

**O efeito da rotação dos discos no perfil de distribuição**

Diandra Ganascini<sup>1</sup>, Carlos Alexandre Wunsh<sup>1</sup>, Cristhian Suttor Bettio<sup>1</sup>, Lucas Renosto<sup>1</sup>,  
Giuseppe Eugênio Peruzo Iacono<sup>2</sup>, Flavio Gurgacz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Curso de Engenharia Agrícola.

<sup>2</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, PPGA – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura - Nível Mestrado, Cascavel-PR.

diandraganascini@hotmail.com

**Resumo:** O Nitrogênio é um complemento importante para nutrição das gramíneas, mas nem sempre o solo tem disponibilidade suficiente, e para realizar a aplicação de fertilizantes e corretivos sólidos geralmente faz-se com mecanismo composto de discos rotativos horizontais, equipados com aletas para distribuição centrífuga. Esse tipo de equipamento tem como característica o alto rendimento, porém, existem algumas particularidades em relação a qualidade da aplicação do fertilizante. É comum ocorrerem irregularidades de distribuição no perfil da faixa de trabalho, ocorrendo contaminações por excesso de fertilizante o que os torna tóxicos às plantas causando a degradação do solo. O objetivo do trabalho foi comparar o efeito da rotação dos discos horizontais de um equipamento, sobre o perfil da faixa de distribuição de ureia. Foram utilizadas as rotações de 414 e 540 RPM na TDP e não houve variação do ângulo das aletas. A largura efetiva de trabalho foi fixada em 14,5 metros e admitido o CV máximo de 12,5. Concluiu-se que a redução da rotação de acionamento dos discos em relação à rotação padronizada e indicada pelo fabricante reduz o alcance da faixa de aplicação, para um mesmo valor de CV.

**Palavras-chave:** Coeficiente de variação, distribuidor a lanço, uniformidade.

**The Effects of the discs rotation on the distribution profile**

**Abstract:** Nitrogen is an important addition to nutrition of grasses, more is not always the soil has sufficient availability. And to meet the needs for the development of culture, it can be made to apply urea. The application of fertilizers and solids is usually carried out mechanism composed of horizontal rotating discs, equipped with fins for the distribution centrifuge. This type of equipment is characterized, high output, but there are some peculiarities regarding the quality of application of fertilizer. Often occurring distribution of irregularities in the profile of working range generating uniformity, occurring contamination from excess fertilizer which makes them toxic plants and creates soil degradation. The objective was to compare the effect of rotation of the horizontal disks of a distributor to haul Profile urea distribution range. The rotations of 414 and 540 RPM were used in TDP to the disc vanes positioned in the same position .. The effective working width was set at 14.5 meters depending on existing tracks in the field, and admitted the CV up to 12, 5. It was concluded that the reduction of the drive speed of the discs in rotation relative to the standard indicated by the manufacturer and reduces the range of application range, even for a CV value.

**Key words:** Coefficient of variation, fertilizer spreader, uniformity.

## Introdução

O nitrogênio (N) é um nutriente importante para as gramíneas, para suprir essa a demanda de N utiliza-se a ureia, um produto com 45% de N concentrado, que facilita na disponibilidade para as plantas, e ainda, é resistente a volatilização. Por ser disponibilizado em grânulos, sua aplicação geralmente é realizada por distribuidores a lanço (AMADO et al., 2002).

Segundo Molin (2011), a aplicação de fertilizantes e corretivos sólidos em grânulos é feita com os distribuidores a lanço. Porém a distribuição vem sendo um desafio para muitos usuários, pois ao se distribuir os produtos, existe uma desuniformidade a qual é uma característica não desejada, uma vez que, o uso racional do solo e insumos é um fator importante que deve ser sempre levado em consideração (HACHUY, 2008).

Contaminações por excesso de fertilizante podem causar o acúmulo de elementos tóxicos indesejáveis e acabar degradando o solo. (RAMALHO et al., 2000). Logo, se os fertilizantes são colocados de forma adequada proporcionam a planta maior crescimento e um sistema radicular mais agressivo o qual permite uma melhor exploração do solo, e conseqüentemente dos nutrientes e da água nele dispostos (CAMARGO, 2012).

Existem alguns fatores que podem afetar a uniformidade da distribuição de fertilizante e corretivo, dentre eles estão o tipo de máquina utilizada (mecanismo dosador e mecanismo distribuidor), o tipo de insumo aplicado, a velocidade de aplicação e largura útil de trabalho. Se não ocorrer a uniformidade são inúmeras as conseqüências provenientes deste fator e dentre eles está o rendimento das colheitas e os desperdícios de fertilizantes, o que os torna pouco eficientes e aumenta o custo de produção (MOLIN e MAZZOTTI, 2000).

A maioria dos distribuidores a lanço centrífugos utiliza-se da energia gerada pela tomada de potência (TDP) do trator para lançar as partículas em distâncias consideráveis, utilizam-se de discos como elemento lançador das partículas, para imprimir a energia centrífuga e assim lançá-las. Sendo que os produtos mais leves serão lançados a distâncias menores e conseqüentemente os mais pesados a distâncias maiores. Algumas características do disco podem interferir no perfil de distribuição como: o formato, o diâmetro, a altura e a rotação do disco, e o ângulo das aletas (FARRET et al., 2008).

Bernacki e Kanafojski (1972) nos apresentam características importantes relacionadas ao disco, descrevem que o disco deve trabalhar a uma altura superior a 0,8 m, que o diâmetro

do disco deve ser de 0,5 a 0,6 m e trabalhar em uma rotação de 540 a 700 RPM, para resultar em uma velocidade periférica de 6 a 14 m/s. Quanto à altura, ao diâmetro e às rotações.

Silva (1982) verificou que quanto menor a rotação do disco menor é a largura da faixa de trabalho, e ocorre a concentração e deposição do fertilizante nas proximidades do disco, isso ocorre devido a redução da velocidade, que afeta diretamente na velocidade do abandono das partículas nas aletas. Segundo Cool et al. (2014) as forças que atuam sobre a partícula de fertilizantes são a força centrífuga, a força de atrito exercida pelo disco, a força exercida pela palheta e a força gravitacional.

Segundo Pzywara (2015) os fatores que possuem impactos consideráveis quanto a propagação das partículas em simulação estacionária são: a posição da alimentação de fertilizantes sobre o disco, o ângulo das aletas no disco e do tipo de fertilizante a ser utilizado. E ressalta que o tipo de fertilizante juntamente com a velocidade de rotação do disco possuem grande influência no raio de propagação estacionária, o qual em seu trabalho avaliou um distribuidor centrífugo estacionário em duas rotações sendo 400 e 600 RPM.

Segundo a norma Europeia EN 13739, a largura de arremesso é determinante para a propagação de fertilizante, essa largura é definida como a distância entre a borda esquerda e direita de um único cruzamento.

Tendo em vista que poucos trabalhos falam sobre a interferência da rotação dos discos no momento da aplicação este trabalho tem como objetivo comparar regulagens das aletas iguais com 2 rotações na TDP. Assim é possível ver o efeito da rotação dos discos no perfil de distribuição.

### **Material e métodos**

O trabalho foi desenvolvido na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, localizada no município de Cascavel - Paraná. Situada a 24° 57' 21" de latitude Sul, 53° 27' 19" de Latitude Oeste e altitude de 781 m em relação ao nível do Mar.

Foi utilizado um distribuidor de fertilizantes a lanço da marca Stara, Modelo Twister 1500 APS, acionado por um trator da marca New Holland, modelo TL 75. A velocidade de deslocamento foi de 7 km/h.

Foram realizadas avaliações da faixa de distribuição transversal com diferentes rotações na TDP (Tomada de Potência) do trator sendo estas as seguintes rotações 414 RPM e 540 RPM. As aletas dos discos estavam na posição número vinte.

As normas utilizadas para definir a uniformidade transversal de produtos utilizadas como referência nos ensaios foram a ISO (1981) e ASAE (1995). Estas definem a utilização do CV (coeficiente de variação) para determinação da largura efetiva de trabalho como medida de prevenção para que não ocorram zonas desuniformes da dose aplicada com a sobreposição de passadas, porém, não estabelecem um CV mínimo padrão (Werner et. al 2007). O CV é de suma importância para a uniformidade de distribuição, portanto, para garantir uniformidade e maior rendimento operacional do distribuidor, concilia-se um CV que seja aceitável com a maior largura de trabalho da máquina (HACHUY, 2008). Para a análise dos dados foram utilizados os valores de Coeficiente da variação (CV%) e foram feitas simulações da largura de trabalho conforme metodologia da ISO 569/1 e ASAE S341.2.

A granulometria dos fertilizantes foi determinada conforme a ISO 5690/2 (1984) submetendo-se 3 amostras de 1000g de cada fertilizante à agitação durante 5 minutos em equipamento configurado com as peneiras de 4,0 mm; 2,8 mm; 2,0 mm; 1,0 mm; 0,71 mm; 0,5 mm; 0,25 mm; 0,125 mm; e, fundo.

A determinação do teor de água inicial do produto em base seca foi realizada pelo método padrão de acordo com Brasil (2009), utilizando uma estufa e três amostras homogêneas com 30 gramas de produto à temperatura de  $105 \pm 1^\circ\text{C}$  por 24 horas. Após este período as amostras foram retiradas da estufa e colocadas em dessecador por um período de 20 minutos, para atingirem a temperatura de equilíbrio com o ambiente e pesadas novamente para determinação do teor de água inicial.

O ângulo de repouso ( $\alpha$ ) do corretivo foi mensurado com auxílio de uma caixa em acrílico graduada, onde foi possível visualizar a altura (a) e a largura (b) do material depositado no fundo da mesma.

$$\alpha = \arctg * \frac{\text{cateto oposto (a)}}{\text{cateto adjacente (b)}}$$

Para determinação da densidade do produto foi utilizado um cilindro com 100 cm<sup>3</sup> de volume. Após a colocação do produto no recipiente, este foi pesado em uma balança analítica de precisão com sensibilidade de 0,01g, sendo o processo realizado com três repetições. A densidade foi obtida através da relação entre a massa obtida e o volume (g.cm<sup>-3</sup>) (PRIMO, 2004).

Segundo Molin e Mazotti (2000) existem duas normas que padronizam os coletores utilizados na realização dos ensaios de distribuição transversal ASAE S341.2 e ISO 5690/1-1982.

Segundo Farret (2005) para determinação do perfil transversal deverão ser distribuídas bandejas no sentido perpendicular ao sentido de deslocamento do conjunto, fazendo com que toda faixa de trabalho esteja preenchida com bandejas. Foram utilizadas um número de bandejas suficiente para cobrir toda a faixa de aplicação do equipamento, retirando-se apenas as bandejas do local dos rodados. Após a passagem do conjunto aplicando o fertilizante foi recolhido o material de cada bandeja em sacos plásticos com suas devidas identificações. Depois o material coletado foi para laboratório para pesagem em balança com precisão de 0,1 gramas. Para determinação dos histogramas de aplicação, determinação do coeficiente de variação (CV) e da largura de trabalho foi utilizado o software ADULANÇO.

### Resultados e discussão

Os resultados das análises físicas do produto estão apresentados na Tabela 1 e 2 a seguir, esses resultado são necessários para a caracterização do produto a ser utilizado, os quais servem de base para comparação com valores encontrados na literatura. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os valores obtidos na análise granulométrica, essa análise mostra a porcentagem de produto retido em cada peneira e assim é possível saber qual a predominância do tamanho das partículas.

**Tabela 1.** Porcentagem de grânulos retidos em cada peneira utilizado para medição do parâmetro granulometria

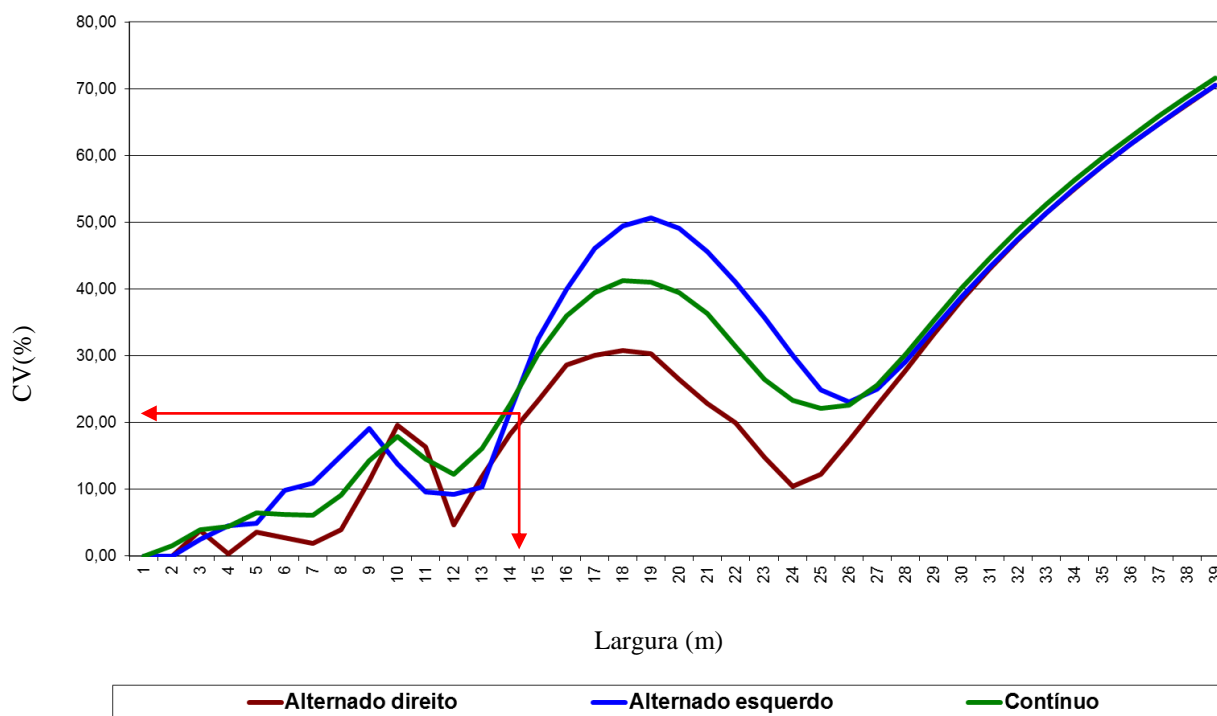
<b>Peneiras (número)</b>	<b>4</b>	<b>2,8</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0,71</b>	<b>0,5</b>	<b>0,25</b>	<b>0,125</b>
<b>% retida na peneira</b>	1,72	60,76	33,46	3,90	0,10	0,01	0,02	0,01

Segundo MAPA (2007) a classificação quanto à natureza física, o produto é caracterizado como Mistura de grânulos, o que significa que os grânulos contenham separadamente os elementos declarados ou garantidos do produto. A granulometria influencia na distância de cada grânulo lançado, quanto maior a partícula mais longe foi lançada.

**Tabela 2.** Resultados obtidos para os parâmetros: Umidade, densidade e ângulo de repouso da uréia

<b>Umidade (%)</b>	<b>Densidade (g cm<sup>-3</sup>)</b>	<b>Ângulo de Repouso (°)</b>
2,67	0,711	30,96

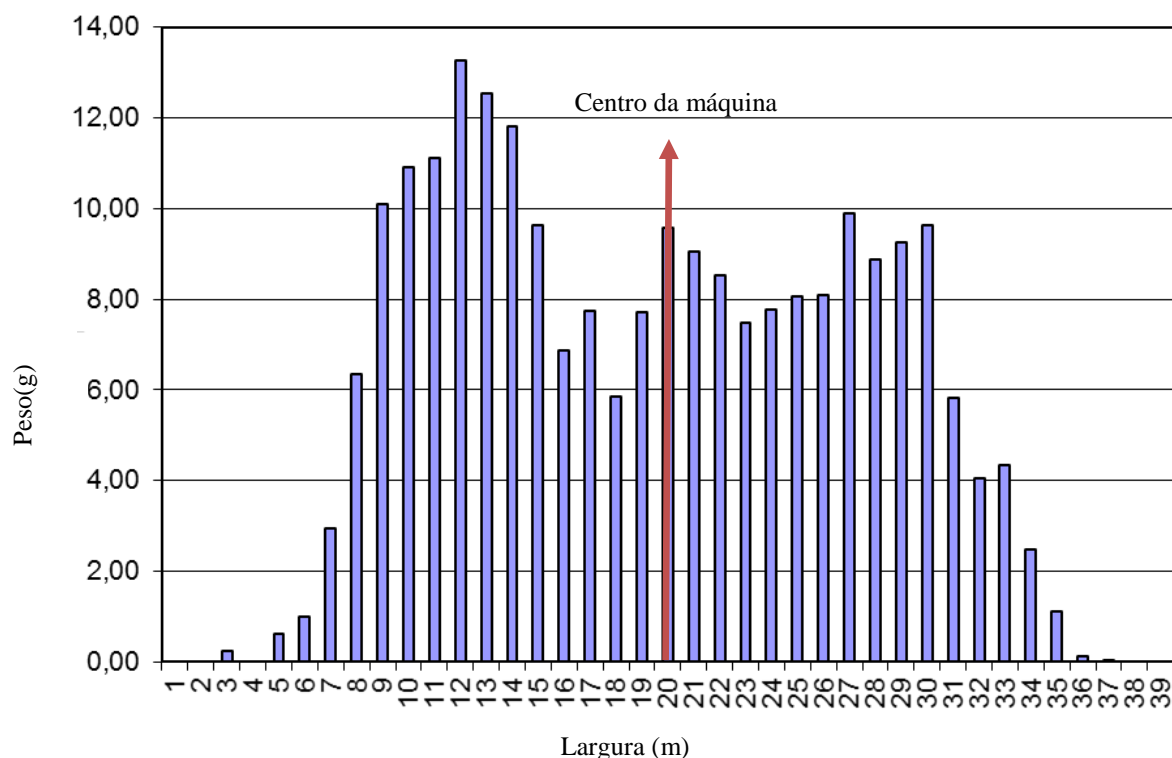
Na Figura 1 é possível observar o gráfico de coeficiente de variação de varias larguras de trabalho com indicações na largura de 14,5 metros para a rotação de 414 RPM.



**Figura 1.** Gráfico de Coeficiente de variação versus largura de trabalho com indicação na largura pretendida de 14,5 metros, com rotação em 414 RPM.

Pode-se verificar a partir da figura 1 que os coeficientes aceitáveis estão na faixa de 12 metros, pois o CV está abaixo de 15% e isso representa uma largura de trabalho aceitável, por outro lado é possível observar que em distancias maiores como no caso de 14,5 metros o CV encontrado está acima de 20%, isso mostra que a uniformidade pra 12 metros é maior que para a largura de 14,5 m. No entanto, devido a larguras das passadas do pulverizador fixou-se a largura de trabalho em 14,5 metros. Observar-se que para a largura de 14,5 temos um CV de aproximadamente 20%, o que não caracteriza uma aplicação uniforme, porém, trata-se de um valor aceitável.

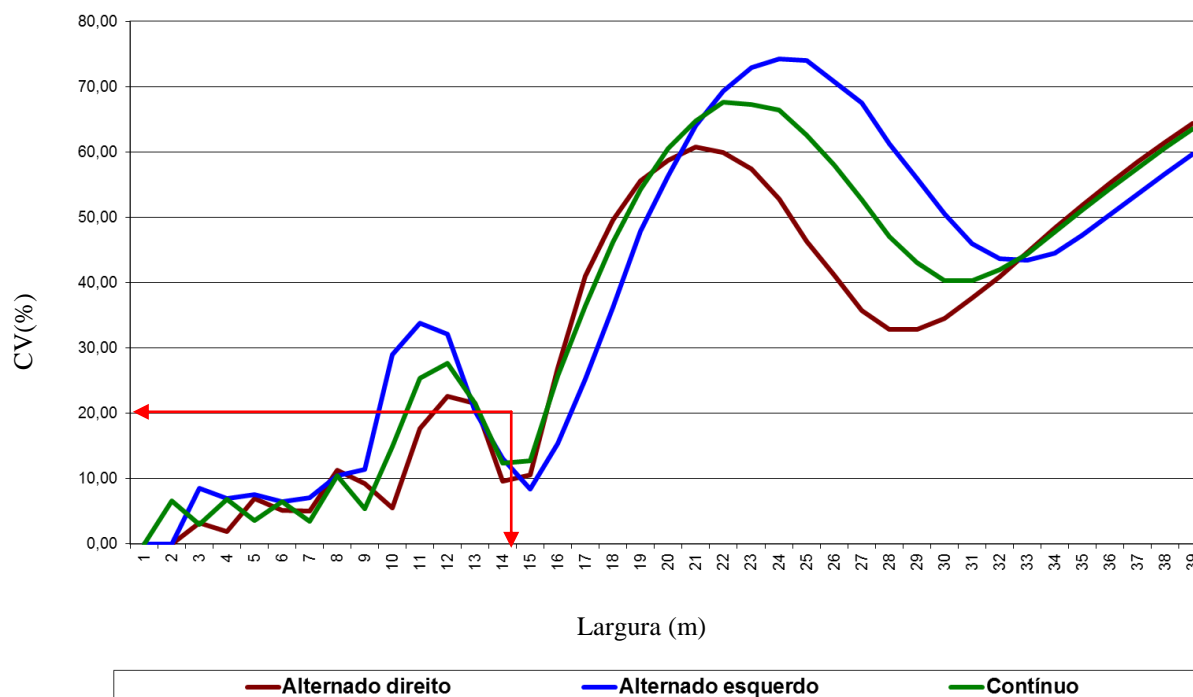
Na figura 2 é possível observar o histograma de distribuição (perfil de distribuição).



**Figura 2.** Perfil de distribuição da máquina com rotação igual à 540 RPM, representação da quantidade de produto coletado em cada coletor

Verifica-se na Figura 2 que o perfil de distribuição da máquina, apresenta assimetria em relação ao centro da máquina, evidenciando que houve maior deposição de produto do lado esquerdo da máquina. Também observa-se que o formato do perfil não é o ideal, pois formatos como este geram maiores desuniformidades, uma vez que quando as faixas se sobrepõem podem ocorrer picos do perfil, formando superdosagem, ou então ocorrer a sobreposição do déficit do perfil causando subdosagem. Tanto uma quanto a outra é preocupante no momento da aplicação, haja visto que a ureia apresenta efeito imediato e o resultado de uma aplicação sem qualidade resulta em prejuízo na produtividade.

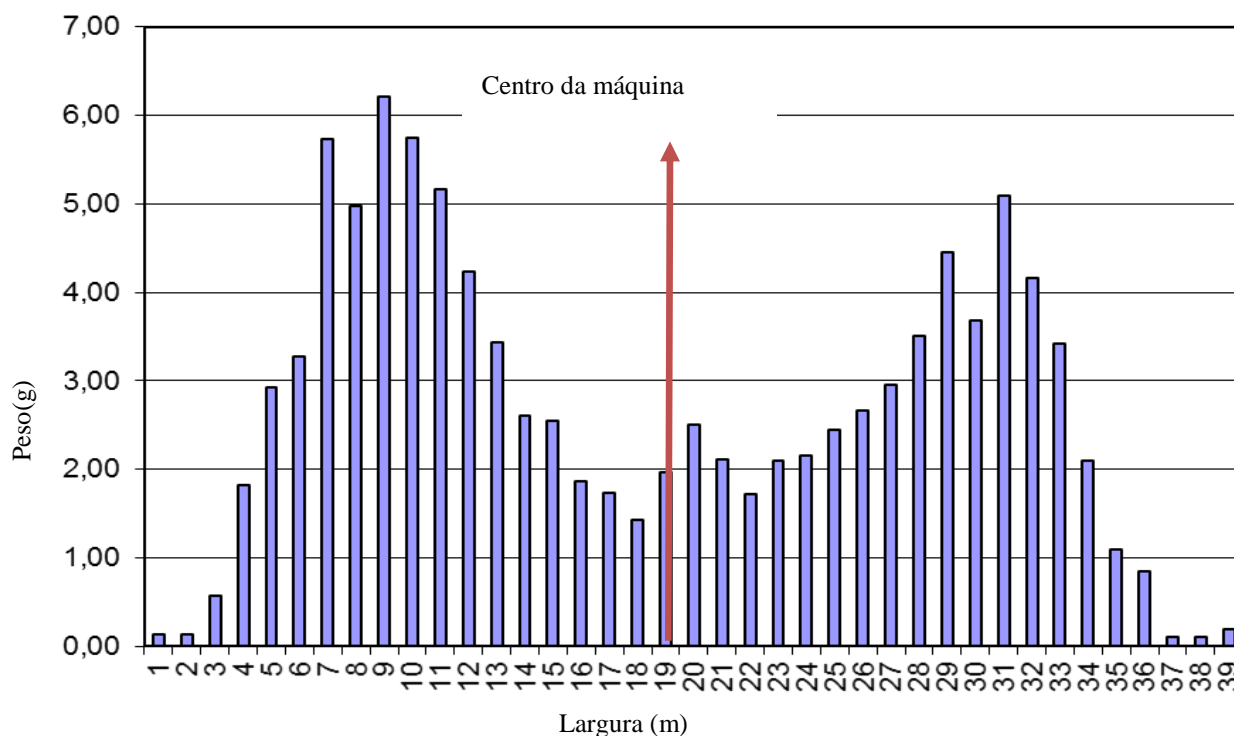
Na figura 3 estão apresentados os valores de CV para rotações na TDP de 540 RPM.



**Figura 3:** Gráfico de Coeficiente de variação versus largura de trabalho com indicação na largura pretendida de 14,5 metros, com rotação em 540 RPM.

Na figura 3 tem-se largura de trabalho aceitável entre 14 e 15 metros, está largura de trabalho era a largura desejada para suprir a necessidade estabelecida de se utilizar dos mesmos rastros do pulverizador, nesta largura o CV é de 10 % um CV considerado ótimo para aplicações realizadas a lança. Portanto, pode-se afirmar que houve uma diferença de aproximadamente 10% de variação—para menos, quando—comparada com a rotação de 414 RPM. Isso ocorre devido à deposição das partículas estarem mais próximas aos discos quando a rotação é menor, pois a distribuição se dá em um espaço de lance menor, quando a rotação é maior no caso 540 RPM pôde-se observar que as partículas estavam melhor distribuídas em um espaço de lance maior. Assim como Silva (1982) observou que quanto menor a rotação, menor é a largura de trabalho devido à perda da velocidade das partículas.





**Figura 4:** Perfil de distribuição da máquina com rotação igual à 540 RPM, representação da quantidade de produto coletado em cada coletor

Na figura 4 é possível observar que o perfil não apresenta simetria em relação ao centro da máquina, evidenciando maior deposição de partículas do lado esquerdo, assim como na rotação de 414 RPM. Outro aspecto observado para ambas as rotações é o déficit de produto no centro do perfil de distribuição, e o superávit de produto em direção as laterais, caracterizando um perfil padrão (fantasma), o qual no momento da escolha da largura efetiva, limita muito a variação da mesma.

Os resultados mostram que para um CV máximo de 12,5%, a utilização de 414 RPM na TDP do trator, gera uma largura de distribuição de 12 metros e quando a rotação é aumentada para 540 RPM, a largura passa a alcançar 14 a 15 metros de largura de faixa, sem ultrapassar o CV pré-estabelecido como limite. Ainda assim, os resultados mostram que a quantidade de produto coletada ao longo da faixa de distribuição é menor no centro da máquina, aumenta no sentido das extremidades e volta a reduzir no final da faixa. Esse efeito tem comportamento semelhante nas duas rotações utilizadas, sendo mais evidente na rotação de 540 RPM.

### Conclusões

Rotações menores geram largura de trabalho menor, pois a velocidade das partículas diminui e conseqüentemente se depositam no solo nas proximidades do disco. E, portanto, a redução da rotação de acionamento dos discos em relação à rotação padronizada e indicada pelo fabricante, reduz o alcance da faixa de aplicação, para um mesmo valor de CV.

A rotação de 540 RPM alcançou os 14,5 metros pretendidos com o valor de CV menor que a rotação de 414 RPM.

A máquina não apresentou simetria em relação ao centro da máquina, e o perfil de distribuição não é o mais adequado.

### Referências

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 241-248, 2002.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. ASAE S341.2 (Dec 92). **Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders**. St Joseph: ASAE Standards, 1995, p.177-179.

BERNACKI, H.; KANAFOJSKI, C. **Agricultural machines, theory and constructions**. Poland: USDA/NSF, 1972. V.1, chapt.12, p.883.

BRASIL - Ministério da Agricultura e Pecuária. 2009. **Regras de análise de sementes**. 399p. Mapa/ACS, Brasília, Brasil.

CAMARGO, Mônica S. A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente. **Pesquisa e Tecnologia**. APTA, vol 9,n.2,jul-dez 2012.

COOL, S.; PIETERS, J.; MERTENS, K.C.; HIJAZI, B.; VANGEYTE, J. A simulation of the influence of spinning on the ballistic flight of spherical fertilizer grains. **Computation electronic agricultural**. 2014, 105, 121–131.

FARRET, I. S., SCHLOSSER, J. F; DURIGON, R; WERNER, V; KNOB, M. Variação da regulagem no perfil transversal de aplicação com distribuidores centrífugos. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 38, n. 7, p.1886-1892. 2008

FARRET, I. S.. **Efeito da variação da regulagem no perfil transversal de aplicação com distribuidores centrífugos**. 2005. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

HACHUY, L.. **Desempenho de uma distribuidora a lança com dois tipos de produtos aplicados em diferentes posições de aletas nos discos**. 2008. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.

ISO - International Standard Organization. Método de ensayos de distribuidores de abonado "a voleo". 5690/1. In: **Maquinaria para siembra y abonado: Métodos de ensayo**, Madrid: Focitec, p.95-114. 1981.

MOLIN, J. P. **Agricultura de Precisão**. In: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Agricultura de precisão – Boletim Técnico. – Brasília: Mapa/ACS, 2011. p. 5 – 27.

MOLIN, J. P.; MAZZOTTI, Henrique C.. Influência da utilização e do tipo de amortecedores de ricochete em ensaios de aplicadores a lanço. **Revista brasileira engenharia agrícola e ambiental** , Campina Grande , v. 4, n. 2, 2000 .

PRIMO, M. A. **Ensaio de Coletores Alternativos Para uma determinação da largura de Distribuição de ureia a Lanço**. 2004. 34 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, de 2004.

RAMALHO, JAIR FELIPE GARCIA PEREIRA; AMARAL SOBRINHO, NELSON MOURA BRASIL DO; VELLOSO, ARY CARLOS XAVIER. Contaminação da micro bacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesquisa agropecuária brasileira.**, Brasília , v. 35, n. 7, July 2000 .

SILVA, P.E.H. **Capacidade de trabalho e uniformidade de distribuição de dois distribuidores centrífugos de fertilizantes**. 1982. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria.

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