



COMPORTAMENTO DO SISTEMA ESTABILIZADOR DE BARRA DE PULVERIZADORES EM MOVIMENTOS VERTICAIS E HORIZONTAIS¹

Rogério Camargo Benez¹, Ulisses Rocha Antuniassi², Rodolfo Glauber Chechetto¹, Alisson Augusto Barbieri Motta¹ & Fernando Kassis Carvalho¹

RESUMO: A barra de pulverização influencia diretamente a qualidade e a eficiência da pulverização, devido esses fatores a estabilidade desta é de fundamental importância. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de um sistema estabilizador de barra, nos movimentos horizontais e verticais da barra de pulverização. O ensaio foi instalado com oito tratamentos que consistiram nas combinações de duas condições de operação do pulverizador (com e sem o sistema estabilizador de barras - CE e SE, respectivamente) e quatro diferentes condições de superfície para deslocamento do pulverizador (subindo terraço, descendo terraço, superfície plana com e sem obstáculo). A movimentação da barra foi avaliada através da videografia digital, sendo as imagens analisadas em softwares para o cálculo da amplitude dos deslocamentos horizontais e verticais. Foi utilizado um pulverizador Jacto, modelo Columbia AD-18. A barra de pulverização foi equipada com 37 bicos, com pontas de jato plano, modelo AVI 11002, espaçadas em 0,50 m e a barra de pulverização trabalhou a uma altura de 0,50 m em relação ao alvo. A taxa de aplicação foi de 120 L ha⁻¹ e a pressão de trabalho de 345 kPa. Os resultados mostraram que o sistema interferiu na movimentação da barra, havendo uma maior influência na movimentação horizontal da barra em relação a vertical. Nas situações subindo terraço a oscilação vertical é reduzida em comparação à descida. Nas análises em superfície plana, com ou sem obstáculos, o dispositivo causa pouca alteração nas oscilações da barra, não justificando seu uso para essas condições. O apoio das rodas do dispositivo no solo influenciou de maneira negativa os movimentos horizontais para as condições do estudo. A presença de terraços e o sentido de deslocamento do pulverizador deve ser o principal fator na decisão de utilização ou não do estabilizador de barra de pulverização.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia de aplicação, estabilidade de barra, pulverizador de barras.

BEHAVIOR OF A SPRAYER BOOM STABILIZATION SYSTEM IN VERTICAL AND HORIZONTAL MOVEMENTS.

ABSTRACT: The quality and efficiency of spray applications are directly influenced by the spray boom stability. The aim of this study was to evaluate the influence of a spray boom stability controller system in the horizontal and vertical movements. The test was conducted with eight treatments, consisting in combinations of two sprayer operating conditions (with and without the stability controller system - CE and SE, respectively) and four different ground surface conditions (uphill, downhill and plane surface with and without obstacles). The sprayer boom movements were recorded with a digital video recording (videography). The images were analyzed with software to calculate the horizontal and vertical displacements amplitude of the spray boom during the video recording. It was used a Jacto sprayer, model AD-18 Columbia. The sprayer boom was equipped with 37 flat fan spray nozzles, AVI 11002, spaced 0.50 meters from each other, and positioned 0.50 meters above soil surface. It was used 120 L ha⁻¹, and 345 kPa of spray pressure. The results showed that the system interfered in the stability of the spray boom, with greater interference in the horizontal movements. The equipment provided greater spray boom vertical stability during downhill, but the horizontal movements became worse while the sprayer was crossing the terraces. In plane surface, with or without obstacles, the stability controller system did not affect the results and its use is not necessary to these conditions. The device's support wheels influenced negatively the horizontal movements. The direction of travel of the sprayer should be the main factor to determine the use of this equipment or not.

KEYWORDS: Application technology, spray boom stability, sprayer boom.

¹ Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP/Botucatu. E-mails: rbenez@ig.com.br; ulisses@fca.unesp.br; rgchechetto@hotmail.com; alisson_abm@hotmail.com; kassis@fca.unesp.br.

² Docente da Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP/Botucatu. Departamento de Engenharia Rural. E-mail: ulisses@fca.unesp.br

1 INTRODUÇÃO

A barra de pulverização é um dos principais componentes do processo de aplicação de produtos fitossanitários e influencia diretamente a qualidade e a eficiência da operação. Quanto maior o comprimento da barra de um pulverizador, mais larga será a faixa de tratamento e, portanto, maior a capacidade de campo efetiva do equipamento, ou seja, maior será a área coberta e menores serão os tempos de aplicação e as perdas de rendimento causadas pelo amassamento da cultura.

Em pulverizadores de barras, a uniformidade na distribuição do líquido aplicada é condicionada pela altura da barra, espaçamento entre bicos, ângulo de abertura das pontas, pressão de trabalho, entre outros. As oscilações verticais da barra, causadas por irregularidades no terreno, alteram a altura dos bicos em relação ao alvo, prejudicando a uniformidade da distribuição (BARCELLOS et al., 2006; LIPINSKI et al., 2011).

As oscilações aumentam com o incremento da velocidade de deslocamento do conjunto, com o comprimento da barra e o não uso de sistemas de amortecimento (SARTORI, 1985), o que eleva o coeficiente de variação da distribuição do líquido (WOMAC et al., 2001). Dessa maneira, quanto maior o comprimento da barra, maior será a sua oscilação, o que conseqüentemente resultará em uma deposição heterogênea do líquido. Na área de trabalho do pulverizador, uma deposição excessiva do líquido ou uma baixa quantidade depositada, são casos indesejados e a maneira mais simples de evitá-los é garantir o paralelismo da barra de pulverização em relação à superfície pulverizada (SZEWCZYK et al., 2010).

Portanto, deve haver um compromisso entre a qualidade e a rapidez do trabalho, determinando o comprimento da barra dentro de certos limites operacionais.

As oscilações verticais da barra, além de distorcerem a deposição do líquido sobre o alvo, quando excessivas, fazem com que as pontas da barra toquem o solo, causando eventuais danos (PONTELLI; MUCHERONI, 2009). Os mesmos autores destacam ainda que as oscilações horizontais da barra também alteram a uniformidade de aplicação do líquido, mas em uma menor proporção. Essa alteração da uniformidade gerada pelo movimento horizontal da barra compromete, muito mais pelo excesso de deposição do que pela falta dela. Corroborando com essas análises Ramon e De Baerdemaeker (1997), concluíram que os movimentos descendentes da barra afetam mais a distribuição que os movimentos ascendentes, devido à falta de deposição e não ao excesso.

Segundo Pontelli e Mucheroni (2009), uma das maneiras de minimizar os coeficientes de variação de distribuição da pulverização, é a instalação de mecanismos para estabilizar a barra dentro de parâmetros aceitáveis, que

limitam a altura e evitam o contato direto da mesma com o solo. Esses mecanismos são conhecidos como estabilizadores de barras para pulverizadores.

Além de evitar a depreciação precoce das barras, as suspensões não permitem a oscilação excessiva dessas, evitando que uma extremidade atinja o solo enquanto a outra faça a variação para cima, proporcionando assim, maior precisão e uniformidade na aplicação. Com isso, a barra trabalha mais próxima da cultura, dentro do limite recomendado para a sobreposição dos jatos de pulverização, aumenta a capacidade de penetração das gotas e reduz o efeito do vento ambiente, possibilitando uma distribuição mais eficiente (ANDREWS; BYASS, 1977).

Nesse contexto, visando trazer benefícios à tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, o objetivo deste trabalho foi avaliar os movimentos horizontais e verticais da barra de um pulverizador, operando com e sem um sistema estabilizador de barras em diferentes situações de trabalho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em uma área de cultivo de soja, no Sítio Duas Meninas, localizado no município de Fênix, Paraná, com as coordenadas geográficas 23°53'04.07" S de latitude, 52° 02'01.69" W de longitude e altitude de 348 m acima do nível do mar. O sistema de plantio utilizado foi por semeadura direta e a cultura se encontrava no estágio de desenvolvimento V6 (NEUMAIER et al., 2009). O pulverizador utilizado foi de arrasto da marca Jacto, modelo Columbia AD18, ano de fabricação e modelo 2002, com barra de 18 metros e acionamento hidráulico. O pulverizador foi acoplado a um trator Ford, modelo 6610, ano de fabricação e modelo 1986, operando em velocidade média de 8,0 km h⁻¹ e rotação de 1800 rpm. O operador do trator foi o mesmo em todos os tratamentos.

O ensaio foi instalado com oito tratamentos (Tabela 1) que consistiram nas combinações de duas condições de operação do pulverizador (com e sem o sistema estabilizador de barras - CE e SE, respectivamente) e quatro diferentes condições de superfície para deslocamento do pulverizador (subindo terraço, descendo terraço, superfície plana sem obstáculo e superfície plana com obstáculo - toco de madeira de 0,40 m de diâmetro, posicionado na transversal ao sentido do rodado do conjunto trator/pulverizador).

O mecanismo estabilizador de barras consiste em um sistema hidráulico que anula o peso da barra de pulverização e limita a altura da mesma em relação ao solo por meio de duas rodas instaladas nas extremidades das barras. Com isso, de acordo com as irregularidades do terreno, como exemplo um terraço, a barra se ajusta de maneira autônoma a fim de manter sempre a mesma altura em relação ao solo.

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos realizados.

Tratamentos	Condições de operação do pulverizador	Situações de trabalho
T1	Sem estabilizador de altura de barras (SE)	Descendo terraço
T2	Sem estabilizador de altura de barras (SE)	Subindo terraço
T3	Com estabilizador de altura de barras (CE)	Subindo terraço
T4	Com estabilizador de altura de barras (CE)	Descendo terraço
T5	Com estabilizador de altura de barras (CE)	Superfície plana sem obstáculo
T6	Com estabilizador de altura de barras (CE)	Superfície plana com obstáculo
T7	Sem estabilizador de altura de barras (SE)	Superfície plana com obstáculo
T8	Sem estabilizador de altura de barras (SE)	Superfície plana sem obstáculo

A pressão de trabalho foi de 345 kPa. A barra de pulverização foi posicionada a uma altura de 0,50 m em relação ao solo e o espaçamento entre os bicos foi de 0,50 m, totalizando 37 bicos em uma barra de 18 metros de comprimento. As pontas de pulverização utilizadas foram de jato plano, do tipo AVI 11002 com malha 50 e foram calibradas de acordo com a pressão de trabalho na bomba do pulverizador. Durante 2 minutos coletou-se a vazão de cada ponta conforme metodologia apresentada por Gandolfo (2001) e Siqueira e Antuniassi (2011), sendo a vazão média de 0,784 L min⁻¹ e o volume médio de pulverização de 120 L ha⁻¹.

Antes de iniciar o ensaio, foram realizadas medições para determinar a distância entre o eixo dianteiro e o eixo traseiro do trator; entre o eixo traseiro do trator e o eixo traseiro do pulverizador; medições da bitola dianteira e traseira do trator; da bitola do pulverizador; do diâmetro do rodado dianteiro e traseiro do trator; e do rodado do pulverizador. Essas medições foram utilizadas como padrões para determinar uma correlação matemática com as medidas em pixels, obtidas no registro do deslocamento do pulverizador.

A movimentação da barra foi avaliada através da análise de imagens obtidas com duas câmeras digitais - Samsung® modelo ST70 de 14 megapixels e Samsung® modelo ST45 de 12.2 megapixels - utilizando-se o modo de aquisição de vídeo. Essas foram fixadas em um tripé estabelecidas em um mesmo ponto e na altura determinada pela barra do pulverizador em relação ao

alvo (plantas de soja). O deslocamento do conjunto trator/pulverizador foi registrado lateralmente, usando-se como referência, para a coleta de imagens, um alvo na cor branca com dimensões de 0,21 x 0,29 m, fixado com o auxílio de abraçadeiras de plástico, nas extremidades da barra do pulverizador.

Para a obtenção das posições horizontais e verticais das extremidades da barra durante o percurso, imagens estáticas foram capturadas do vídeo digital através do programa Windows Movie Maker®, em intervalos de tempo de 0,16 s. Em cada tratamento foram capturadas 60 imagens, sendo posteriormente transferidas para o Microsoft Paint®. Este software foi utilizado para a obtenção das medidas das posições do ponto de referência na barra (alvo na cor branca). Utilizando-se o Microsoft Excel®, as medidas das posições foram transformadas de pixels para metros através de uma correlação com a medida da distância entre os eixos do trator.

Considerando-se que as imagens possuem uma distorção em função da profundidade do campo de visão na filmagem, para se obter o valor correto da movimentação das barras foi calculado o fator de correção (fc), que corrige a diferença entre o tempo de deslocamento do trator em função do tempo de deslocamento da extremidade da barra.

O deslocamento horizontal do ponto de referência, em pixels, em cada intervalo de tempo, foi determinado pela Equação 1.

$$hn = DH_{t_0} - DH_{t_1} \quad (1)$$

Onde:

hn = deslocamento horizontal (em pixels) do ponto de referência;

DH_{t₀} = posição (em pixels) do ponto de referência no instante t₀; e

DH_{t₁} = posição (em pixels) do ponto de referência após 0,16 s.

A posição teórica do ponto de referência, desconsiderando os movimentos horizontais da barra e supondo velocidade de deslocamento constante para o conjunto trator/pulverizador, foi definida pela Equação 2.

$$Xn = (NP / tp \text{ total}) * tn \quad (2)$$

Onde:

X_n = posição (em pixels) em que o ponto de referência deveria estar no instante da observação;

NP = número total de pixels, oferecido pela resolução horizontal da imagem no Microsoft Paint®;

tp total = tempo total de percurso do ponto de referência na imagem, capturada durante a filmagem; e

tn = instante de observação.

O erro de posicionamento horizontal foi calculado através da Equação 3.

$$Y_n = h_n - X_n \quad (3)$$

Onde:

Y_n = erro de posicionamento do ponto de referência (pixels);

h_n = posição real do ponto de referência (pixels); e

X_n = posição teórica em que o ponto de referência deveria estar (pixels).

O valor do erro de posicionamento do ponto de referência foi convertido de pixels para metros, através da Equação 4.

$$X_{Hn} = [(Y_n * 2,27 / de) / fc] \quad (4)$$

Onde:

X_{Hn} = Erro de posicionamento em metros;

2,27 = Distância entre os eixos do trator (metros);

de = valor da distância entre eixos das rodas do trator (pixels);

fc = fator para correção da distorção provocada pela profundidade da imagem na filmagem, obtido dividindo-se o tempo do percurso da roda do trator pelo tempo de percurso do ponto de referência na extremidade da barra.

O deslocamento vertical do ponto de referência em pixels foi determinado pelo valor da diferença entre a posição vertical inicial da extremidade da barra, e a posição vertical para cada intervalo de 0,16 s, utilizando-se a Equação 5.

$$Z_n = dv - V_n \quad (5)$$

Onde:

Z_n = diferença entre a posição da extremidade da barra, no instante da observação e a posição no início do deslocamento do conjunto trator/pulverizador (pixels);

dv = valor da posição vertical (em pixels) do ponto de referência no início do deslocamento (0,00 segundos);

V_n = valor da posição vertical (em pixels) do ponto de referência da extremidade da barra no instante da observação.

Foi transformado o valor de Z_n de pixels para metros, considerando-se o efeito de distorção provocado pela profundidade da imagem obtida lateralmente, aplicando-se a Equação 6.

$$X_{vn} = [(Z_n * 2,27 / de) / fc] \quad (6)$$

Onde:

X_{vn} = diferença entre a posição da extremidade da barra, no instante da observação e a posição no início do deslocamento do conjunto trator-pulverizador (metros);

Z_n = diferença entre a posição da extremidade da barra, no instante da observação e a posição no início do deslocamento do conjunto trator-pulverizador (pixels);

2,27 = valor em metros da distância entre eixos das rodas do trator;

de = valor da distância entre eixos das rodas do trator (pixels);

fc = fator para correção da distorção provocada pela profundidade da imagem na filmagem, obtido dividindo-se o tempo do percurso da roda do trator pelo tempo de percurso do ponto de referência na extremidade da barra.

A movimentação da barra durante o deslocamento foi avaliada através do cálculo de parâmetros como a amplitude vertical do movimento, correspondente à diferença entre a maior e a menor altura da barra

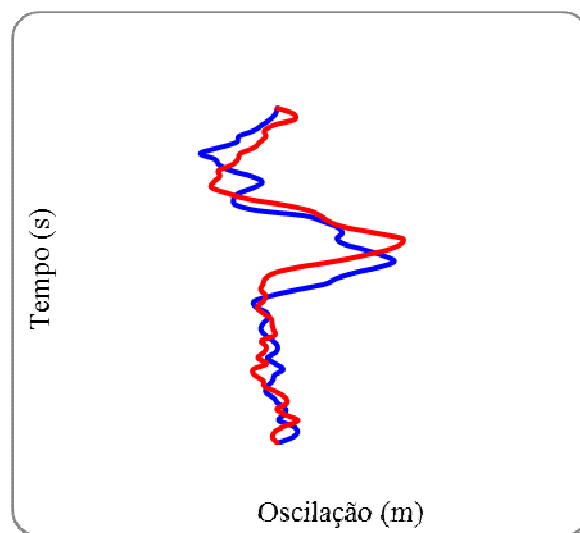
ao longo do percurso em cada tratamento, com relação ao ponto de referência no início do deslocamento (dv em 0,00 segundos); a amplitude horizontal do movimento, correspondente à diferença entre o maior erro para frente e para trás com relação à posição teórica da barra, dada a velocidade de deslocamento do trator; o desvio padrão dos valores das posições verticais; e o desvio padrão dos valores das posições horizontais. A análise entre as

condições de trabalho do pulverizador foi realizada através da comparação da amplitude dos deslocamentos horizontais e verticais da barra em todos os tratamentos propostos, aplicados a interações por Tukey a 5%.

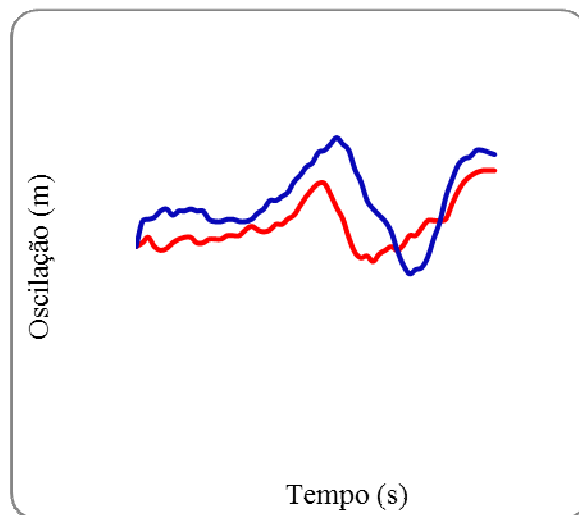
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 observam-se os comportamentos da barra do pulverizador para os tratamentos onde o conjunto se deslocava subindo terraço. No plano vertical (Figura 1b) a utilização do estabilizador de barras proporcionou maior oscilação da barra comparada ao tratamento sem o estabilizador. Com relação às oscilações horizontais (Figura 1a) as diferenças entre os tratamentos foram menores, não se podendo afirmar apenas por avaliação de imagens qual apresentou menor oscilação. Queiroz (2001), avaliando a oscilação horizontal da barra de um pulverizador montado, com velocidade de $7,2 \text{ km ha}^{-1}$ em área de reflorestamento, não observou diferença na avaliação para a barra com e sem o estabilizador de barras. O mesmo autor avaliando as oscilações verticais em barras com e sem o estabilizador apresentou que, em barras contendo esse sistema, as oscilações verticais foram menores, o que não corrobora com os resultados do presente estudo. No entanto as condições de relevo são diferentes, pois naquele caso o pulverizador acompanhava as linhas da cultura de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden, e não havia terraços, enquanto no presente estudo havia terraços e o pulverizador não atravessou o terraço de forma transversal, mas sim de forma diagonal (apenas para o tratamento subindo terraço, pois descendo o terraço foi feito a travessia de forma transversal).

Através de observação das imagens obtidas com a videografia, constatou-se uma limitação do método no caso da travessia de terraços em sentido diagonal, pois os pontos de referência no pulverizador e na barra ficam deslocados, não sendo possível um resultado real do efeito do sistema estabilizador de barras.



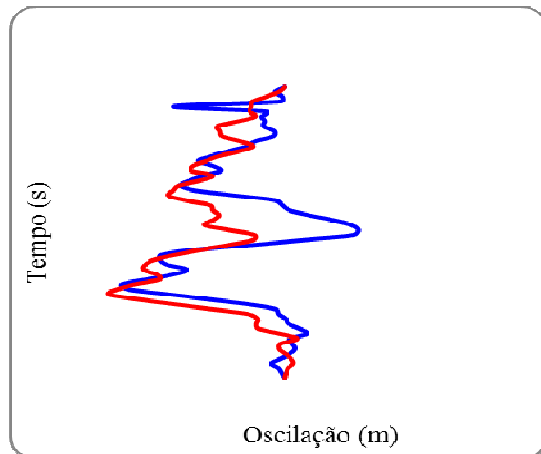
(a)



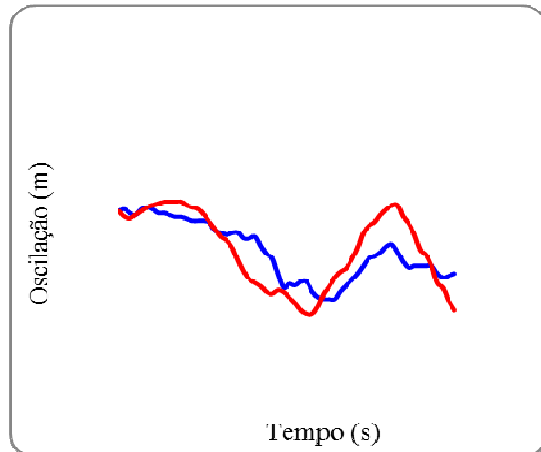
(b)

Figura 1 - Oscilações da barra subindo terraço, com (linhas azuis) e sem (linhas vermelhas) sistema estabilizador de barras, considerando os movimentos horizontais (a) e verticais (b) ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.

Os comportamentos da barra do pulverizador para os tratamentos descendo terraço estão na Figura 2, e observa-se que para as oscilações horizontais (Figura 2a) a utilização do estabilizador de barras apresentou maior amplitude em relação ao tratamento sem o sistema, enquanto para as oscilações verticais (Figura 2b) o comportamento observado foi o contrário. Neste caso, como a travessia do terraço não foi feita no sentido diagonal, mas sim transversal, o método não apresenta limitações, pois o ponto de referência na barra e no pulverizador deveria, de fato, ser proporcionais.



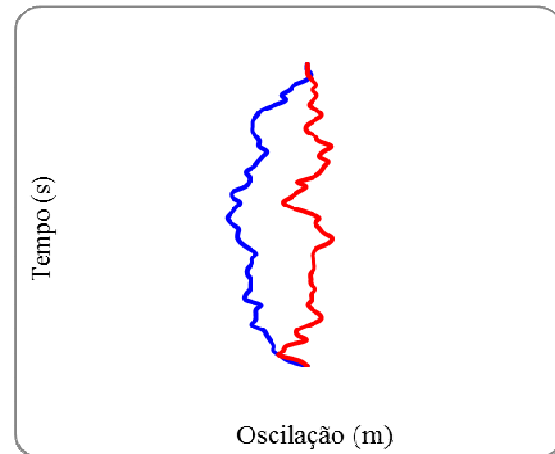
(a)



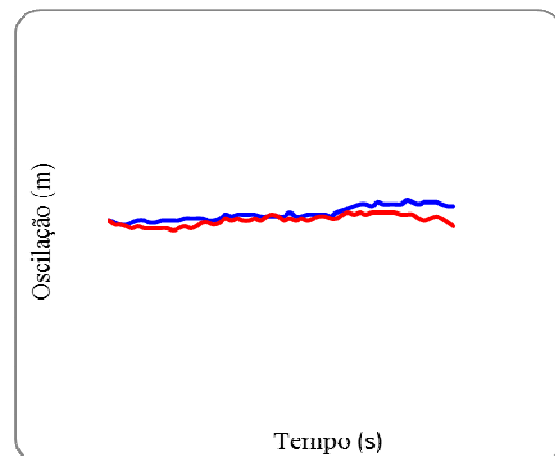
(b)

Figura 2 - Oscilações da barra descendo o terraço, com (linhas azuis) e sem (linhas vermelhas) sistema estabilizador de barras, considerando os movimentos horizontais (a) e verticais (b) ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para frente, enquanto negativos indicam deslocamentos para trás.

Para os tratamentos sobre superfície plana sem obstáculo os comportamentos da barra do pulverizador estão na Figura 3. Observa-se que para as oscilações verticais (Figura 3b) o comportamento não apresentou diferença para os tratamentos com e sem o sistema estabilizador de barras e o mesmo resultado foi observado para as oscilações horizontais (Figura 3a) onde a grandeza das oscilações não apresentaram diferenças estatísticas.



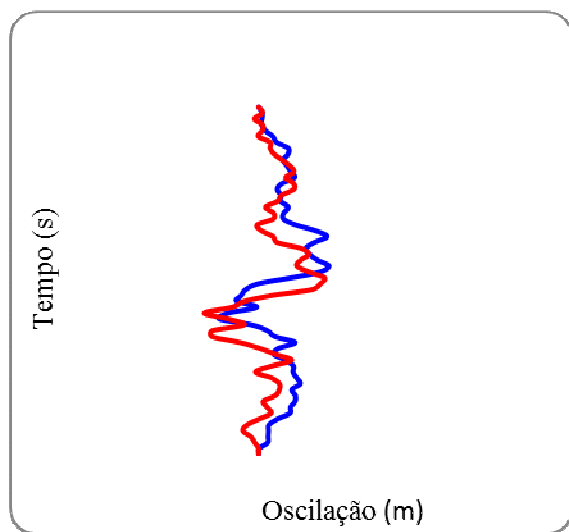
(a)



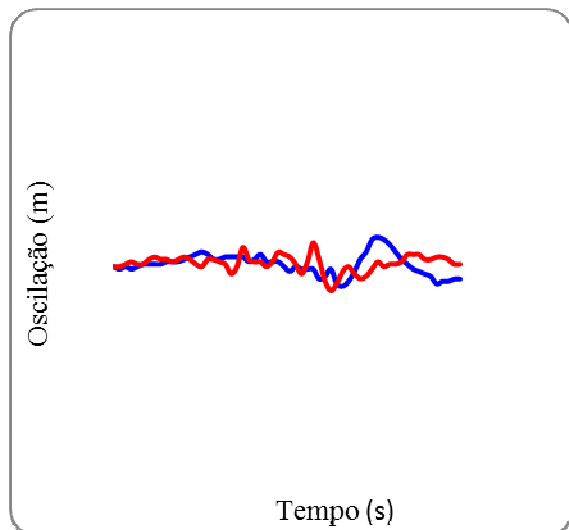
(b)

Figura 3 - Oscilações da barra sobre superfície plana sem obstáculo, com (linhas azuis) e sem (linhas vermelhas) sistema estabilizador de barras, considerando os movimentos horizontais (a) e verticais (b) ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para frente, enquanto negativos mostram deslocamentos para trás.

Na Figura 4 observam-se os comportamentos da barra do pulverizador para os tratamentos onde o conjunto se deslocava sobre uma superfície plana com obstáculo. No deslocamento vertical (Figura 4b) a oscilação da barra com o estabilizador foi menor do que sem o sistema, já para a oscilação horizontal (Figura 4a) as diferenças entre a utilização ou não do equipamento foram mínimas. Queiroz (2001) observou resultados semelhantes para a movimentação vertical da barra com sistema estabilizador em área pós-colheita de *E. grandis*, sendo que esta também era plana, apresentado como obstáculos restos vegetais.



(a)



(b)

Figura 4 - Oscilações da barra sobre superfície plana com obstáculo, com (linhas azuis) e sem (linhas vermelhas) sistema estabilizador de barras, considerando os movimentos horizontais (a) e verticais (b) ao longo

do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.

Para analisar os movimentos horizontais e verticais da barra de pulverização durante o percurso nos tratamentos propostos, a amplitude foi determinada pelo cálculo da diferença entre o erro de posição máximo e mínimo da extremidade da barra. A Tabela 2 apresenta os resultados da análise de variância dos movimentos horizontais.

Tabela 2 - Médias dos tratamentos da amplitude horizontal da barra (m) com estabilizador (CE) e sem estabilizador (SE), obtidas do desdobramento das interações significativas da análise de variância dos sistemas e condições de deslocamento do pulverizador.

Sistemas	Condições			
	Subindo Terraço	Descendo Terraço	Superfície plana sem obstáculo	Superfície plana com obstáculo
CE	2,07 Aa	1,80 Ba	0,45 Ca	0,89 Da
SE	1,70 Ab	1,47 Bb	0,41 Ca	0,94 Da
F da Interação (Sistemas*Condições)	13,06*			
CV (%)	12,13	11,51	12,09	3,85

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras iguais maiúsculas, na linha, e minúsculas, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando a interação entre as condições dos tratamentos e as condições de trabalho da barra do pulverizador (CE e SE), observa-se que não houve diferença significativa entre os movimentos horizontais em superfície plana e em superfície plana com obstáculo.

Nos resultados em terreno plano a variação da amplitude foi menor, quando comparada com a amplitude obtida nas condições de terreno inclinado, onde se cruzava os terraços. Nestas condições o sistema estabilizador de barras não atuou nos movimentos horizontais. Entretanto, nas condições de maior variação (subida e descida cruzando o terraço) observou-se que a amplitude

dos movimentos horizontais foi maior quando o pulverizador estava operando com o sistema estabilizador das barras.

Neste sentido, Speelman e Jansen (1974) mostraram que o aumento da amplitude tem um efeito negativo na pulverização realizada por todos os tipos de pontas, especialmente na menor altura da barra (0,5 m). Segundo Kennes et al. (1996) os movimentos horizontais da barra causados por variações da velocidade, resultaram em variações na aplicação do líquido, na direção de deslocamento do pulverizador. Ainda, simulações realizadas por Clijmans et al. (2000), demonstraram que os movimentos de rolagem e as vibrações horizontais de uma barra podem afetar a aplicação.

A Tabela 3 apresenta os resultados de análise de variância dos movimentos verticais. Em terreno plano a variação da amplitude foi menor quando comparada com a amplitude obtida nas condições com terraço. Nos tratamentos CE houve variação significativa entre terreno inclinado, com terraços, ou em superfície plana. Nos tratamentos SE ocorreu variação da amplitude na comparação das condições subindo e descendo terraço e também na superfície plana com e sem obstáculo.

Tabela 3 - Médias dos tratamentos da amplitude vertical da barra (metros), obtidas do desdobramento das interações significativas da análise de variância dos sistemas e condições de deslocamento do pulverizador.

Sistemas	Condições			
	Subindo Terraço	Descendo Terraço	Superfície plana sem obstáculo	Superfície plana com obstáculo
CE	1,53 Aa	1,34 Ab	0,38 Ba	0,43 Bb
SE	1,20 Bb	2,23 Aa	0,37 Ca	0,55 Da
F da Interação (Sistemas*Condições)	97,62*			
CV (%)	14,75	27,61	8,24	15,61

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas por letras iguais maiúsculas na linha, e minúsculas na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na comparação entre os tratamentos com e sem o sistema estabilizador de barras, observou-se resultados variáveis. Na condição de trabalho subindo o terraço o

uso do estabilizador aumentou a amplitude vertical, enquanto no caminho oposto (descendo o terraço) o resultado foi inverso, com menor amplitude vertical com o uso do sistema. Na superfície plana, apenas quando o pulverizador trafegou sobre o obstáculo houve menor amplitude para o tratamento com o estabilizador de barras.

Segundo Mahalinga e Wills (1978), o movimento vertical da barra em relação ao solo e o movimento horizontal em relação ao trator, são fatores que podem afetar a deposição da calda. Pontelli e Mucheroni (2009) afirmam que as oscilações verticais da barra causadas por irregularidades no terreno, alteram a distância entre cada bico e o alvo e distorcem a distribuição. Além disso, quando são excessivas, fazem com que as pontas da barra toquem o solo, causando eventuais danos.

4 CONCLUSÕES

A utilização do sistema estabilizador de barras de pulverizadores não é justificada para trabalho apenas em terrenos planos.

O apoio das rodas do estabilizador no solo influenciou de maneira negativa os movimentos horizontais da barra de pulverização em terrenos acidentados (subindo e descendo terraços), o que não ocorreu em terrenos planos (com ou sem obstáculo).

O uso do sistema estabilizador é justificável apenas em terrenos com a presença de terraços, onde o sistema de estabilização da barra não é suficiente para controlar as oscilações.

O método da videografia digital não é aplicável para análise de oscilação de barra em travessia diagonal de terraços.

5 REFERÊNCIAS

- ANDREWS, R.; BYASS, J. B. **Choice and use of nozzle for cereal spraying at conventional application rates.** Silsoe: National Institute of Agricultural Engineering, 1977. (NIAE Report, 25). Proceedings of the subject day on spraying on large cereal farms.
- BARCELLOS, L. C.; ALMEIDA, R. A.; LEÃO, P. G. F.; SILVA, J. G. Desenvolvimento e avaliação de um pulverizador de barras a tração humana. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 67-73, 2006.
- CLIJMANS, L.; RAMON, H.; SAS, P.; SWEVERS, J. Sprayer boom motion, part 2: validation of the model and effect of boom vibration on spray liquid deposition.

Journal of Agricultural Engineering Research, London, v. 76, n. 2, p. 121-128, 2000.

GANDOLFO, M. A. **Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas**. Botucatu. 2001. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2001.

KENNES, P.; RAMON, H.; BAERDEMAEKER, J. Modelling the dynamic behaviour of field sprayers. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 96A126, 1996, Madrid. **EurAgEng Paper**, 1996.

LIPÍŃSKI, A.; SOBOTKA, S.; LIPÍŃSKI, S. A survey of stabilisation systems of field spraying machine toolbars. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v.15, n. 8, p. 181-187, 2011. Disponível em: <http://ir.ptir.org/index.php?mood=article&article_id=3041>. Acesso em: 20 out. 2015.

MAHALINGA, R.; WILLS, B. M. D. Factors determining the design of tractor-mounted booms. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 23, n. 1, p. 37-41, 1978.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.; FARIAS, J. R. B. **Estádios fenológicos da soja**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2009. Disponível em: <<http://bioinfo.cnpso.embrapa.br/seca/index.php/ecofisiologia/estadios-fenologicos>>. Acesso em: 15 abr. 2013.

PONTELLI, C. O.; MUCHERONI, M. F. Validação do modelo de uma suspensão de barra utilizada em pulverizadores tracionados. **Revista Minerva - Pesquisa e Tecnologia**, São Carlos, v. 6, n. 2, p.189-196, 2009.

QUEIROZ, C. A. S. **Uso de videografia digital para avaliação da estabilidade da barra de pulverização em área de florestamento**. 2001. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

RAMON, H.; DE BAERDEMAEKER, J. Spray boom motions and spray distribution: part 1, derivation of a mathematical relation. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Pavia, v. 66, n. 1, p. 31-39, 1997.

SARTORI, S. Pulverizadores para aplicação terrestre tratorizada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS

AGRÍCOLAS, 1., 1985, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 1985. p. 47-79.

SIQUEIRA, J. L.; ANTUNIASSI, U. R. Inspeção periódica de pulverizadores nas principais regiões de produção de soja no Brasil. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 4, p. 92-100, 2011.

SPEELMAN, L.; JANSEN, J. W. The effect of spray-boom movement on the liquid distribution of field crop sprayers. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 19, p. 117-129, 1974.

SZEWCZYK, A.; OWSIAK, Z.; LEJMAN, K.; ROJEK, G. The impact of selected spraying machine work parameters and operating conditions on field toolbar position in horizontal plane. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 2, n. 120, p. 217-224, 2010. Disponível em: <http://ir.ptir.org/index.php?mood=article&article_id=2718>. Acesso em: 20 out. 2015.

WOMAC, A. R.; ETHERIDGE, R.; SEIBERT, A.; HOGAN, D.; RAY, S. Sprayer speed and venturi-nozzle effects on broadcast application uniformity. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v. 44, n. 6, p. 1437-1444, 2001.