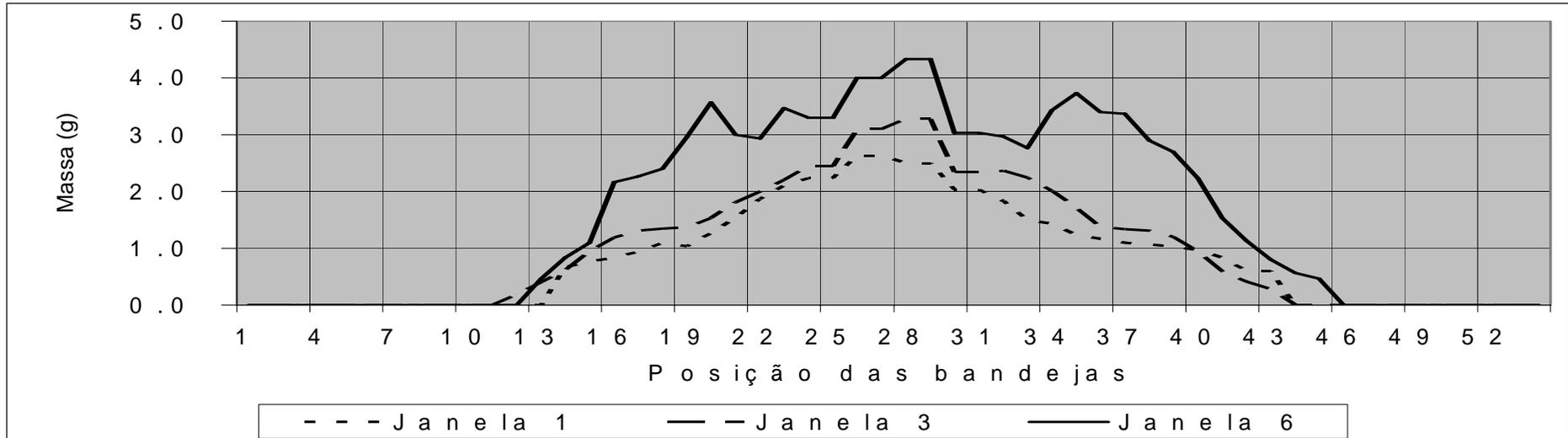


Figura 41 - Perfil de distribuição transversal da aveia em função da regulagem de vazão do distribuidor centrífugo Boelter.

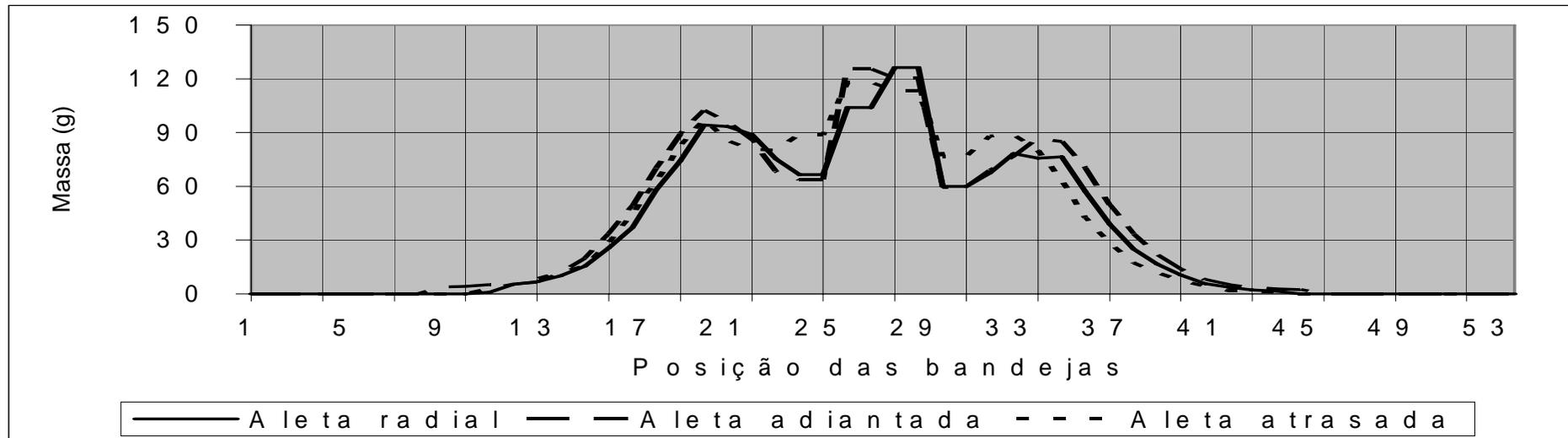


Figura 42 - Perfil de distribuição transversal do calcário em função da regulagem de posição de aleta do distribuidor centrífugo Boelter.

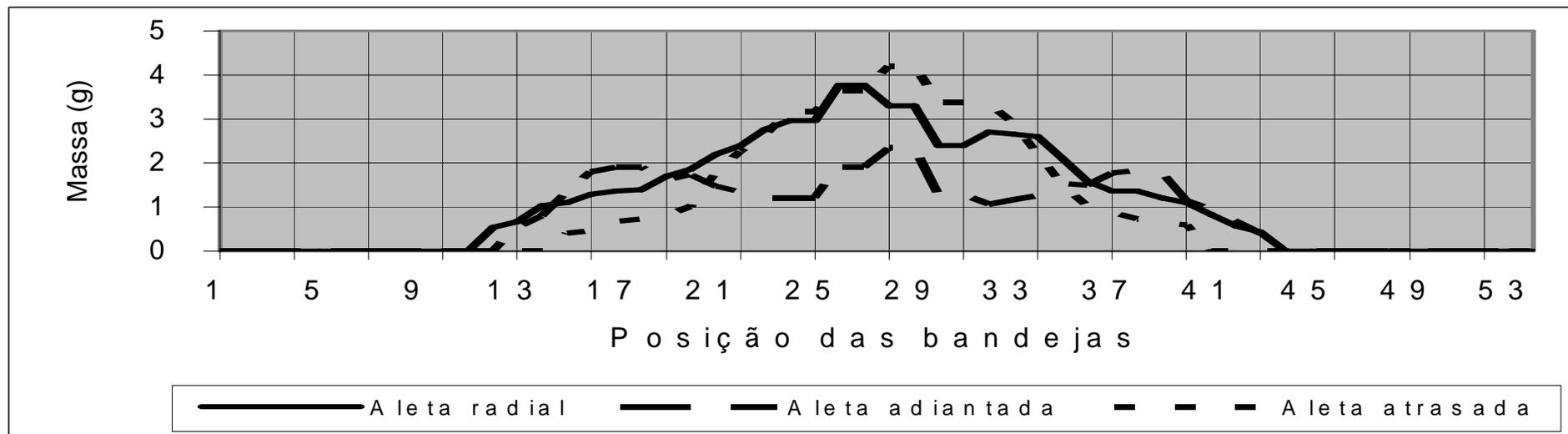


Figura 43 - Perfil de distribuição transversal da aveia em função da regulagem de posição de aleta do distribuidor centrífugo Boelter.

4.2.3. Avaliação da regularidade de distribuição longitudinal

A determinação da regularidade da distribuição longitudinal de calcário e de aveia foi realizada com o objetivo de possibilitar a avaliação do comportamento do perfil longitudinal de distribuição desses produtos pelo equipamento, ao longo da trajetória de deslocamento da máquina.

Os gráficos que mostram o perfil de distribuição longitudinal foram feitos considerando as 50 bandejas no eixo das abscissas e a quantidade recolhida no eixo das ordenadas, conforme orientação do organismo normalizador.

As Figuras 44 e 45 mostram os gráficos representativos do perfil de distribuição longitudinal para o calcário e para a aveia, respectivamente.

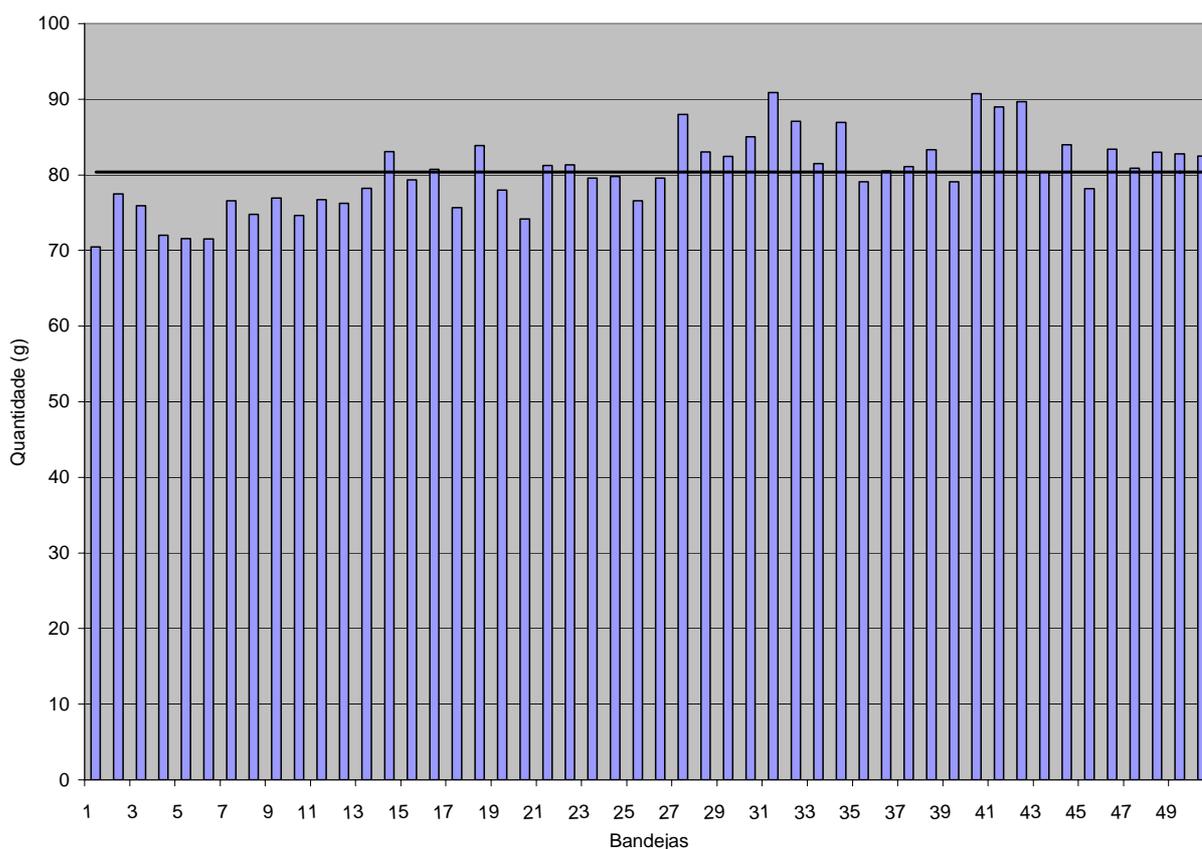


Figura 44 - Perfil longitudinal de distribuição de calcário, na velocidade de esteira alta, abertura de comporta na posição 2 e aletas na posição radial (CV = 6%), com distribuidor centrífugo Boelter. Santa Maria, RS, 2003.

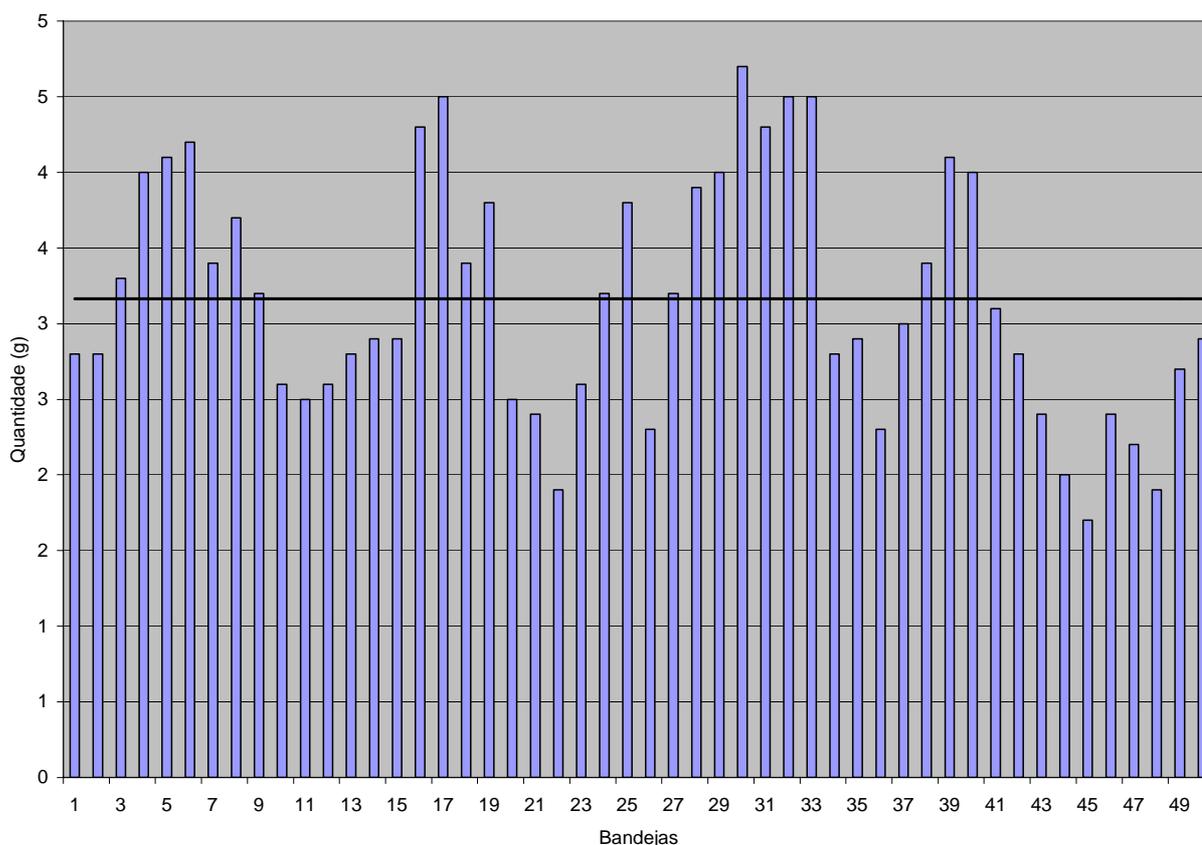


Figura 45 - Perfil longitudinal de distribuição de aveia, na velocidade baixa da esteira, abertura de comporta na posição 6 e aletas na posição radial (CV = 25%), com distribuidor centrífugo Boelter. Santa Maria, RS, 2003.

A simples comparação dos gráficos representativos do perfil de distribuição longitudinal do calcário e da aveia permite a percepção da grande diferença existente entre os respectivos Coeficientes de Variação - 6% para o calcário e 25% para a aveia. Tal discrepância pode ser explicada pela diferença de fluxo de alimentação proporcionada pela esteira transportadora de produto quando nas velocidades alta e baixa, respectivamente utilizadas para o calcário e para a aveia, nesta determinação. Durante a determinação da vazão, realizada em laboratório, foi possível visualizar que o fluxo de alimentação era mais uniforme com a velocidade alta da esteira transportadora de produto, comparativamente ao fluxo de alimentação com a velocidade baixa da esteira, para mesma abertura de comporta.

5. CONCLUSÕES

Para aplicação de calcário com utilização do distribuidor avaliado, as velocidades média e alta da esteira fornecem uma ampla e suficiente faixa de dosagens somente com a variação da abertura da comporta dosadora do produto.

Para semeadura de aveia com utilização do distribuidor avaliado, a velocidade baixa da esteira fornece suficientes possibilidades de dosagens somente com a variação da abertura da comporta dosadora do produto.

Das condições analisadas, a que combina abertura de comporta 15, posição radial das aletas, largura útil de 10 metros e sistema de aplicação alternado, apresentou a melhor uniformidade de distribuição de calcário.

A maior largura de aplicação de calcário com o distribuidor avaliado foi 13,5 metros, considerando como aceitável o Coeficiente de Variação de até 33%.

Das condições analisadas, a que combina abertura de comporta 1, posição radial das aletas, largura útil de 10 metros e sistema de aplicação alternado, apresentou a melhor uniformidade de distribuição de aveia.

A maior largura de aplicação de aveia com o distribuidor avaliado foi 13,5 metros, considerando como aceitável o Coeficiente de Variação de até 20%.

O aumento da vazão e do adiantamento da posição das aletas possibilita maior capacidade de campo operacional ao conjunto mecanizado, pela possibilidade de operar com maior largura útil de aplicação e maior velocidade de deslocamento, tanto para o calcário como para a aveia, preservando os padrões de uniformidade de distribuição transversal.

6. RECOMENDAÇÕES

1. Estudar a possibilidade de colocação de um mecanismo que torne mais prático a abertura e o fechamento da comporta dosadora de produto ;
2. Colocação de um esticador de corrente para facilitar a alteração da velocidade da esteira transportadora de produto;
3. Modificar o sistema de apoio do cabeçalho do distribuidor, quando desengatado do trator, de modo a tornar menos trabalhosa (pesada) a operação de engate e desengate do distribuidor à barra de tração do trator, principalmente quando carregado;
4. Dar mais variabilidade de comprimento ao cardã de acionamento do mecanismo dosador/distribuidor, visando evitar danos mecânicos na cruzeta e no rolamento do eixo de acionamento do mecanismo dosador, no momento das manobras;
5. Aperfeiçar o mecanismo dosador e o depósito, objetivando a eliminação da queda de produto na parte frontal da esteira transportadora durante as aplicações;
6. Realizar a avaliação da regularidade de vazão com determinação de um número maior de posições de abertura da comporta dosadora;
7. Realizar a determinação e avaliação do perfil de distribuição transversal para um número maior de combinações de posição de aleta com vazão;
8. Realizar avaliação de regularidade do perfil de distribuição longitudinal para as diferentes velocidades da esteira transportadora;
9. O fabricante deve comprometer-se a divulgar os resultados desta avaliação somente para o modelo de distribuidor centrífugo, avaliado, não podendo estender as recomendações e conclusões deste trabalho aos produtos derivados do desenvolvimento do projeto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASAE. American Society of Agricultural Engineers. ASAE S341.2. **Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders**. St Joseph, ASAE Standards, 1995, p177-179.
- BERNACKI, H.; KANAFOJSKI, C. **Agricultural machines, theory and constructions**. Vol. 1, ch. 12. Fertilizer distributors. USDA/NSF, Poland, 1972.
- DALLMEYER, A. U. **As máquinas utilizadas na distribuição e incorporação de calcário**. In: SIMPÓSIO SOBRE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO NA AGRICULTURA, Ipanema, 1986. Campinas, Fundação Cargill. p. 23-39. (Trabalhos apresentados).
- DALLMEYER, A. U. **Desenvolvimento de um rotor cônico para distribuição de calcário seco**. 1985. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1985.
- International Standard Organization. ISO 5690. **Equipment for distributing fertilizers – Test methods – Part 1 : Full width fertilizers distributors**. ISO Standards handbook 13. Agricultural machinery. 1982, p373-385.
- International Standard Organization. ISO 500-3/2004. **Agricultural tractors – Rear-mounted power take-off types 1, 2 and 3 – Part 3: Main PTO dimensions and spline dimensions, location of PTO**.
- KLENIN, N.I.; POPOV, I.F. & SAKUN, V.A. **Agricultural machines: Theory of operation, computation of controlling parameters and conditions of operation**. Rotterdam: A.A.Balkema, 1986, 453p.
- MÁRQUEZ, L. **Maquinaria para la preparación del suelo, la implantación de los cultivos y la fertilización**. Madrid : Blake y Helsey España S.L., Editores, 2001. 496p.
- MÁRQUEZ, L. **Maquinaria agrícola**. Madrid : Blake y Helsey España S.L., Editores, 2004. 699p.
- MIALHE, L. G. **Máquinas Agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. 722 p.
- MOLIN, J.P.; COELHO, J.L.D. & VASARHELYI, A. **Programa computacional para análise de distribuição transversal em aplicadores de fertilizantes e corretivos à lanço**. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA

- AGRICOLA, 21., SIMPOSIO DE ENGENHARIA AGRICOLA DO CONE SUL, 1., 1992, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. v.4, p.2097-104.
- MOLIN, J.P. & MENEGATTI, L.A.A. **Desempenho de distribuidora a lanço com doses variáveis de uréia**. Engenharia agrícola, Jaboticabal, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, v.23, n.2, 2003, p290-299.
- MILAN, M.; GADANHA JUNIOR, C. D. . **Ensaio e certificação de máquinas para aplicação de fertilizantes e corretivos**. In: Luiz Geraldo Mialhe. (Org.). Máquinas Agrícolas: ensaios e certificação. Piracicaba, 1996, v. , p. 515-550.
- ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HERNÁNZ, J.L. **Técnica de La Mecanización Agraria**. Madrid : Ediciones Mundi-Prensa, 1989. 654 p.
- SANTOS, S.R. dos & MACIEL, A.J. da S. **Nutrição homogênea**. Revista Cultivar Máquinas. N.34, Pelotas, 2004.
- SILVA, P. E. H. **Capacidade de trabalho e uniformidade de distribuição de dois distribuidores centrífugos de fertilizantes**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 1982. 182 p. (Dissertação de Mestrado).
- SOUZA, J.M. **Desempenho de um distribuidor centrífugo de disco na semeadura de arroz**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 1984. 101 p. (Dissertação de Mestrado).
- SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. **Engineering Principles of Agricultural Machines**. Michigan : American Society of Agricultural Engineers, 1993. 601 p.
- 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 14 (4): 01-42, 1978.
- WEISS, A. **Desenvolvimento de um distribuidor helicoidal para calcário seco**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 1986.79 p. (Dissertação de Mestrado).

ANEXO

**TESTE DE DISTRIBUIÇÃO TRANSVERSAL DO
DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO BOELTER**

PRODUTO: CALCÁRIO
PERFIL: TRANSVERSAL
VELOCIDADE ESTEIRA: ALTA
ABERTURA COMPORTA: 2
POSIÇÃO ALETAS: RADIAL
VELOCIDADE VENTO: 0,5 m.s⁻¹

Posição	Peso (g)				Posição	Peso (g)			
Bandeja	R1	R2	R3	Média	Bandeja	R1	R2	R3	Média
1 E	103	106	103	104.0	1 D	107.8	112.7	158.6	126.4
2 E	103	106	103	104.0	2 D	107.8	112.7	158.6	126.4
3 E	70.6	66.9	62	66.5	3 D	53	68.9	57.8	59.9
4 E	70.6	66.9	62	66.5	4 D	53	68.9	57.8	59.9
5 E	87.4	65.9	72.6	75.3	5 D	62.6	77.5	62.3	67.5
6 E	101.1	82.6	82.7	88.8	6 D	68.7	94.9	71.2	78.3
7 E	96.6	93.4	90.5	93.5	7 D	71	82.9	73.3	75.7
8 E	94.1	95.1	93.7	94.3	8 D	79.4	69.5	80.5	76.5
9 E	66.2	70.6	86.1	74.3	9 D	61	41.6	68.7	57.1
10 E	49.1	52.9	72.2	58.1	10 D	42.1	25.1	49.2	38.8
11 E	31.6	35.6	43.7	37.0	11 D	26.9	17.6	30.7	25.1
12 E	19.9	23	34.3	25.7	12 D	18.1	11.1	21.2	16.8
13 E	10.3	13.9	22.4	15.5	13 D	11.5	7.1	13.3	10.6
14 E	6.1	8.6	15.5	10.1	14 D	5.9	4	7.6	5.8
15 E	4	5.1	11.2	6.8	15 D	3.8	2.8	5	3.9
16 E	3.4	4	8.8	5.4	16 D	2.9		3.7	2.2
17 E		3		1.0	17 D	2.7		2	1.6
18 E					18 D				
19 E					19 D				
20 E					20 D				
21 E					21 D				
22 E					22 D				
23 E					23 D				
24 E					24 D				
25 E					25 D				

**TESTE DE DISTRIBUIÇÃO TRANSVERSAL DO
DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO BOELTER**

PRODUTO: CALCÁRIO
PERFIL: TRANSVERSAL
VELOCIDADE ESTEIRA: ALTA
ABERTURA COMPORTA: 2
POSIÇÃO ALETAS: ADIANTADA
VELOCIDADE VENTO: 0,87 m.s⁻¹

Posição	Peso (g)				Posição	Peso (g)			
Bandeja	R1	R2	R3	Média	Bandeja	R1	R2	R3	Média
1 E	112.7	131.7	132.2	125.5	1 D	113.3	129.2	118.6	120.4
2 E	112.7	131.7	132.2	125.5	2 D	113.3	129.2	118.6	120.4
3 E	74.1	59.6	57.3	63.7	3 D	57	71	50.4	59.5
4 E	74.1	59.6	57.3	63.7	4 D	57	71	50.4	59.5
5 E	76.1	63.3	65.3	68.2	5 D	72.1	76.6	57.8	68.8
6 E	91.5	79	87.2	85.9	6 D	83	82	65	76.7
7 E	104.4	99	83.8	95.7	7 D	102.1	89.6	68.2	86.6
8 E	109.5	106.8	91	102.4	8 D	95.6	87.6	71.7	85.0
9 E	92.4	102.5	72.8	89.2	9 D	79	64.5	67.3	70.3
10 E	66.3	84.4	59.9	70.2	10 D	50.4	39.1	59.5	49.7
11 E	44.5	59.5	43	49.0	11 D	30.7	24.5	44.9	33.4
12 E	29.9	37.6	32.8	33.4	12 D	19	14.7	32.3	22.0
13 E	15.5	22.4	21.8	19.9	13 D	10.1	6.9	25.1	14.0
14 E	8.9	13.5	13.1	11.8	14 D	4.6	2.2	17.4	8.1
15 E	3.9	8.2	7.6	6.6	15 D	1.9	0.8	12.8	5.2
16 E	3.8	5.7	6.7	5.4	16 D	0.6		10.2	3.6
17 E	3.3	6.1	6.2	5.2	17 D			8.1	2.7
18 E	2.1	5.1	5.6		18 D			6.9	
19 E	2.3	4.3	5.3		19 D				
20 E					20 D				
21 E					21 D				
22 E					22 D				
23 E					23 D				
24 E					24 D				
25 E					25 D				

**TESTE DE DISTRIBUIÇÃO TRANSVERSAL DO
DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO BOELTER**

PRODUTO: CALCÁRIO
PERFIL: TRANSVERSAL
VELOCIDADE ESTEIRA: ALTA
ABERTURA COMPORTA: 2
POSIÇÃO ALETAS: ATRASADA
VELOCIDADE VENTO: 0,46 m.s⁻¹

Posição	Peso (g)				Posição	Peso (g)			
Bandeja	R1	R2	R3	Média	Bandeja	R1	R2	R3	Média
1 E	118	138.1	97.8	118.0	1 D	107.5	120.4	112.7	113.5
2 E	118	138.1	97.8	118.0	2 D	107.5	120.4	112.7	113.5
3 E	94.6	92.7	78.9	88.7	3 D	67.3	84.6	78.4	76.8
4 E	94.6	92.7	78.9	88.7	4 D	67.3	84.6	78.4	76.8
5 E	81.6	86.8	72.3	80.2	5 D	90.4	90.4	83.3	88.0
6 E	81.3	86.4	74	80.6	6 D	88.8	92.6	85.4	88.9
7 E	103	87.1	87.2	92.4	7 D	82.2	84.1	73.1	79.8
8 E	98.4	78.4	110.3	95.7	8 D	64.2	75.2	51.1	63.5
9 E	93.7	51.4	98.3	81.1	9 D	45	51.3	31.2	42.5
10 E	68.1	33.1	61.1	54.1	10 D	31.2	34.7	18.9	28.3
11 E	42.3	22.9	43.3	36.2	11 D	19.5	21	11.7	17.4
12 E	-1.8	14.4	27.4	13.3	12 D	14.2	14.4	6.5	11.7
13 E	17.4	9.4	19.6	15.5	13 D	9.7	9.3	2.9	7.3
14 E	11.6	5.6	12.6	9.9	14 D	5.6	6.1	0.9	4.2
15 E	6.9	4	9.4	6.8	15 D		5	0.3	1.8
16 E		3.1	6.3	3.1	16 D		3.9		1.3
17 E		3.2	5.8	3.0	17 D		2.7		0.9
18 E					18 D				
19 E					19 D				
20 E					20 D				
21 E					21 D				
22 E					22 D				
23 E					23 D				
24 E					24 D				
25 E					25 D				

**TESTE DE DISTRIBUIÇÃO TRANSVERSAL DO
DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO BOELTER**

PRODUTO: CALCÁRIO
PERFIL: TRANSVERSAL
VELOCIDADE ESTEIRA: ALTA
ABERTURA COMPORTA: 8
POSIÇÃO ALETAS: RADIAL
VELOCIDADE VENTO: 0,6 m.s⁻¹

Posição	Peso (g)				Posição	Peso (g)			
Bandeja	R1	R2	R3	Média	Bandeja	R1	R2	R3	Média
1 E	184	216	190.1	196.7	1 D	202.4	240.8	211.8	218.3
2 E	184	216	190.1	196.7	2 D	202.4	240.8	211.8	218.3
3 E	141.7	140.6	147.2	143.2	3 D	130	174.6	125.6	143.4
4 E	141.7	140.6	147.2	143.2	4 D	130	174.6	125.6	143.4
5 E	119.9	131	144.5	131.8	5 D	103.5	160.3	155	139.6
6 E	177.5	175	189.1	180.5	6 D	130.4	174.2	160.1	154.9
7 E	204.5	204.1	225	211.2	7 D	140.8	190.6	204.4	178.6
8 E	219.8	235.2	243.4	232.8	8 D	176.8	190.3	205.3	190.8
9 E	150.5	226.5	217.6	198.2	9 D	199.4	174	207	193.5
10 E	191.9	172.5	147.5	170.6	10 D	148.2	146.3	179.2	157.9
11 E	114.5	112	111.8	112.8	11 D	84.5	115	148.4	116.0
12 E	75.5	68.8	72.7	72.3	12 D	48	83	109.5	80.2
13 E	37.7	36.5	39.2	37.8	13 D	21.9	58.1	75.9	52.0
14 E	22.9	25.2	25.1	24.4	14 D	5.8	26.1	48	26.6
15 E	14	17.3	19.5	16.9	15 D	1.9	24.3	42.5	22.9
16 E	11.7	14.9	15.7	14.1	16 D	0.4	17.7	39.3	19.1
17 E	10.2	10.8	11.7	10.9	17 D		17.9	37.4	27.7
18 E	8.4	10.1	11.1	9.9	18 D		16.9	29.1	23.0
19 E	6.9	10.1	9.7	8.9	19 D		16	25.3	20.7
20 E	4.8	9.9	10.1	8.3	20 D		16.9	24.4	20.7
21 E	4.3	9.1	9.1	7.5	21 D		13	25	19.0
22 E	2.9	8.4	8.9	6.7	22 D		6.5	19.4	13.0
23 E	2.7	7.5	9.9	6.7	23 D		3.9	14.6	9.3
24 E	3.1	7	8.2	6.1	24 D		2.2	9.4	5.8
25 E	2.2	6.1	8	5.4	25 D		2.7	8.2	5.5

**TESTE DE DISTRIBUIÇÃO TRANSVERSAL DO
DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO BOELTER**

PRODUTO: CALCÁRIO
PERFIL: TRANSVERSAL
VELOCIDADE ESTEIRA: ALTA
ABERTURA COMPORTA: 15
POSIÇÃO ALETAS: RADIAL
VELOCIDADE VENTO: 0,55 m.s⁻¹

Posição	Peso (g)				Posição	Peso (g)			
Bandeja	R1	R2	R3	Média	Bandeja	R1	R2	R3	Média
1 E	360.5	487		423.8	1 D	335.9	430.5		383.2
2 E	360.5	487		423.8	2 D	335.9	430.5		383.2
3 E	319.3	441.3		380.3	3 D	270.2	337		303.6
4 E	319.3	441.3		380.3	4 D	270.2	337		303.6
5 E	251.8	403.3		327.6	5 D	254.4	285.4		269.9
6 E	285.8	367.2		326.5	6 D	295.9	308.7		302.3
7 E	342.6	368.4		355.5	7 D	302.9	309.2		306.1
8 E	343	366.4		354.7	8 D	346.2	321.9		334.1
9 E	253.7	255.7		254.7	9 D	287	331.9		309.5
10 E	194.8	190.1		192.5	10 D	208.3	235.6		222.0
11 E	164.1	122.2		143.2	11 D	141.7	138.2		140.0
12 E	135.6	82.2		108.9	12 D	92.1	66.7		79.4
13 E	90.3	51.7		71.0	13 D	58.7	42.1		50.4
14 E	48.8	39.2		44.0	14 D	41.7	29.4		35.6
15 E	31.3	27.4		29.4	15 D	31.4	25.2		28.3
16 E	24.2	22.6		23.4	16 D	28.4	21.2		24.8
17 E	19.2	22.8		21.0	17 D	18.9	20.7		19.8
18 E	16.3	22.3		19.3	18 D	21.1	18		19.6
19 E	20.4	21		20.7	19 D	18.8	15.2		17.0
20 E	19.5	22.4		21.0	20 D	16.7	14.2		15.5
21 E	18.6	22.5		20.6	21 D	13.4	12.7		13.1
22 E	18.7	21.3		20.0	22 D	14.6	11.1		12.9
23 E	16.6	21.9		19.3	23 D	13.4	10.7		12.1
24 E	15.7	22.6		19.2	24 D	8.9	10.5		9.7
25 E	12	20.8		16.4	25 D	8.6	9.7		9.2

**TESTE DE DISTRIBUIÇÃO TRANSVERSAL DO
DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO BOELTER**

PRODUTO: AVEIA
PERFIL: TRANSVERSAL
VELOCIDADE ESTEIRA: BAIXA
ABERTURA COMPORTA: 1
POSIÇÃO ALETAS: RADIAL
VELOCIDADE VENTO: 0,40 m.s⁻¹

Posição	Peso (g)				Posição	Peso (g)			
Bandeja	R1	R2	R3	Média	Bandeja	R1	R2	R3	Média
1 E	3.1	2.4	2.4	2.6	1 D	3.4	2.4	1.7	2.5
2 E	3.1	2.4	2.4	2.6	2 D	3.4	2.4	1.7	2.5
3 E	2.6	1.8	2.3	2.2	3 D	2.5	2	1.6	2.0
4 E	2.6	1.8	2.3	2.2	4 D	2.5	2	1.6	2.0
5 E	2.1	1.8	2.4	2.1	5 D	2.3	2.1	1.1	1.8
6 E	1.6	1.4	2.6	1.9	6 D	2	1.6	0.9	1.5
7 E	1.3	1.2	2.1	1.5	7 D	1.9	1.3	1.1	1.4
8 E	1	1	1.8	1.3	8 D	1.7	1.3	0.7	1.2
9 E	0.6	0.7	1.8	1.0	9 D	1.5	1.2	0.8	1.2
10 E	0.4	0.9	2	1.1	10 D	1.5	1.1	0.7	1.1
11 E	0.5	0.7	1.6	0.9	11 D	1.6	0.8	0.8	1.1
12 E	0.3	0.7	1.5	0.8	12 D	1.5	1	0.6	1.0
13 E	0.2	0.7	1.4	0.8	13 D	1.4	0.9	0.6	1.0
14 E	0.2	0.5	1.3	0.7	14 D	1.4	0.6	0.5	0.8
15 E					15 D	1.3	0.5		0.9
16 E					16 D	1.3	0.5		0.9
17 E					17 D				
18 E					18 D				
19 E					19 D				
20 E					20 D				
21 E					21 D				
22 E					22 D				
23 E					23 D				
24 E					24 D				
25 E					25 D				

**TESTE DE DISTRIBUIÇÃO TRANSVERSAL DO
DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO BOELTER**

PRODUTO: AVEIA
PERFIL: TRANSVERSAL
VELOCIDADE ESTEIRA: BAIXA
ABERTURA COMPORTA: 3
POSIÇÃO ALETAS: RADIAL
VELOCIDADE VENTO: 0,65 m.s⁻¹

Posição Bandeja	Peso (g)				Posição Bandeja	Peso (g)			
	R1	R2	R3	Média		R1	R2	R3	Média
1 E	4	3.3	4	3.8	1 D	3.7	2.9	3.3	3.3
2 E	4	3.3	4	3.8	2 D	3.7	2.9	3.3	3.3
3 E	2.8	2.6	3.5	3.0	3 D	2.4	2.5	2.3	2.4
4 E	2.8	2.6	3.5	3.0	4 D	2.4	2.5	2.3	2.4
5 E	2.9	2.3	3.1	2.8	5 D	3.3	2.8	2	2.7
6 E	3.1	1.8	2.3	2.4	6 D	2.7	2.6	2.7	2.7
7 E	2.5	2.1	2	2.2	7 D	2.6	2.5	2.7	2.6
8 E	2	1.7	1.9	1.9	8 D	1.5	2.1	2.7	2.1
9 E	1.6	1.8	1.7	1.7	9 D	1.3	1.9	1.6	1.6
10 E	1	1.6	1.6	1.4	10 D	1.2	1.7	1.2	1.4
11 E	1.1	1.6	1.4	1.4	11 D	1.3	1.8	1	1.4
12 E	1	1.8	1.1	1.3	12 D	1.1	1.6	0.9	1.2
13 E	0.9	1.3	1.1	1.1	13 D	1	1.6	0.7	1.1
14 E	0.9	1.2	1	1.0	14 D	0.8	1.2	0.5	0.8
15 E	0.4	1	0.6	0.7	15 D	0.6	0.8	0.3	0.6
16 E	0.4	0.8	0.4	0.5	16 D	0.5	0.8	0	0.4
17 E					17 D				
18 E					18 D				
19 E					19 D				
20 E					20 D				
21 E					21 D				
22 E					22 D				
23 E					23 D				
24 E					24 D				
25 E					25 D				

**TESTE DE DISTRIBUIÇÃO TRANSVERSAL DO
DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO BOELTER**

PRODUTO: AVEIA
PERFIL: TRANSVERSAL
VELOCIDADE ESTEIRA: BAIXA
ABERTURA COMPORTA: 3
POSIÇÃO ALETAS: ADIANTADA
VELOCIDADE VENTO: 0,48 m.s⁻¹

Posição	Peso (g)				Posição	Peso (g)			
Bandeja	R1	R2	R3	Média	Bandeja	R1	R2	R3	Média
1 E	1.9	2.3	1.5	1.9	1 D	2.1	3	1.9	2.3
2 E	1.9	2.3	1.5	1.9	2 D	2.1	3	1.9	2.3
3 E	0.9	1.8	0.9	1.2	3 D	1.4	1.3	1.1	1.3
4 E	0.9	1.8	0.9	1.2	4 D	1.4	1.3	1.1	1.3
5 E	1.2	1.5	0.9	1.2	5 D	1.2	1.1	0.9	1.1
6 E	1.5	1.4	1.1	1.3	6 D	1.1	1.3	1.1	1.2
7 E	1.5	2.1	0.8	1.5	7 D	1.5	1.3	1	1.3
8 E	1.8	2	1.4	1.7	8 D	1.7	2	0.9	1.5
9 E	1.7	2	1.1	1.6	9 D	1.6	1.9	1	1.5
10 E	2	2.3	1.4	1.9	10 D	2	2.3	1	1.8
11 E	2.1	2.2	1.4	1.9	11 D	1.6	2.6	1.3	1.8
12 E	1.9	1.9	1.6	1.8	12 D	2.2	1.8	1.3	1.8
13 E	1.5	1.6	0.9	1.3	13 D	1.4	1.3	0.7	1.1
14 E	0.8	1	0.6	0.8	14 D	1.5	0.8	0.5	0.9
15 E	0.6	0.9	0.1	0.5	15 D	1.1	0.6	0.3	0.7
16 E					16 D	0.7	0.5	0	0.4
17 E					17 D				
18 E					18 D				
19 E					19 D				
20 E					20 D				
21 E					21 D				
22 E					22 D				
23 E					23 D				
24 E					24 D				
25 E					25 D				

**TESTE DE DISTRIBUIÇÃO TRANSVERSAL DO
DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO BOELTER**

PRODUTO: AVEIA
PERFIL: TRANSVERSAL
VELOCIDADE ESTEIRA: BAIXA
ABERTURA COMPORTA: 3
POSIÇÃO ALETAS: ATRASADA
VELOCIDADE VENTO: 0,70 m.s⁻¹

Posição Bandeja	Peso (g)				Posição Bandeja	Peso (g)			
	R1	R2	R3	Média		R1	R2	R3	Média
1 E	4.5	2.4	4	3.6	1 D	4	3.6	5	4.2
2 E	4.5	2.4	4	3.6	2 D	4	3.6	5	4.2
3 E	3.4	3.2	2.9	3.2	3 D	4.2	2.7	3.2	3.4
4 E	3.4	3.2	2.9	3.2	4 D	4.2	2.7	3.2	3.4
5 E	3.1	2.8	2	2.6	5 D	4.2	2.8	3	3.3
6 E	2.8	2.5	1.5	2.3	6 D	2.7	3.1	2.9	2.9
7 E	1.7	1.9	1.7	1.8	7 D	1.8	1.9	2.8	2.2
8 E	0.8	1.5	0.7	1.0	8 D	1.3	1.1	2.1	1.5
9 E	0.8	0.9	0.7	0.8	9 D	0.9	0.8	1.4	1.0
10 E	1	0.6	0.6	0.7	10 D	0.7	0.5	1.4	0.9
11 E	0.8	0.4	0.8	0.7	11 D	0.7	0.5	1	0.7
12 E	0.5	0.4	0.5	0.5	12 D	0.6	0.5	0.8	0.6
13 E	0.6	0.3	0.3	0.4	13 D	0.6	0.4	0.8	0.6
14 E					14 D				
15 E					15 D				
16 E					16 D				
17 E					17 D				
18 E					18 D				
19 E					19 D				
20 E					20 D				
21 E					21 D				
22 E					22 D				
23 E					23 D				
24 E					24 D				
25 E					25 D				

**TESTE DE DISTRIBUIÇÃO TRANSVERSAL DO
DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO BOELTER**

PRODUTO: AVEIA
PERFIL: TRANSVERSAL
VELOCIDADE ESTEIRA: BAIXA
ABERTURA COMPORTA: 6
POSIÇÃO ALETAS: RADIAL
VELOCIDADE VENTO: 0,75 m.s⁻¹

Posição	Peso (g)				Posição	Peso (g)			
Bandeja	R1	R2	R3	Média	Bandeja	R1	R2	R3	Média
1 E	3.7	3.7	4.6	4.0	1 D	4.4	4.4	4.2	4.3
2 E	3.7	3.7	4.6	4.0	2 D	4.4	4.4	4.2	4.3
3 E	3.6	2.9	3.4	3.3	3 D	3.7	2.3	3.1	3.0
4 E	3.6	2.9	3.4	3.3	4 D	3.7	2.3	3.1	3.0
5 E	4.1	3	3.3	3.5	5 D	3.5	2.2	3.2	3.0
6 E	3.7	2	3.1	2.9	6 D	3	2.3	3	2.8
7 E	4	2.1	2.9	3.0	7 D	4.2	2.4	3.7	3.4
8 E	3.8	3.2	3.7	3.6	8 D	4.6	3	3.6	3.7
9 E	2.7	2.9	3.3	3.0	9 D	3.5	2.5	4.2	3.4
10 E	2	1.8	3.4	2.4	10 D	3	3.1	4	3.4
11 E	1.7	2.1	3	2.3	11 D	2.6	2.8	3.3	2.9
12 E	1.7	2.2	2.6	2.2	12 D	1.6	3.2	3.3	2.7
13 E	1.2	0.7	1.4	1.1	13 D	1.5	2.3	2.9	2.2
14 E	1	0.6	0.9	0.8	14 D	1.4	1.2	2	1.5
15 E	0.7	0.2	0.5	0.5	15 D	1	1.1	1.3	1.1
16 E					16 D	0.8	0.4	1.2	0.8
17 E					17 D	0.7	0.3	0.7	0.6
18 E					18 D	0.5	0.3	0.6	0.5
19 E					19 D				
20 E					20 D				
21 E					21 D				
22 E					22 D				
23 E					23 D				
24 E					24 D				
25 E					25 D				