

ERRO DE PERCURSO EM APLICAÇÕES A LANÇO

J. P. MOLIN¹; E. R. S. RUIZ²

RESUMO: A barra de luz é uma técnica desenvolvida para guiar veículos em aplicações em faixas. O presente trabalho se propôs a analisar o erro do deslocamento em campo de um aplicador a lanço com e sem a utilização da barra de luz e seus efeitos na qualidade de aplicação. Inicialmente foram caracterizadas as curvas de deposição transversal para calcário e uréia em um distribuidor de arrasto. Na seqüência foi proposta e testada uma metodologia de campo para se determinar a qualidade de alinhamento e paralelismo no deslocamento de um trator guiado por DGPS, comparando-o com o deslocamento sem orientação. A variação na deposição dos diferentes produtos com base nas curvas de deposição e erro de percurso utilizando ou não o DGPS também foi quantificada. Os resultados mostraram que a barra de luz como guia para aplicações em faixas paralelas apresentou menor erro no deslocamento em comparação com o sistema sem orientação. Os sistemas resultaram em grandes variações no coeficiente de variação da distribuição de produto como função da alteração da largura efetiva causada por erros de percurso.

PALAVRAS-CHAVE: DGPS, orientação, distribuidor a lanço.

SUMMARY: New guiding techniques are being proposed for swath applications. One of those is the light bar. This work proposes to quantify the displacement error of a tractor and spinner box with and without the use of a light bar as guidance and its influence in the product quality application. Initially it was characterized the deposition curves of the spinner box for lime and urea. A methodology was developed aiming to determine the alignment quality and parallelism using a tractor as vehicle. The quality of applications of two products was analysed based on the deposition curves and displacement error using or not DGPS. The results showed that lighth bar as guidance for applications in parallel swaths, presented lower displacement error in comparison to the system without guidance. Both systems resulted in high coefficients of variation, resulting in low distribution quality.

KEYWORDS: spinner box, DGPS, guidance.

INTRODUÇÃO

A aplicação de corretivos, fertilizantes e sementes a lanço é uma prática comum na agricultura brasileira. Estas operações são executadas por vários tipos de máquinas,

¹ Eng°. Agrícola, Prof. Dr., Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Pesquisador do CNPq. E-mail: jpmolin@carpa.ciagri.usp.br.

² Eng°. Agrônomo, MSc, Doutorando do Curso de Energia na Agricultura, FCA/UNESP, Botucatu, SP.

com diferentes princípios de funcionamento e formas construtivas. De acordo com GADANHA Jr. et al. (1991), são disponíveis no mercado nacional aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço de linhas individuais e conjugadas, aplicadores de corretivos em linha e transportadores aplicadores autopropelidos de fertilizantes e corretivos.

A distribuição de corretivos em nosso meio é feita, em larga escala, com aplicadores a lanço. MILAN & GADANHA JUNIOR (1996) apresentaram metodologia para caracterização do desempenho desses aplicadores quanto à determinação do perfil de distribuição e definição da largura efetiva da faixa de aplicação. A largura da faixa de aplicação é dependente do produto e de suas características físicas. A sua determinação é uma tarefa laboriosa. MOLIN & RUIZ (1999), entretanto, propuseram uma metodologia simplificada para a sua obtenção pelos usuários finais.

O GPS ou “Sistema de Posicionamento Global” é um sistema que georeferencia o usuário para a sua perfeita localização na superfície da terra. Na agricultura, o GPS vem permitindo a utilização de novos conceitos e práticas que deram origem à chamada agricultura de precisão. O GPS diferencial ou DGPS é um método largamente utilizado na correção de erros intrínsecos ao sistema, consistindo basicamente de um sinal adicional de um ou mais pontos referenciais em bases fixas.

A barra de luz é uma ferramenta que utiliza GPS. Foi desenvolvida para servir como um guia para o operador em aplicação de produtos em faixas paralelas e, originalmente, concebida como guia em aplicações aéreas visando eliminar a necessidade de sinalizadores ou bandeirinhas. Hoje já é comercializada para substituir o uso de marcadores de espuma em aplicação de defensivos. Consiste em um painel luminoso posicionado na frente do operador e que o orienta a manter o veículo numa dada direção (MOLIN, 1997).

BUICK (1998) realizou ensaios comparando a orientação com marcadores de espuma e DGPS. Verificou que o marcador de espuma mostrou um desvio médio de 1,61 m, enquanto o sistema guiado por DGPS mostrou um desvio médio de 0,57 m. VETTER (1995) também desenvolveu um trabalho para caracterizar a acurácia dos alinhamentos utilizando um veículo equipado com barra de luz e DGPS. Utilizou uma câmera de vídeo especial, filmando as passagens ao longo das linhas de percurso, reproduzindo as imagens e medindo os desalinhamentos na tela. Os dados foram processados medindo a deriva entre a linha de deslocamento e o alinhamento teórico. A utilização do DGPS apresentou excelentes resultados. Em 50 % do tempo o erro foi menor que 0,38 m e em 90 % do tempo esse erro foi menor que 0,89 m. A máxima diferença ou desalinhamento para os 23,0 km de percurso dos testes, esteve abaixo de 1,88 m. MOLIN (1998), utilizando uma metodologia para medir a precisão de dois sistemas de orientação para aeronaves agrícolas (bandeiras e DGPS), verificou que o sistema guiado por bandeiras apresentou um erro de 2,9 metros com probabilidade de 50 % e de 4,4 m com probabilidade de 90 %. Já no sistema guiado por DGPS esse erro foi de 0,5 m com probabilidade de 50 % e 1,4 m com probabilidade de 90 %.

A prática da utilização de DGPS como guia em passadas paralelas vem sendo utilizada largamente na aviação agrícola brasileira. Com a popularização da utilização de DGPS e sua disponibilização em propriedades agrícolas, especialmente em práticas ligadas à agricultura de precisão, sua adoção poderá ser intensificada em outras aplicações. O uso de barra de luz como guia em passadas paralelas é uma dessas utilizações alternativas.

A aplicação de insumos a lanço guiada por DGPS é uma prática pouco conhecida no nosso meio. Assim o presente trabalho explorou a viabilidade técnica do uso da barra de luz em um conjunto trator mais aplicador de insumos a lanço. Para tanto, foi necessária a determinação dos perfis de distribuição característicos de uma máquina e o desenvolvimento de uma metodologia para medir o erro de alinhamento no deslocamento de um trator no campo, simulando a aplicação. Ao mesmo tempo objetivou quantificar a qualidade das deposições considerando o erro de posicionamento utilizando DGPS como guia e o sistema convencional, sem orientação.

MATERIAL E MÉTODOS

A primeira etapa do trabalho visou caracterizar as curvas de deposição transversal de um distribuidor de arrasto de mercado com vários produtos, sendo aqui reportados os resultados referentes a calcário e uréia. Os ensaios foram realizados em uma área plana e coberta de grama nas instalações do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP, seguido-se os preceitos da norma ISO 5690/1 (1982).

Inicialmente foi feita a calibração do mecanismo dosador, fazendo variar 15 vezes a posição do regulador de vazão. Com o reservatório abastecido a 50 % de sua carga máxima, era acionado o mecanismo e coletado o material em uma caixa por períodos de 30 segundos. Em seguida, a partir dos dados obtidos na coleta e pesagem do produto, determinou-se a curva de calibração da máquina para cada produto ensaiado.

Para os ensaios de deposição transversal foram definidas duas velocidades de trabalho: $2,20 \text{ ms}^{-1}$ (8,0 km/h) e $3,75 \text{ ms}^{-1}$ (13,5 km/h). Para a coleta do produto aplicado, foram utilizados coletores padronizados, com dimensões de 1000 mm X 250 mm X 150 mm (comprimento, largura e altura), dispostos em superfície horizontal e plana. Os dados foram obtidos pela passagem do distribuidor sobre os coletores dispostos lado a lado. Após quatro passagens do distribuidor sobre os coletores, era recolhido o produto acumulado e colocado em sacos de papel para posterior pesagem em balança analítica de precisão de 1×10^{-6} N. Foram utilizados plásticos sobre cada coletor para evitar o ricochete de partículas de produto durante a deposição nos ensaios.

Para a fixação da vazão utilizada no mecanismo dosador para cada produto durante os ensaios, foi adotada a largura efetiva sugerida pelo fabricante e uma dosagem usual. Para calcário a dosagem estipulada foi de 30.000 N/ha, com largura útil de 7,0 metros. O ensaio com calcário foi efetuado com esteira própria (de taliscas). Após o término do ensaio de calcário, realizou-se a troca de esteira, utilizando-se outra específica para baixas dosagens. Para uréia, a dosagem foi de 1700 N/ha, com largura útil de 10,0 m.

Com a utilização do programa Adulção (MOLIN et al., 1992), foram feitas as análises para determinação do coeficiente de variação como função da largura efetiva. Foram então plotados os resultados de largura efetiva versus coeficiente de variação, em cada tratamento, para posterior análise e definição da largura efetiva como função de um dado coeficiente de variação. Podem ocorrer três situações distintas de sobreposição no campo em função do deslocamento ser em passadas paralelas ou em círculo. As sobreposições podem ocorrer entre laterais esquerdas, laterais direitas ou esquerda com direita da máquina e os percursos são aqui denominados de direito, esquerdo e contínuo, respectivamente.

A segunda etapa do trabalho visou propor e testar uma metodologia de campo para se determinar a qualidade do alinhamento e paralelismo no deslocamento de um veículo quando guiado por barra de luz governada por DGPS, comparando-o com o deslocamento sem orientação.

Nos ensaios foi utilizada uma barra de luz instalada sobre o trator. O conjunto utilizado, denominado de AirStar e fornecido pela empresa SatLoc, é destinado a aplicação em faixas paralelas aéreas. É composto por uma fonte de potência, CPU com drive PCMCIA, GPS, teclado, visor, barra de luz e conectado a um receptor OmniStar para alimentação de sinal diferencial (DGPS) via satélite. O alinhamento é gerado pelo operador na primeira passada e as demais são sempre paralelas à primeira com distância equivalente à largura de uma faixa de aplicação pré-estabelecida.

Para a demarcação dos percursos utilizou-se uma barra porta ferramentas montada no engate de 3 pontos de um trator, suportando um disco de corte liso que fazia a marcação no solo. Em percursos de 200 metros o operador se localizava através de uma linha base, com estacas a cada 50 metros. Após a passagem pela linha base, o operador realizava três novas passadas caracterizadas como repetições, com espaçamento de 5 metros, simulando uma aplicação.

Após a passagem do conjunto marcando o solo utilizou-se um teodolito para fazer a marcação da reta de 200 metros de comprimento, por onde o mesmo deveria ter passado. Com uma trena de 50 metros esticada ao solo ao longo dessa linha teórica, fez-se marcações a cada 10 metros com uma baliza. Nestas marcações, obteve-se o desvio ocorrido através da diferença entre a linha teórica e a marca feita pelo disco de corte no solo, num total de 20 pontos ao longo de cada percurso. As informações assim obtidas foram analisadas e sintetizadas na forma de gráficos de probabilidade de erro.

Após estabelecidas as larguras efetivas de trabalho nos gráficos de largura efetiva versus coeficiente de variação, adicionou-se o erro de deslocamento nessas larguras, quantificando-se sua influência no coeficiente de variação. Com isso pôde-se determinar a qualidade do trabalho em campo como consequência da largura efetiva acrescida do erro de deslocamento. Considerou-se cenários de erros com probabilidade de 50 e de 90 %, verificando-se qual a alteração no coeficiente de variação da deposição transversal do produto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de perfil de distribuição transversal da máquina ensaiada podem ser visualizados na Figura 1, onde é apresentada a largura de trabalho como função do coeficiente de variação em diferentes métodos de percursos: perimétrico e alternado com sobreposição à esquerda e à direita.

Para efeito da análise da largura efetiva, atribuíram-se valores de coeficiente de variação de referência de 12,5; 15,0 e 20,0 % com base em valores sugeridos e adotados por DALLMEYER (1985).

Analisando-se os resultados de largura efetiva (Tabela 1) obtidos para calcário na velocidade de deslocamento de $2,20 \text{ ms}^{-1}$, observa-se que ela variou entre 4,8 e 5,2 m. Para a velocidade de deslocamento de $3,75 \text{ ms}^{-1}$, a largura de trabalho variou de 3,0 a 5,8 m. Para uréia a largura efetiva variou de 2,3 a 5,6 m na velocidade de deslocamento de $2,20 \text{ ms}^{-1}$, e na velocidade de $3,75 \text{ ms}^{-1}$ a largura efetiva variou de 3,5 a 6,0 m.

A Figura 2 mostra as probabilidades de erro para as duas velocidades de deslocamento com e sem a utilização de DGPS na orientação de passadas paralelas. Com a utilização do DGPS, na velocidade de $2,20 \text{ ms}^{-1}$, verifica-se que em 50 % do percurso, o erro obtido foi inferior a 1,1 m e em 90 % do percurso esse erro manteve-se inferior a 3,1 m da linha teórica. O ensaio feito sem a utilização do DGPS mostra que em 50 % do percurso o erro obtido foi inferior a 2,4 m e em 90 % do percurso, o erro manteve-se abaixo de 6,4 m da linha teórica.

Na velocidade de deslocamento de $3,75 \text{ ms}^{-1}$, utilizando-se DGPS, o erro com probabilidade de 50 % ficou inferior a 0,8 m e com 90 % de probabilidade o erro foi inferior a 2,0 m da linha teórica. A mesma análise feita sem a utilização do DGPS como guia, mostra que em 50 % do percurso, o erro obtido foi menor que 2,1 m e em 90 % do percurso, o erro manteve-se abaixo de 5,8 m da linha teórica.

Em trabalhos anteriores, com metodologia e condições diferentes, foram obtidos resultados com as mesmas tendências, porém com melhor acurácia. (VETTER, 1995; MOLIN, 1998). Com a utilização da barra de luz, a velocidade de deslocamento de $2,20 \text{ ms}^{-1}$, resultou num acréscimo de erro ao longo do percurso quando comparada com a velocidade de deslocamento de $3,75 \text{ ms}^{-1}$. Sem qualquer sistema guia os erros resultantes foram semelhantes.

Os desvios observados com a utilização de DGPS foram menores que aqueles obtidos sem um método de orientação. No entanto esses desvios podem ser considerados muito elevados e alguns fatores podem ter influenciado a obtenção de tais resultados. Primeiramente deve-se inferir que os operadores não foram treinados. O equipamento foi apresentado e foram feitas algumas demonstrações preliminares para a realização dos ensaios. Desta maneira, os operadores não estavam suficientemente familiarizados com o equipamento. Outro fator pode ter sido a configuração da barra de luz que foi programada para desvios em espaçamentos de 30 cm, nos primeiros 5 leds. Esse valor demonstrou ser muito baixo para a acurácia do sistema.

Na seqüência foram utilizados os erros no deslocamento gerados com e sem a utilização de DGPS como guia, alterando-se assim a largura efetiva e por conseqüência, os coeficiente de variação das deposições dos produtos. Os resultados dessas simulações, apresentados nas Tabelas 2 e 3, para as probabilidades de erro de 50 % e 90 %, mostraram o efeito causado no coeficiente de variação sobre a largura efetiva de trabalho. Para tanto, utilizando-se a largura efetiva relativa a um coeficiente de variação de 15 %, embutiu-se o erro de percurso aos níveis de probabilidade de 50 e 90 %, resultando em novo coeficiente de variação para cada nova largura efetiva.

Os resultados obtidos nos ensaios com calcário são apresentados na Tabela 3. Com a utilização de DGPS, na velocidade de $2,20 \text{ ms}^{-1}$, observa-se que ao se acrescentar um erro com probabilidade de 50 % (1,1 m) sobre a largura de trabalho, o coeficiente de variação aumenta em torno de três vezes em relação ao coeficiente de variação original.

Entretanto, ao se subtrair este erro com uma probabilidade de 50 % (1,1 m), observa-se um aumento no coeficiente de variação, mesmo com a diminuição da largura efetiva. Quando se comparou um acréscimo de erro com probabilidade de 90 % (3,1 m) sobre a largura de trabalho, o incremento no coeficiente de variação foi ainda maior. Ao considerar-se um decréscimo de erro com probabilidade de 90 % (3,1 m), observa-se valores reduzidos no coeficiente de variação, em função da largura efetiva de trabalho ter sido reduzida para valores muito baixos.

Para a velocidade de deslocamento de $3,75 \text{ ms}^{-1}$, acrescentando-se um erro com probabilidade de 50 % (0,8 m), ocorreu grande alteração no coeficiente de variação, com valores entre 42,1 a 49,3 %. Com a utilização de um erro com probabilidade de 90 % (2,0 m) sobre a largura de trabalho, o coeficiente de variação aumentou na ordem de quatro a cinco vezes em relação ao coeficiente de variação original.

Sem a utilização de DGPS, na velocidade de $2,20 \text{ ms}^{-1}$ e acrescentando-se um erro com probabilidade de 50 % (2,4 m) sobre a largura de trabalho, o coeficiente de variação aumentou para valores da ordem de cinco vezes o valor original. Ao subtrair este erro sobre a largura de trabalho, o coeficiente de variação foi reduzido para valores entre 8,3 e 12,7 %, dependendo do tipo de percurso utilizado. No entanto a largura resultante foi de 50 % da efetiva. Ao acrescentar um erro com probabilidade de 90 % (6,4 m), observa-se uma redução no coeficiente de variação em relação ao erro com probabilidade de 50 % (2,4 m). Entretanto, ao subtrair-se um erro com probabilidade de 90 % (6,4 m), encontram-se valores de larguras efetivas negativas.

Na velocidade de deslocamento de $3,75 \text{ ms}^{-1}$, acrescentando-se um erro com probabilidade de 50 % (2,1 m), o coeficiente de variação aumentou na ordem de quatro a cinco vezes o valor original. Ao se subtrair este erro, verifica-se valores de coeficiente de variação entre 4,5 e 29,9 %. Entretanto, quando se compara o acréscimo de erro com probabilidade de 90 % (5,8 m) com o caso anterior (probabilidade de 50 %), verifica-se um aumento na largura efetiva e redução no coeficiente de variação. Já com a diminuição deste erro, obtém-se valores de larguras efetivas negativas.

Os resultados obtidos nos ensaios com uréia, são apresentados na Tabela 4. Para a velocidade de deslocamento de $2,20 \text{ ms}^{-1}$, com a utilização de DGPS e acrescentando-se um erro com probabilidade de 50 %, o novo coeficiente de variação resultou em valores em torno de três vezes o original. Com o decréscimo deste erro, obteve-se valores de coeficiente de variação de 13,2 a 33,7 %, porém com larguras efetivas de trabalho bastante baixas.

Ao acrescentar-se um erro com probabilidade de 90 % sobre a largura de trabalho, obteve-se valores de coeficiente de variação semelhantes a aqueles referentes ao erro com probabilidade de 50 %. Subtraindo-se o erro com probabilidade de 90 %, resultou em valores de largura de trabalho próximos do nulo.

Na velocidade de $3,75 \text{ ms}^{-1}$, ao acrescentar um erro com probabilidade de 50 %, verificou-se um aumento no coeficiente de variação de duas vezes o original. Ao acrescentar um erro com probabilidade de 90 %, observa-se que o coeficiente de variação triplicou. Ao subtrair-se este erro, tanto para probabilidade de 50 % como de 90 %, os valores de coeficiente de variação foram semelhantes.

Sem a utilização de DGPS, na velocidade de $2,20 \text{ ms}^{-1}$, ao acrescentar um erro com probabilidade de 50 % e 90 %, obteve-se valores de coeficiente de variação aumentando de duas a cinco vezes aos valores apresentados com o coeficiente de variação original. Ao subtrair-se estes erros as larguras de trabalho foram reduzidas para valores negativos ou inviáveis.

Na velocidade de $3,75 \text{ ms}^{-1}$, verifica-se que o erro gerado com probabilidade de 50 %, apresentou valores de coeficiente de variação superiores aos resultados com probabilidade de 90 %. Com a subtração do erro com probabilidade de 50 % os valores do coeficiente de variação praticamente se mantiveram, no entanto com largura de trabalho 40 % menor que a original. Com a subtração do erro com probabilidade de 90 %, obteve-se valores de largura de trabalho negativas.

Portanto, pode-se inferir que os erros de percurso são fatores que influenciam fortemente a qualidade das aplicações a lanço. Desta maneira é justificável o aprofundamento no estudo dos erros de percurso, visto que estes possuem importância econômica e ambiental. A partir disso, novos estudos devem ser realizados com outros produtos e outras máquinas.

CONCLUSÕES

A metodologia proposta para medição dos desvios em passadas paralelas com utilização de um disco de corte para traçar o percurso do trator marcando o solo, demonstrou-se eficiente.

A qualidade dos percursos guiados por barra de luz foi melhor que aquela sem qualquer equipamento para orientação, no entanto os erros foram relativamente elevados. Esses erros foram sensíveis e inversamente proporcionais às velocidades testadas. Os resultados obtidos com a utilização da barra de luz provavelmente foram afetados pela configuração do equipamento e falta de treinamento dos operadores.

Além do coeficiente de variação, o erro de percurso é fator altamente relevante e deve ser considerado na análise da qualidade das aplicações a lanço.

AGRADECIMENTOS

Nosso reconhecimento à Marchesan Implementos e Máquinas Agrícolas “Tatú” S.A., pela cedência do aplicador a lanço; à Omnistar pela disponibilização do sinal diferencial; à SatLoc pela cedência do equipamento de GPS e barra de luz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUICK, R. How Precise are Parallel Swathing Systems? *Modern Agriculture*. Aurora, v.1, n.6, p.32-34, 1998.
- DALLMEYER, A. U. *Desenvolvimento de um rotor cônico para distribuição centrífuga de calcário seco*. Santa Maria, 1985. 103 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria.
- GADANHA Jr., C. D., MOLIN, J. P., COELHO, J. L. D. *Máquinas e Implementos Agrícolas do Brasil*. São Paulo: NSI - MA/CIENTEC/IPT, 1991. 468 p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Equipment for distributing fertilizer test methods - Part 1: Full width fertilizer distributors. Gêneve: ISO, 1982. 5 p. (ISO 5690/1).
- MILAN, M., GADANHA Jr., C. D. Máquinas para aplicação de adubos e corretivos. In: MIALHE, L.G. *Máquinas Agrícolas: ensaio e certificação*. Piracicaba: FEALQ, 1996. 722p.Cap. 10.
- MOLIN, J.P., COELHO, J. L. D., VASARHELYI, A. Programa computacional para análise de distribuição transversal em aplicadores de fertilizantes e corretivos a lanço. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, Santa

- Maria. *Anais...* Santa Maria: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1992. V.4.
- MOLIN, J. P. Agricultura de Precisão – mais um desafio para o agricultor brasileiro. *Revista Plantio Direto, Passo Fundo*, n.39, p. 26-7. 1997.
- MOLIN, J.P. Utilização de GPS em agricultura de precisão. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.17, n.3, p.121-32, mar. 1998.
- MOLIN, J. P., RUIZ, E. R. S. Validação de métodos simplificados de determinação da largura efetiva para distribuidores de fertilizantes e corretivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, CD-Rom, 1999.
- VETTER, A.A. Quantitative Evaluation of DGPS Guidance for Ground-Based Agricultural Applications. *Applied Engeneering in Agriculture*, American Society of Agricultural Engineers, v.11, n.3, p.459-64, 1995.

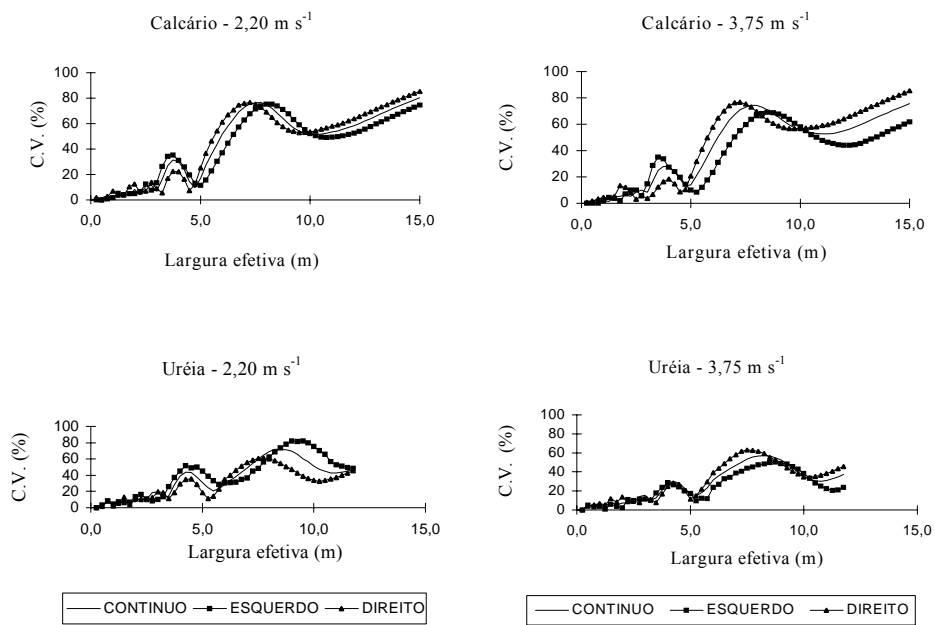


FIGURA 1. Coeficientes de variação da deposição transversal, como função da largura efetiva, para os diferentes métodos de percurso (contínuo, esquerdo e direito) e tratamentos.

TABELA 1. Larguras efetivas de trabalho como função dos valores fixados para o coeficiente de variação de 12,5 %; 15,0 % e 20,0 %.

		Largura efetiva (m)					
Velocidades (m s ⁻¹)		2,20			3,75		
		Percurso					
Produto	C.V. (%)	Contínuo	Esquerdo	Direito	Contínuo	Esquerdo	Direito
Calcário	12,5	5,0	5,0	4,8	3,0	5,6	5,0
	15,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,6	5,0
	20,0	5,0	5,0	5,2	5,0	5,8	5,0
Uréia	12,5	2,3	3,3	5,3	3,5	5,8	5,0
	15,0	3,5	3,3	5,5	5,0	6,0	5,3
	20,0	3,6	3,8	5,6	5,5	6,0	5,5

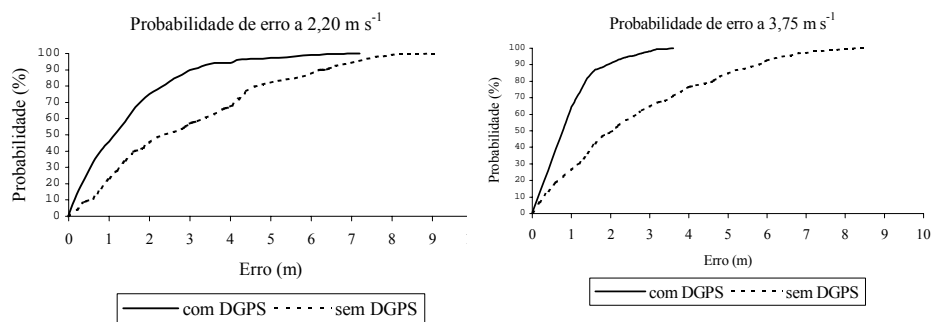


FIGURA 2. Probabilidade de erro de percurso em relação à linha teórica nas velocidades de 2,20 m s⁻¹ e 3,75 m s⁻¹ com e sem a utilização da barra de luz como guia.

TABELA 2. Efeito do percurso com e sem sistemas de orientação e do erro assim gerado nas velocidades de deslocamento de 2,20 m s⁻¹ e 3,75 m s⁻¹, com probabilidades de 50 % e 90 %, na qualidade de distribuição transversal de calcário, expressa pelo seu coeficiente de variação.

Velocidade de 2.20 m s ⁻¹								
Percurso	Probabilidade de erro de 50 % com DGPS							
	Acréscimo de 1.1 m				Decréscimo de 1.1 m			
	Larg. original	C.V. origina	Larg. Ef. nova	C.V. Nov	Larg. original	C.V. original	Larg. nova	C.V. novo
	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
Contínuo	5,0	15,0	6,1	52,4	5,0	15,0	3,9	33,0
Esquerdo	5,0	15,0	6,1	54,8	5,0	15,0	3,9	30,4
Direito	5,0	15,0	6,1	49,5	5,0	15,0	3,9	35,1
Probabilidade de erro de 90 % com DGPS								
	Acréscimo de 3.1 m				Decréscimo de 3.1 m			
Contínuo	5,0	15,0	8,1	74,9	5,0	15,0	1,9	10,7
Esquerdo	5,0	15,0	8,1	68,9	5,0	15,0	1,9	12,3
Direito	5,0	15,0	8,1	79,9	5,0	15,0	1,9	15,4
Velocidade de 3.75 m s ⁻¹								
Probabilidade de erro de 50 % com DGPS								
	Acréscimo de 0.8 m				Decréscimo de 0.8 m			
Contínuo	5,1	15,0	5,9	46,8	5,1	15,0	4,3	21,4
Esquerdo	5,6	15,0	6,4	42,1	5,6	15,0	4,8	15,7
Direito	5,0	15,0	5,8	49,3	5,0	15,0	4,2	20,5
Probabilidade de erro de 90 % com DGPS								
	Acréscimo de 2.0 m				Decréscimo de 2.0 m			
Contínuo	5,1	15,0	7,1	70,4	5,1	15,0	3,1	8,3
Esquerdo	5,6	15,0	7,6	63,6	5,6	15,0	3,6	30,8
Direito	5,0	15,0	7,0	83,0	5,0	15,0	3,0	4,6
Velocidade de 2.20 m s ⁻¹								
Probabilidade de erro de 50 % sem DGPS								
	Acréscimo de 2.4 m				Decréscimo de 2.4 m			
Contínuo	5,0	15,0	7,4	76,3	5,0	15,0	2,6	10,6
Esquerdo	5,0	15,0	7,4	72,9	5,0	15,0	2,6	12,7
Direito	5,0	15,0	7,4	78,7	5,0	15,0	2,6	8,3
Probabilidade de erro de 90 % sem DGPS								
	Acréscimo de 6.4 m				Decréscimo de 6.4 m			
Contínuo	5,0	15,0	11,4	54,3	5,0	15,0	-1,4	---
Esquerdo	5,0	15,0	11,4	53,2	5,0	15,0	-1,4	---
Direito	5,0	15,0	11,4	54,5	5,0	15,0	-1,4	---
Velocidade de 3.75 m s ⁻¹								
Probabilidade de erro de 50 % sem DGPS								
	Acréscimo de 2.1 m				Decréscimo de 2.1 m			
Contínuo	5,1	15,0	7,2	73,9	5,1	15,0	3,0	8,1
Esquerdo	5,6	15,0	7,7	66,5	5,6	15,0	3,5	29,9
Direito	5,0	15,0	7,1	83,3	5,0	15,0	2,9	4,5
Probabilidade de erro de 90 % sem DGPS								
	Acréscimo de 5.8 m				Decréscimo de 5.8 m			
Contínuo	5,1	15,0	10,9	50,7	5,1	15,0	-0,7	---
Esquerdo	5,6	15,0	11,4	40,3	5,6	15,0	-0,2	---
Direito	5,0	15,0	10,8	58,4	5,0	15,0	-0,8	---

TABELA 3. Efeito do percurso com e sem sistemas de orientação e do erro assim gerado nas velocidades de deslocamento de 2,20 m s⁻¹ e 3,75 m s⁻¹, com probabilidades de 50 % e 90 %, na qualidade de distribuição transversal de uréia, expressa pelo seu coeficiente de variação.

Velocidade de 2.20 m s ⁻¹								
Percurso	Probabilidade de erro de 50 % com DGPS							
	Acréscimo de 1.1 m				Decréscimo de 1.1 m			
	Larg. Ef. original	C.V. origina	Larg. Ef. nova	C.V. novo	Larg. Ef. original	C.V. Original	Larg. Ef. Nova	C.V. novo
	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)	(m)	(%)
Contínuo	3,5	15,0	4,6	40,4	3,5	15,0	2,4	15,3
Esquerdo	3,4	15,0	4,5	43,8	3,4	15,0	2,3	13,2
Direito	5,5	15,0	6,6	50,3	5,5	15,0	4,4	33,7
Probabilidade de erro de 90 % com DGPS								
Acréscimo de 3.1 m				Decréscimo de 3.1 m				
Contínuo	3,5	15,0	6,6	44,6	3,5	15,0	0,4	0,0
Esquerdo	3,4	15,0	6,5	38,3	3,4	15,0	0,3	0,0
Direito	5,5	15,0	8,6	56,9	5,5	15,0	2,4	9,7
Velocidade de 3.75 m s ⁻¹								
Probabilidade de erro de 50 % com DGPS								
Acréscimo de 0.8 m				Decréscimo de 0.8 m				
Contínuo	5,1	15,0	5,9	30,2	5,1	15,0	4,3	30,1
Esquerdo	5,9	15,0	6,7	31,1	5,9	15,0	5,1	17,4
Direito	5,3	15,0	6,1	39,7	5,3	15,0	4,5	14,8
Probabilidade de erro de 90 % com DGPS								
Acréscimo de 2.0 m				Decréscimo de 2.0 m				
Contínuo	5,1	15,0	7,1	46,9	5,1	15,0	3,1	15,8
Esquerdo	5,9	15,0	7,9	46,2	5,9	15,0	3,9	20,8
Direito	5,3	15,0	7,3	62,8	5,3	15,0	3,3	10,7
Velocidade de 2.20 m s ⁻¹								
Probabilidade de erro de 50 % sem DGPS								
Acréscimo de 2.4 m				Decréscimo de 2.4 m				
Contínuo	3,5	15,0	5,9	33,9	3,5	15,0	1,1	5,1
Esquerdo	3,4	15,0	5,8	28,8	3,4	15,0	1,0	2,9
Direito	5,5	15,0	7,9	62,3	5,5	15,0	3,1	22,1
Probabilidade de erro de 90 % sem DGPS								
Acréscimo de 6.4 m				Decréscimo de 6.4 m				
Contínuo	3,5	15,0	9,9	56,1	3,5	15,0	-2,9	---
Esquerdo	3,4	15,0	9,8	89,3	3,4	15,0	-3,0	---
Direito	5,5	15,0	11,8	46,4	5,5	15,0	-0,9	---
Velocidade de 3.75 m s ⁻¹								
Probabilidade de erro de 50 % sem DGPS								
Acréscimo de 2.1 m				Decréscimo de 2.1 m				
Contínuo	5,1	15,0	7,2	49,9	5,1	15,0	3,0	15,8
Esquerdo	5,9	15,0	8,0	46,2	5,9	15,0	3,8	23,9
Direito	5,3	15,0	7,4	64,1	5,3	15,0	3,2	10,7
Probabilidade de erro de 90 % sem DGPS								
Acréscimo de 5.8 m				Decréscimo de 5.8 m				
Contínuo	5,1	15,0	10,9	30,8	5,1	15,0	-0,7	---
Esquerdo	5,9	15,0	11,7	23,7	5,9	15,0	0,1	---
Direito	5,3	15,0	11,1	38,2	5,3	15,0	-0,5	---

