

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**USO DE VIDEOGRAFIA DIGITAL PARA AVALIAÇÃO
DA ESTABILIDADE DA BARRA DE PULVERIZAÇÃO EM ÁREA
DE FLORESTAMENTO**

CAROLINA APARECIDA DE SOUZA QUEIROZ

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP - Campus
de Botucatu, para obtenção do título
de Mestre em Agronomia - Área de
Concentração em Energia na Agricultura.

BOTUCATU - SP

Junho - 2001

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS CAMPUS DE BOTUCATU

**USO DE VIDEOGRAFIA DIGITAL PARA AVALIAÇÃO DA
ESTABILIDADE DA BARRA DE PULVERIZAÇÃO EM ÁREA DE
FLORESTAMENTO**

::i)

FCA



CAROLINA APARECIDA DE SOUZA QUEIROZ

Orientado r: **Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi Co-
orientador: Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrônomicas da UNESP Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia - Área de
Concentração em Energia na Agricultura



**BOTUCATU - SP
Junho - 2001**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO
SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - FCA UNESP
- LAGRADO - BOTUCATU (SP)

- Q3u Queiroz, Carolina Aparecida de Souza, 1976
 Uso de videografia digital para avaliação da estabilidade da barra de pulverização em área de florestamento / Carolina Aparecida de Souza Queiroz. -- Botucatu, [s.n.], 2001
 vii, 48 f. : *il.*
- Dissertação (mestrado) -- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas
 Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi Co-orientador: Edivaldo Domingues Velini
 Inclui bibliografia
1. Equipamento de pulverização 2. Pesticidas - Aplicação 3. Florestamento 4. Videografia I. Antuniassi, Ulisses Rocha II. Velini, Edivaldo Domingues III. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Campus de Botucatu. Faculdade de Ciências Agrônomicas IV. Título

Palavras-chave: Equipamento de pulverização; Aplicação; Florestamento; Videografia

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

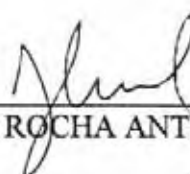
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "USO DE VIDEOGRAFIA DIGITAL PARA AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE
DA BARRA DE PULVERIZAÇÃO EM ÁREA DE FLORESTAMENTO".

ALUNA: CAROLINA APARECIDA DE SOUZA QUEIROZ

ORIENTADOR: PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

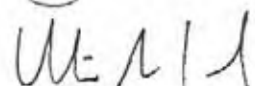
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI



PROF. DR. CARLOS GILBERTO RAETANO



PROF. DR. OTAVIO JORGE GRIGOLI ABI SAAB

Data da Realização: 28 de junho de 2001.

À minha mãe, Brasilina Alves de Souza Queiroz

Ao meu pai, José Roberto de Souza Queiroz

À minha irmã, Camila Alves de Souza Queiroz

DEDICO.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi, pela orientação, paciência e atenção;

Aos colegas de Wellington P. A. de Carvalho, Moisés Silva Nery e especialmente a Zulema Netto Figueiredo, pelo companheirismo e ajuda na aquisição dos dados do trabalho;

À coordenação do curso de Pós – Graduação “ Energia na Agricultura” e à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida;

Aos funcionários da Biblioteca, do Centro de Informática na Agricultura e do Departamento de Engenharia Rural, principalmente à Maria do Carmo Fernandes D’ Auria, pela colaboração nas atividades do curso;

À Eucatex S.A., pela concessão da área para realização do experimento, e aos funcionários da empresa, Emerson Pinto de Oliveira, Mário Caetano Mitidieri Junior, Emerson Donizetti Ferreira dos Santos e Benedito Eduardo da Silva, pela ajuda na realização do trabalho;

À Maquinas Agrícolas Jacto S.A., pelo empréstimo de equipamentos utilizados na realização do trabalho;

À Edison Ulisses Ramos Junior, pelo apoio, paciência e companheirismo;

E a todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	III
LISTA DE TABELAS.....	VII
APÊNDICES.....	VIII
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY.....	3
3 INTRODUÇÃO.....	4
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	6
4.1 Controle de plantas daninhas em florestamentos.....	6
4.1.1 Herbicidas utilizados em florestamentos.....	9
4.1.2 Interferência das plantas daninhas em culturas florestais.....	11
4.1.3 Tecnologia de aplicação em florestamentos.....	12
4.1.4 Cobertura morta na aplicação de herbicidas em florestamentos.....	14
4.2 Oscilações de barras aplicadoras.....	15
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5.1 Delineamento experimental.....	24
5.2 Avaliação da oscilação das barras de pulverização.....	24
5.3 Processamento de imagens para obtenção dos dados.....	25
5.3.1 Determinação dos movimentos horizontais.....	26
5.3.2 Determinação dos movimentos verticais.....	28

5.4 Avaliação do movimento das barras.....	29
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
6.1 Avaliação dos movimentos horizontais.....	30
6.2 Avaliação dos movimentos verticais.....	36
7 CONCLUSÕES.....	41
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

Comentário:

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
01. Vista geral das condições superficiais da área utilizada, representando a situação de cultivo mínimo.....	22
02. Pulverizador Falcon AM 14 com sistema de suspensão trapezoidal.....	23
03. Pulverizador Condor sem sistema estabilizador de barras.....	23
04. Imagem capturada do vídeo digital (vista lateral) do conjunto trator-pulverizador em deslocamento no campo, indicando o ponto de referência na ponta da barra.....	25
05. Exemplo do comportamento da barra com sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,25 m/s, considerando os movimentos horizontais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para a frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.....	33
06. Exemplo do comportamento da barra sem sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,25 m/s, considerando os movimentos horizontais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para a frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.....	33

07. Exemplo do comportamento da barra com sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,5 m/s, considerando os movimentos horizontais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para a frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.....34
08. Exemplo do comportamento da barra sem sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,5 m/s, considerando os movimentos horizontais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para a frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.....34
09. Exemplo do comportamento da barra com sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 2,0 m/s, considerando os movimentos horizontais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para a frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.....35
10. Exemplo do comportamento da barra sem sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 2,0 m/s, considerando os movimentos horizontais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para a frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.....35
11. Exemplo do comportamento da barra com sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,25 m/s, considerando os movimentos verticais ao longo do tempo. Valores

positivos indicam oscilação da barra para cima do ponto de inserção da barra no pulverizador, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para baixo.....38

12. Exemplo do comportamento da barra sem sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,25 m/s, considerando os movimentos verticais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para cima do ponto de inserção da barra no pulverizador, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para baixo.....38

13. Exemplo do comportamento da barra com sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,5 m/s, considerando os movimentos verticais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para cima do ponto de inserção da barra no pulverizador, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para baixo.....39

14. Exemplo do comportamento da barra sem sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,5 m/s, considerando os movimentos verticais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para cima do ponto de inserção da barra no pulverizador, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para baixo.....39

15. Exemplo do comportamento da barra com sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 2,0 m/s, considerando os movimentos verticais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para cima do ponto de inserção da barra no pulverizador, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para baixo.....40

16. Exemplo do comportamento da barra sem sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 2,0 m/s, considerando os movimentos verticais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para cima do ponto de inserção da barra no pulverizador, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para baixo.....40

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Página
01. Médias de oscilações horizontais e valores de F para análise da interação barra x velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador, Botucatu, SP, 2001.....	30
02. Decomposição das interações entre os tipos de barra (com e sem estabilizador – CE e SE) e as velocidades deslocamento (1,25; 1,50 e 2,0 m/s) para os movimentos horizontais.....	31
03. Médias de oscilações verticais e valores de F para análise da interação barra x velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador, Botucatu, SP, 2001.....	36
04. Decomposição das interações entre os tipos de barra (com e sem estabilizador – CE e SE) e as velocidades deslocamento (1,25; 1,50 e 2,0 m/s) para os movimentos verticais.....	37

1 RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a estabilidade barras pulverizadoras, com e sem sistema estabilizador, operando em condições de cultivo mínimo florestal.

Os tratamentos foram organizados de maneira fatorial e delineados em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo duas parcelas: pulverizadores com e sem sistema estabilizador de barras - CE e SE, respectivamente; e três subparcelas: velocidades de deslocamento de 1,25 m/s (terceira marcha reduzida), 1,50 m/s (quarta marcha reduzida) e 2,00 m/s (primeira marcha simples).

A movimentação das barras foi avaliada através de videografia digital, sendo as imagens analisadas em softwares específicos para o cálculo dos valores dos movimentos horizontais e verticais das barras.

Os resultados mostraram que, nas condições de realização deste trabalho, a utilização de barra com estabilizador proporcionou melhor resultado com relação a amplitude do movimento vertical, diminuindo a oscilação da mesma. Houve interação entre o

tipo de barra (com e sem estabilizador) e a velocidade de deslocamento do trator para a análise dos movimentos horizontais da barra, observando-se diferenças entre as velocidades apenas na barra sem estabilizador. Na comparação entre os tipos de barras houve diferença estatisticamente significativa para movimentos horizontais apenas na menor velocidade de deslocamento, sendo maior a amplitude obtida com a barra sem estabilizador. No caso dos movimentos verticais esta diferença não foi observada. Com relação a metodologia desenvolvida, considera-se que a mesma se mostrou adequada aos objetivos do trabalho.

USE OF DIGITAL VIDEO FOR SPRAY BOOM STABILITY ANALYSIS. Botucatu, 2001. 38p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CAROLINA APARECIDA DE SOUZA QUEIROZ

Adviser: ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

Co - adviser: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

SUMMARY

This study has as aim to value two kinds of boom sprayer operating at forestry minimum tillage conditions.

It was used spray booms with and without stabiliser system evaluated in three forward speeds. The vertical and horizontal movements were analysed by digital video recording.

The treatments were outlined at subdivided parcels with four repetitions, two parcels: sprayer boom with and without stabiliser system, and three subparcels: three forward speeds 1.25, 1.50 and 2.00 m/s, resulting in 24 parcels.

The results showed that the boom with stabiliser system gave better performance related to vertical movements. There was interaction between the use of the stabiliser system and forward speed on the horizontal movements showing differences among the speeds only on the boom without stabiliser. The methodology can be considered adequate to the aim of this work.

Keywords: sprayer, boom movements, image analysis, forestry.

3 INTRODUÇÃO

O setor florestal possui grande representatividade no Brasil, exibindo aproximadamente 5.000.000 de hectares distribuídos entre eucalipto e pinus. Em meio a esse número, aproximadamente, 70% dessa área é cultivada sob o sistema de cultivo mínimo (SBS, 1999).

A prática do cultivo mínimo como técnica de manejo de solo florestal teve início a partir da necessidade de reduzir o custo da implantação através da adequação das práticas de conservação do solo. As premissas utilizadas partem do princípio que o próprio resíduo florestal (serapilheira e restos da cultura) seria um excelente anteparo às gotas da chuva e atenuante da velocidade da água, que são os principais agentes do processo erosivo. Contudo, a adoção desse tipo de sistema implica em um maior investimento no controle de plantas daninhas, uma vez que o revolvimento do solo para o controle de tais espécies torna-se muito reduzido no cultivo mínimo, aumentando a necessidade da aplicação de herbicidas.

Durante a implantação de um florestamento, a aplicação de herbicidas é a operação que despende os maiores gastos, devido a falta de tecnologias que propiciem um controle efetivo das plantas daninhas.

Dentre as dificuldades na aplicação de herbicidas em área florestal, destaca-se a irregularidade do terreno proporcionada pelos restos culturais. Diferente das culturas agrícolas, o material remanescente de uma colheita florestal é composto por galhos, restos de troncos e tocos, além da serapilheira, caracterizando uma superfície extremamente desuniforme, dificultando a aplicação de herbicidas em área total em função da excessiva movimentação das barras aplicadoras.

A oscilação de barras de aplicação de defensivos acarreta problemas de desperdício e uniformidade de deposição. Uma opção para a diminuição de tais movimentações é a utilização de sistemas estabilizadores de barras, os quais tem como objetivo diminuir os movimentos de barra, auxiliando na obtenção de melhor uniformidade de deposição dos defensivos.

Visando trazer benefícios à tecnologia de aplicação de herbicidas em florestamentos, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a oscilação de barras pulverizadoras com e sem a utilização de sistemas de estabilização, utilizando-se a videografia digital.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Controle de plantas daninhas em florestamentos

Dentre as espécies de florestamentos do Brasil, merecem destaque as pertencentes aos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, responsáveis por 52 e 30%, respectivamente, de aproximadamente 5 milhões de hectares florestados. No entanto, para atender à essa demanda, é necessário que essas áreas apresentem, em pouco tempo, alta produção de madeira. Tal objetivo somente é possível com a prática de tratos culturais que viabilizem o controle dos fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento das árvores. Dentre estes fatores, destacam-se aqueles decorrentes da presença das plantas daninhas, as quais caracterizam-se como fatores negativos ao crescimento e produtividade das árvores e à operacionalização do sistema produtivo (Marchi et al, 1995).

Darvishvand e Brown (1997) enfatizam a falta de informações sobre o controle de plantas infestantes na área silvicultural, ressaltando que hoje em dia as técnicas

utilizadas na aplicação de herbicidas em tal área são as mesmas aplicadas às áreas agrícolas, o que gera muita perda na qualidade do controle das plantas infestantes.

Brasil et al. (1976) previram que com a concentração dos plantios a atividade de florestamento seria bastante racionalizada, com resultados positivos no incremento do ritmo de implantação e na diminuição dos custos operacionais. Neste contexto, a necessidade de investimentos em tratos culturais e as dificuldades de toda ordem, que a mão-de-obra impõe, fazem com que os herbicidas sejam a solução mais viável e indicada para o controle de plantas daninhas. Lund-Hoie (1985), também concorda com tal citação sugerindo que o controle químico de plantas infestantes além de requerer menos mão-de-obra torna-se mais eficiente e econômico que o controle mecânico.

Segundo Velini e Antuniassi (1994), em áreas de florestamento, merecem destaque as diferenças entre as espécies de *Pinus* e *Eucalyptus*. Em função do rápido crescimento inicial, a cultura do eucalipto permite a utilização de programas de controle menos extensos. Normalmente, a adoção de práticas de controle de plantas daninhas limita-se ao primeiro ano em áreas de eucalipto e aos 3 primeiros anos em áreas cultivadas com pinus.

Brandi et al. (1974) estudaram o controle mecânico de plantas daninhas em florestamento de eucalipto. Nesse estudo as espécies utilizadas foram: *Eucalyptus alba*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus botryoides*, e os métodos de limpeza foram os seguintes: coroamento, roçado, capina, roçado mais coroamento e capina mais roçado. As limpezas foram aplicadas 5 vezes durante o período experimental (2, 5, 12, 15 e 18 meses após o plantio), que teve duração de 27 meses. Os resultados obtidos mostram que embora os métodos de limpeza não tenham sido críticos para as condições de sobrevivência das plantas, seus efeitos o foram no seu estabelecimento. Não houve interação espécie x métodos de

limpeza. A capina proporcionou maior crescimento das plantas, não diferindo, contudo, do crescimento obtido com capina mais roçada. Coroamento foi o método de limpeza que trouxe menos benefício em termos de crescimento de plantas.

Pitelli & Karan (1988) chamam a atenção à adoção do controle mecânico de plantas infestantes enfatizando que essa prática pode muitas vezes provocar danos físicos à cultura proporcionados por enxadas e implementos agrícolas facilitando a instalação de agentes fitopatogênicos.

Segundo Durigan (1988), em um estudo em citrus, a utilização de métodos mecânicos apresenta um rendimento, por trabalhador, bastante inferior aos demais tipos de manejo. Comparativamente ao controle químico, o controle mecânico apresenta um rendimento sete vezes inferior quando se utiliza o pulverizador costal e vinte e cinco vezes menor quando se compara com a aplicação tratorizada de herbicidas. Essas ponderações podem justificar o fato das empresas de florestamento preferirem o método químico.

Em um experimento conduzido por Toledo et al. (1995) em área florestada com *Eucalyptus grandis*, objetivando a comparação dos custos de quatro manejos de braquiária (*Brachiaria decumbens*) na entrelinha de plantio adotaram-se os seguintes tratamentos: roçadeira, grade, glyphosate - 4 L/ha e capina manual. Os manejos foram sempre realizados quando as plantas de braquiária atingiam o estágio de pré-florescimento. Os resultados permitiram aos autores constatar que a capina manual foi o método que melhor controlou a braquiária durante todo período de condução do trabalho, mas o seu custo de operação foi aproximadamente 2,6 vezes maior que o dos demais manejos. A aplicação do herbicida glyphosate na dose de 4 L/ha proporcionou excelente controle da braquiária, chegando, em algumas ocasiões, a se igualar, em eficiência à capina manual, e ser o mais

barato dentre os manejos testados. A utilização da grade e da roçadeira não mostrou-se como um bom método de controle desta planta daninha e apresentaram um custo intermediário aos dos dois outros tipos de manejo.

4.1.1 Herbicidas utilizados em florestamentos

A atividade florestal, devido a sua grande ocupação territorial, defronta-se com problemas de mão-de-obra competente que atenda a demanda de produção de madeira. Logo, a necessidade de rapidez nas operações de tratos culturais, viabiliza a utilização de herbicidas garantindo a rentabilidade econômica da atividade. Segundo Rodrigues (1999), os herbicidas mais utilizados em florestamentos são o oxyfluorfen e o glyphosate, aplicados em pré e pós emergência, respectivamente.

De acordo com Nakano (1995) o desenvolvimento dos equipamentos para limpeza da linha em cultivo mínimo em áreas de florestamentos, possibilita a utilização da prática de aplicação e reaplicação do oxyfluorfen, da mesma forma que no plantio convencional, proporcionando o controle das plantas daninhas até 200 dias após o plantio. Custos de limpeza da linha, aplicação e reaplicação de oxyfluorfen na implantação e reforma de florestas, tratando 40% da área, varia de US\$ 0,38 a US\$ 0,45 por dia de controle/ ha para um período livre de matocompetição de 180 a 200 dias. A utilização de oxyfluorfen no sistema de cultivo mínimo para o controle de plantas daninhas tem um custo inferior a outros métodos de controle, e mantém a floresta livre da matocompetição no período mais crítico.

Oyla (1995) cita que a utilização do glyphosate possibilita a o controle da matocompetição em áreas de cultivo mínimo de florestamentos, sem o revolvimento do solo, mantendo a cobertura morta.

Wilkins (1990), em estudo sobre a influência de práticas culturais para a implantação de florestamentos de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden, constatou que a aplicação de glyphosate na faixa de plantio (3 metros) a uma dose de 2 kg/ha p.c. um mês antes do plantio, e durante 10 meses após o plantio em faixas de 1,5 metros ao redor das plantas da cultura, resultou em uma maior densidade básica da madeira da espécie em questão, do que em áreas não tratadas com o herbicida.

Silva et al. (1994), estudando a tolerância de *Eucalyptus* spp. a diferentes herbicidas, conduziram quatro ensaios. No primeiro, foram avaliadas quatro doses de oxyfluorfen (0,00; 0,36; 0,72 e 1,08 kg i.a. por ha), combinadas com três doses de clethodim (0,00; 0,36; 0,72 e 1,08 kg i.a. por ha) aplicadas em *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, *E. citriodora* e *E. camaldulensis*. No segundo ensaio, foram avaliadas quatro doses de haloxyfop-metil (0,00; 0,18; 0,36 e 0,54 kg i.a. por ha), combinadas com três doses de oxyfluorfen (0,00; 0,48 e 0,96 kg por ha), em *E. grandis* e *E. citriodora*. No terceiro ensaio, foram avaliadas quatro doses de oxyfluorfen (0,00; 0,48; 0,96; e 1,44 kg i.a. por ha) combinadas com três doses de trifluralina 600 (0,00; 1,80; e 3,60 kg i.a. por ha), em *E. grandis* e *E. citriodora*. No quarto ensaio, foram aplicadas quatro doses de oxyfluorfen (0,00; 0,36; 0,72 e 1,80 kg i.a. por ha), combinadas com quatro doses de trifluralina 600 (0,00; 0,90; 1,80 e 2,70 kg i.a. por ha), em *E. grandis*. O clethodim, haloxyfop-metil e a trifluralina 600 não causaram nenhum sintoma de fitotoxicidade às plantas de eucalipto, porém o oxyfluorfen

causou clorose e necrose nas folhas das plantas de eucalipto, principalmente nas mais novas existentes no momento da aplicação.

4.1.2 Interferência das plantas daninhas em culturas florestais

De acordo com Pitelli (1988), o termo interferência refere-se ao conjunto de ações que recebe uma determinada cultura ou atividade do homem, em decorrência da presença das plantas daninhas num determinado ambiente. A competição é, sem dúvida a forma mais conhecida de interferência direta das plantas daninhas nas culturas agrícolas. Os recursos que mais frequentemente são passíveis de competição são os nutrientes minerais essenciais, a luz, a água e o espaço. O grau de interferência depende das manifestações de fatores ligados à comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição), à própria cultura (espécie, variedade ou cultivar, espaçamento e densidade de plantio) e a época e extensão do período de convivência.

As plantas daninhas também assumem grande importância quando atuam como hospedeiras alternativas de pragas, moléstias, plantas parasitas e nematóides. Nesse último caso, para exemplificar, apenas para o nematóide *Meloidogyne incognita*, só no Brasil já foram relatadas 81 espécies de plantas daninhas que atuam como hospedeiras alternativas. Dentre elas destacam-se espécies de grande ocorrência em áreas de florestamento, como *Hyptis suaveolens* (cheirosa), *Cassia occidentalis* (fedegoso), *Sida rhomboidea* (guanxuma), *Mormodica charantia* (melão-de-São Caetano), *Solanun sisymbriifolium* (joá-bravo) (Ferraz *et al.*, 1983).

Com o objetivo de estudar o efeito da interferência das plantas

daninhas durante diferentes períodos de convivência e controle das mesmas em florestamento de *Eucalyptus grandis*, Marchi et al. (1995) realizaram um experimento conduzido no sistema de cultivo mínimo, com o plantio da espécie *Eucalyptus grandis*. Os tratamentos experimentais foram divididos em dois grupos: no primeiro, a cultura do eucalipto conviveu com a comunidade infestante, desde o transplante, por períodos de 0, 28, 56, 84, 112, 140, 168, 224, 280 e 364 dias, a partir dos quais a cultura foi mantida no limpo; no segundo grupo, a cultura permaneceu livre da presença das plantas daninhas durante os mesmos períodos do primeiro grupo, também desde o transplante, porém ao final de cada período, as plantas daninhas que emergiram foram deixadas crescer livremente. A manutenção da cultura no limpo foi possível através de capinas manuais nas entre linhas e monda nas proximidades das plantas de eucalipto. Os efeitos dos períodos de convivência, mostraram que a interferência da comunidade infestante foi expressiva desde os primeiros estádios de crescimento da floresta. Analisando os efeitos dos períodos de controle, os autores observaram que os maiores ganhos de crescimento do eucalipto foram obtidos com o controle das plantas daninhas nos primeiros 100-120 dias.

Turvey (1984) sugere que para obter um bom controle de plantas infestantes é preciso conhecer a ecologia das mesmas, bem como da cultura envolvida, afim de determinar o grau de interferência entre ambas e consequente sucesso no tratamento a ser utilizado.

4.1.3 Tecnologia de aplicação em florestamentos

Com o objetivo de levantar os principais problemas sobre a aplicação de herbicidas em florestamentos, Campbell & Howard (1993) traçaram junto a proprietários e cientistas 10 prioridades de pesquisas sobre tecnologia de aplicação em meio florestal, são elas: 1) determinar cientificamente barreiras de proteção apropriadas ao uso de herbicidas; 2) desenvolver tecnologia que permita a mesma eficácia dos ingredientes ativos, com redução de dosagem; 3) desenvolver tecnologia que permita obter a mesma eficácia com redução de volume de calda; 4) determinar o tamanho ideal de gota, levando em consideração a eficácia do produto e a deriva; 5) melhorar a resistência do herbicida à lavagem por chuva; 6) determinar o efeito da estabilidade atmosférica e do vento sobre a deriva de herbicidas; 7) determinar a curva de resposta para o impacto ambiental, de acordo com a deposição do herbicida; 8) determinar os efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre a deposição e a deriva; 9) desenvolver pulverizadores capazes de emitir um espectro de gotas uniforme, de acordo com a velocidade de deslocamento do trator; 10) determinar os efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre a deriva.

Darvishvand e Brown (1997) estudaram o efeito da assistência de ar em barras pulverizadoras para aplicação de herbicida em uma área de grande ocorrência de *Rubus idaeus* L., um arbusto muito comum em Ontario, Canadá, em meio a reforma de um florestamento. Nesse estudo a assistência de ar foi testada em duas configurações: assistência direta e cortina de ar, ambas aumentaram a deposição do herbicida no alvo. Embora as duas configurações tenham provado sucesso, a configuração "cortina-de-ar" apresentou menor efetividade em situações de vento cruzado.

Além de barras pulverizadoras, a aplicação de herbicidas em áreas florestais pode ser realizada com bicos de jato descentrado, como por exemplo os da linha OC da Spraying System. Smith & Willcut citados por Furllaneti (1999) em estudo de campo com bicos de jato descentrado ("off-center"), visando quantificar a deposição proporcionada por este bico, afirmaram que este pode ser utilizado somente em áreas que tenham o alvo de um só lado, ou seja, tronco de uma árvore e outras áreas onde as barras convencionais são impraticáveis. Os mesmos autores concluíram também que os valores de coeficiente de variação para este tipo de bico variam de 30 a 50%.

4.1.4 Cobertura morta na aplicação de herbicidas em florestamentos

O cultivo mínimo em áreas florestais é um processo de implantação florestal que se baseia na realização de operações mínimas, de maneira a propiciar a adição de nutrientes ao solo sem o revolvimento do mesmo. Contudo o cultivo mínimo florestal difere do aplicado às culturas agrícolas devido aos restos da cultura florestal deixados no solo.

De acordo com Zen et al. (1995), em função do sistema de cultivo mínimo dos solos florestais, a biomassa que recobre o solo após a colheita é da ordem de 34 a 44 t/ha, composto pela serapilheira (20 a 30 t/ha), e pela copa e ponteiro das árvores com diâmetro menor que 5 cm (aproximadamente 14t/ha). Esse tipo de cobertura do solo resulta em um terreno irregular, dificultando a aplicação e provocando considerável desuniformidade de deposição, principalmente em função da inclinação lateral dos tratores e da oscilação das barras de pulverização. Em termos genéricos, Smith (1989) cita que o coeficiente de variação em pulverizações não agrícolas deveria limitar-se a 15%.

Donald (1979), descrevendo práticas culturais para implantação de florestamentos de pinus em regiões da África do Sul, notou que a formação de "mulch", proporcionada pela aplicação de Roundup favoreceu a redução da evapotranspiração, diminuindo a temperatura do solo e mantendo a umidade do mesmo, beneficiando o crescimento das árvores.

4.2 Oscilações de barras aplicadoras

A aplicação de herbicidas em florestamentos é uma operação efetuada de diversas maneiras, dependendo do grau de infestação. Geralmente o controle é efetuado somente na linha de plantio com a utilização de jato dirigido. Porém, é muito comum encontrar grandes áreas tomadas por plantas daninhas, tornando necessário o controle em área total. Para tal operação, a aplicação tratorizada de herbicidas é a opção mais indicada.

Um dos maiores problemas encontrados para a obtenção de uma pulverização uniforme efetuada com barras aplicadoras é a movimentação de tal equipamento durante a aplicação. Fatores como velocidade de deslocamento do trator, rugosidade do terreno, tamanho da barra e outros podem ocasionar oscilações da barra durante a aplicação, interferindo na qualidade de deposição.

De acordo com Mahalinga Iyer & Wills (1978) as oscilações verticais de barras pulverizadoras são decorrentes de desuniformidade do terreno, e as horizontais são relativas à movimentação do trator. Os autores obtiveram melhor distribuição de pulverização colocando a barra à uma altura maior que a indicada para aplicação e reduzindo o espaçamento entre bicos.

Ramon & De Baerdemaeker (1995) citam que movimentos verticais de barras aplicadoras são causados pela desuniformidade do terreno e são chamados de movimentos de corpo rígido. Tais movimentos geralmente ocorrem com barras de grandes comprimentos utilizadas sob altas velocidades de deslocamento do trator.

Além do comprimento da barra, rugosidade do terreno e velocidade de deslocamento do trator, a construção da barra também pode ocasionar oscilações indesejadas (Nation, 1982)

Segundo Clijmans & Ramon (1997) os movimentos verticais modificam a distância entre os bicos da barra aplicadora e o alvo, e os movimentos horizontais provocam situações de "ida e volta" dos bicos provocando superdosagens.

Queiroz et al. (2000) avaliaram em laboratório situações de aplicação de defensivos líquidos comparando a deposição proporcionada por diferentes bicos utilizados em florestamentos. Ao avaliar a deposição decorrente da barra aplicadora de 12 metros, foram utilizadas 3 diferentes condições de posicionamento da barra, correspondendo a barra sem e com inclinação lateral ($4,78^{\circ}$) para a esquerda. No caso da barra inclinada, o lado mais próximo do solo (lado esquerdo) proporcionou um coeficiente de variação na análise de deposição de 74,59%, diferindo muito dos recomendados em literatura para áreas não agrícolas, como florestamentos, que é de 15%. Nesta mesma barra inclinada, o lado direito, em posição mais alta, proporcionou melhor resultado, mostrando que o uso de alturas maiores pode compensar os efeitos negativos da inclinação lateral do trator.

Ramon & Langenakens (1996) citam que movimentações da barra aplicadora, induzidas por ondulações angulares e aceleração vertical do trator, são mais

facilmente neutralizadas pelo corpo da barra causando menores danos à distribuição do que acelerações transversais que proporcionam oscilações horizontais da barra.

Os autores ainda ressaltam que mesmo pequenas oscilações (menores que 30 cm) podem causar superdosagens na distribuição do líquido aplicado. Para comprovar esse fato, estes desenvolveram um cálculo partindo do princípio que as movimentações da barra são em sua maioria determinadas pela frequência de vibração da barra. Por exemplo, a amplitude máxima de uma vibração de barra com uma frequência de 0.8 Hz, com o trator deslocando-se a 2,0 m/s, não pode ultrapassar a 40 cm.

Speelman & Jansen (1974) avaliaram movimentações da barra aplicadora através de frequência e amplitude, chegando a conclusão que a intensidade de vibração de barras pulverizadoras são influenciadas pela construção da barra, pela rugosidade do terreno e pela velocidade de deslocamento do trator; a frequência de vibração afeta diretamente a distribuição do líquido aplicado, sendo que neste estudo mantendo-se o mesmo nível de amplitude, houve um aumento de 100% no coeficiente de variação para movimentos verticais e de 200% para movimentos horizontais para avaliações de deposição quando comparando-se a coeficientes de variação provenientes da barra sem movimentação; as piores distribuições foram provenientes de movimentações horizontais em todos os bicos testados; aumentando-se a velocidade de deslocamento do trator de 6 para 9 km/h houve um aumento nos coeficientes de variação de deposição. Nesse mesmo sentido, Miller & Smith (1997) caracterizaram maior oscilação de barra com o aumento da velocidade de deslocamento do trator.

Para Speelman & Jansen (1974), as vibrações afetam de maneira negativa a distribuição da calda, principalmente nas pontas da barra.

Segundo Jong et al. (2000) os movimentos verticais e horizontais da barra pulverizadora podem provocar subdosagens e/ou sobredosagens. Além disso, esses autores e, também, Langenakens et al. (1995) constataram que movimentos horizontais da barra aplicadora proporcionam efeitos mais negativos do que os verticais na distribuição da pulverização. Buscando soluções para este problema, Pochi & Vannucci (2000) obtiveram menores variações na distribuição de defensivos utilizando um protótipo de estabilizador para redução dos movimentos da barras, podendo assim aumentar a velocidade de aplicação.

Zschaller et al. (1986) citados por Robinson (1993), confirmam que o uso dos sistemas de suspensão reduz em até 70% as movimentações de barras aplicadoras, permitindo o uso de barras maiores, mantendo a altura da barra próxima a cultura, reduzindo taxas de deriva e proporcionando considerável melhora na deposição do líquido.

Nation (1977) desenvolveu quatro tipos de sistema estabilizador de barras pulverizadoras: barra de molas diagonais, barra com pêndulo auxiliar, "rocking pivot" e seções da barra controladas independentemente. A barra de molas diagonais é acoplada no trator de forma que sua estabilidade é conferida por duas molas posicionadas na horizontal em relação a barra. Essas molas absorvem parte dos impactos e movimentos bruscos causados pelo terreno ondulado. A barra com pêndulo auxiliar diminui principalmente os movimentos verticais da barra de pulverização, auxiliando no amortecimento dos impactos causados pelo solo e pelo trator. O sistema "rocking pivot" amortece os movimentos da barra pulverizadora através de um pêndulo posicionado na parte superior da barra. O controle independente das

seções da barra conferem uma maior estabilidade, pois trabalham isoladamente, amortecendo os impactos por seção, e o mais importante, não transmitem impactos de um lado para o outro.

Além desses quatro sistemas Nation (1987), mais tarde, desenvolveu um protótipo de sistema estabilizador destinado a reduzir movimentações de barras aplicadoras constituído de pivôs horizontais e verticais localizados no centro de gravidade da barra. O pivô horizontal proporciona uma diminuição nos movimentos verticais da barra aplicadora. O pivô vertical foi muito eficiente na diminuição de movimentos de guinada da barra e conseqüente variação na velocidade nas pontas da barra, que geralmente localizam-se a frente e atrás do restante da barra.

Sinfort et al. (1994) em estudo sobre diferentes alturas de barras de pulverização, avaliou um sistema de suspensão através da quantificação da distribuição do líquido aplicado no solo. Para isso foi utilizado um simulador de trilha capaz de reproduzir irregularidades do terreno. O efeito da posição da barra aplicadora foi estudado através da altura de aplicação e ângulo da barra em relação a posição vertical estática da barra. Os dados permitiram o desenvolvimento de um software que analisa a distribuição do líquido, permitindo o teste prévio de diferentes bicos e alturas de barras aplicadoras.

Os sistemas de suspensão podem ser classificados como ativo e passivo. Uma suspensão passiva consiste em um conjunto de molas, articulações, hastes e amortecedores, e não requer um fornecimento de energia. Uma suspensão ativa necessita de fornecimento de energia para a operação de atuadores, transdutores, os quais recebem, amplificam e emitem sinais (O'Sullivan, 1988; Frost 1984, 1988).

O' Sullivan (1988) desenvolveu um modelo matemático para avaliação de sistemas de suspensão de barras aplicadoras através de pêndulos. Nesse sistema

transdutores montados em um monitor instalado na ponta da barra, identificam a altura do solo. Essa informação é processada por um dispositivo que emite sinais aos atuadores, que determinam a retração ou extensão do sistema de suspensão, mantendo a barra a uma altura constante. A frequência de oscilação de barra obtida com o sistema de suspensão foi diminuída e bem representada pela equação desenvolvida, indicando que o modelo matemático é eficiente para reproduzir sistemas de suspensão através de pêndulos para diferentes barras de aplicação.

5 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em área de cultivo mínimo após colheita de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden, na Fazenda São José do Bromado, pertencente a Eucatex S.A., localizada no município de Itatinga/SP. A Figura 1 mostra as condições superficiais da área experimental.

Para testar a oscilação de barra com e sem sistema estabilizador foram utilizados 2 pulverizadores da marca Jacto (Figuras 2 e 3): um Falcon AM 14, e um Condor, sendo o primeiro com barra de 14 m e sistema de suspensão trapezoidal e o segundo com barra de 12 m sem sistema estabilizador. Para a realização dos ensaios os pulverizadores foram acoplados ao engate de três pontos de um trator Valmet 980.



Figura 1. Condições superficiais da área experimental, representando a situação de cultivo mínimo após a colheita de eucalipto.



Figura 2. Pulverizador Falcon AM 14 com sistema de suspensão trapezoidal.



Figura 3. Pulverizador Condor sem sistema estabilizador de barras.

5.1 Delineamento experimental

Os tratamentos foram organizados de maneira fatorial e delineados em esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo duas parcelas: pulverizadores com e sem sistema estabilizador de barras - CE e SE, respectivamente; e três subparcelas: velocidades de deslocamento de 1,25 m/s (terceira marcha reduzida), 1,50 m/s (quarta marcha reduzida) e 2,00 m/s (primeira marcha simples).

5.2 Avaliação da oscilação das barras de pulverização

A movimentação das barras foi avaliada através de análise de imagens obtidas com uma câmera digital Sony Mavica[®] modelo MVC - FD85, utilizando-se o modo de aquisição de vídeo para 15 segundos de filmagem, com resolução de 320 x 240 pixels e armazenamento em disquete 3,5 polegadas. O deslocamento do trator foi registrado lateralmente, usando-se como referência um círculo de papel cartão branco de 12 cm de diâmetro fixado na ponta da barra (Figura 4).



Figura 4. Imagem capturada do vídeo digital (vista lateral) do conjunto trator-pulverizador em deslocamento no campo, indicando o ponto de referência na ponta da barra.

5.3 Processamento de imagens para obtenção da variação dos movimentos da barra

Para a obtenção das posições horizontais e verticais da ponta da barra ao longo da parcela, imagens estáticas foram capturadas do vídeo digital através do programa MGI VideoWave SE[®], em intervalos de tempo de 0,120 s, sendo passadas para o Microsoft Photo Editor[®]. Neste software, as medidas das posições do ponto de referência na barra foram transformadas de pixels para metros através de uma correlação com a medida da distância entre eixos do trator, a qual foi visualizada em cada imagem capturada.

Levando-se em consideração 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 preciso elaborar uma seqüência de correlações entre pixels (unidade de medida das imagens no Microsoft Photo Editor[®]) e metros, de acordo com a seguinte seqüência:

5.3.1 Determinação dos movimentos horizontais

Os movimentos horizontais das barras durante o deslocamento na área experimental foram quantificados utilizando-se o seguinte processamento:

- a) Anotam-se em cada parcela as posições dos pontos de referência no programa Microsoft Photo Editor, em pixel, em intervalos de 0,120 segundos;
- b) Define-se a posição em que o ponto de referência deveria estar, supondo velocidade de deslocamento constante do trator e ausência de movimentos horizontais da barra. Para isso, adotou-se a seguinte equação:

$$X_n = (320 / t_{p \text{ total}}) * t_n$$

onde:

X_n = posição (em pixels) em que o ponto de referência deveria estar no instante de observação;
 320 = número total de pixels, oferecido pela resolução horizontal da imagem no Microsoft Photo Editor[®];

$t_{p \text{ total}}$ = tempo total de percurso do ponto de referência na imagem, durante a filmagem;

t_n = instante de observação

c) Calcula-se o erro de posicionamento horizontal, através da seguinte equação:

$$Y_n = h_n - X_n$$

onde:

Y_n = valor do erro de posicionamento (pixels);

h_n = valor anotado do ponto de referência (pixels);

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

d) Converte-se o valor do erro de posicionamento do ponto de referência de pixel para metros, usando-se a seguinte equação:

$$X_{Hn} = [(Y_n * 2,34 / d_{\text{parcela}}) / f_{\text{parcela}}]$$

onde:

X_{Hn} = erro de posicionamento em metros;

Y_n = erro de posicionamento em pixels;

2,34 = valor em metros da distância entre eixos das rodas do trator;

d_{parcela} = valor da distância entre eixos das rodas do trator (pixels), de cada parcela

f_{parcela} = fator para correção da distorção provocada pela profundidade da imagem na filmagem, obtido dividindo-se o tempo de percurso da roda do trator (onde a distância entre-eixos é a medida conhecida) pelo tempo de percurso do ponto de referência na extremidade da barra (onde se interessa saber o deslocamento);

5.3.2 Determinação dos movimentos verticais:

- a) Anota-se, em cada parcela, a posição vertical (em pixels) de um ponto de referência arbitrário na imagem do pulverizador (o ponto na imagem em que se visualiza a ligação da barra com o pulverizador, por exemplo);
- b) Anota-se, em cada parcela, a posição vertical real (em pixels) do ponto de referência da extremidade da barra, coletando tal informação no programa Microsoft Photo Editor, em intervalos de 0,120 segundos;
- c) Calcula-se, para cada intervalo de 0,120 segundos, o valor da diferença entre a posição real da extremidade da barra e do ponto de referência arbitrário, segundo a seguinte equação:

$$Z_n = p_{\text{parcela}} - v_n$$

onde:

Z_n = diferença entre a posição real da extremidade da barra e do ponto de referência arbitrário (pixels);

p_{parcela} = valor do ponto de referência arbitrário (pixels);

v_n = valor da posição vertical real (em pixels) do ponto de referência da extremidade da barra.

- d) Transforma-se o valor Z_n de pixels para metros, considerando-se o efeito de distorção provocado pela profundidade da imagem obtida lateralmente, aplicando-se a equação:

$$X_{Vn} = [(Z_n * 2,34 / d_{\text{parcela}}) / f_{\text{parcela}}]$$

onde:

X_{Vn} = diferença entre a posição real da extremidade da barra e do ponto de referência arbitrado (metros);

Z_n = diferença entre a posição real da extremidade da barra e do ponto de referência arbitrado (pixels);

2,34 = valor em metros da distância entre eixos das rodas do trator;

d_{parcela} = valor da distância entre eixos das rodas do trator (pixels), de cada parcela

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

5.4 Avaliação dos movimentos das barras

A movimentação da barra durante o deslocamento foi avaliada através do cálculo dos seguintes parâmetros:

- a) amplitude vertical do movimento, correspondente à diferença entre a maior e a menor altura da barra ao longo da parcela, com relação ao ponto de referência no pulverizador;
- b) amplitude horizontal do movimento, correspondente à diferença entre o maior erro para frente e para trás com relação à posição esperada da barra, dada a velocidade de deslocamento do trator;
- c) desvio padrão dos valores das posições verticais;
- d) desvio padrão dos valores das posições horizontais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Avaliação dos movimentos horizontais

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise de variância dos movimentos horizontais. Observa-se que houve interação entre o tipo de barra e a velocidade de deslocamento para as análises de amplitude horizontal e desvio padrão horizontal.

Tabela 1 - Médias de oscilações horizontais e valores de F para análise da interação barra x velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador, Botucatu, SP, 2001.

Velocidade de deslocamento do conjunto duto-purificador, Botucatu, SP, 2001.				
Tratamentos	Amplitude (m)		Desvio padrão	
CE - 1,25	1,16		0,2980	
CE - 1,50	1,16		0,2758	
CE - 2,00	1,00		0,2908	
SE - 1,25	1,78		0,4379	
SE - 1,50	0,89		0,2173	
SE - 2,00	1,11		0,2706	
Médias				
Barra				
CE	1,11		0,2882	
SE	1,26		0,3086	
Velocidade				
1,25	1,47		0,3679	
1,50	1,03		0,2465	
2,00	1,06		0,2807	
Valores de F		Pr>F		Pr>F
Barra	3,98	0,0692	0,64	0,4386
Velocidade	14,53	0,0006	8,05	0,0061
Barra x Velocidade	11,76	0,0015	5,68	0,0183
Barra x Repetição	0,92	0,5109	1,25	0,3489
CV (%)	15,60		20,91	

Pr>F = probabilidade de significância do teste F.

Analisando-se a interação entre os tipos de barra e as velocidades de deslocamento na amplitude dos movimentos horizontais (Tabela 2), observa-se que não houve diferença entre as velocidades para a barra com estabilizador. Na comparação entre barras, houve diferença apenas na menor velocidade (1,25 m/s). Os resultados do desvio padrão das posições horizontais, considerando a interação entre barras e velocidades, também indicam que somente há diferenças entre velocidades na barra sem estabilizador.

Os resultados destas análises mostram, em linhas gerais, que o uso do estabilizador diminuiu a influencia da velocidade na oscilação das barras. Ainda, observa-se que na barra sem estabilizador a oscilação horizontal foi maior na velocidade mais baixa, com diferença estatística significativa, sendo que o mesmo não ocorreu com a barra equipada com estabilizador.

Tabela 2 - Decomposição das interações entre os tipos de barra (com e sem estabilizador - CE e SE) e as velocidades de deslocamento (1,25, 1,50 e 2,0 m/s) para os movimentos horizontais.

Amplitude horizontal (m)	CE	SE
1,25	1,16 aB	1,78 AA
1,50	1,16 aA	0,89 BA
2,00	1,00 aA	1,11 BA
Desvio padrão horizontal	CE	SE
1,25	0,2980 aA	0,4379 AA
1,50	0,2758 aA	0,2173 BA
2,00	0,2908 aA	0,2706 BA

As médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Jong et al. (2000), os movimentos horizontais causam maiores desuniformidades de aplicação. Neste sentido, o uso da barra com estabilizador somente proporcionou melhores resultados em velocidade de 1,25 m/s. Em velocidades

maiores não houve diferença significativa entre as barras para tais movimentos. Isto mostra que, nas condições testadas, não há justificativa para a utilização de barras com sistema de estabilização. Ainda, estes resultados confirmam as dificuldades no manejo dos movimentos horizontais das barras, conforme descrito por Ramon & Langenakens (1996). As Figuras 5 a 10 mostram exemplos gráficos da análise da movimentação horizontal das barras no campo.

Um fato importante a ser ressaltado é que diversos autores afirmam haver aumento dos movimentos na medida em que ocorrem aumentos na velocidade de deslocamento do trator. Neste sentido, Speelman & Jansen (1974) e Miller & Smith (1997) podem ser citados como exemplo. No caso do presente trabalho, a maior oscilação horizontal ocorreu justamente na menor velocidade, mostrando que, nas condições de operação em áreas florestais o comportamento das barras pode ser significativamente diferente do que em áreas agrícolas.

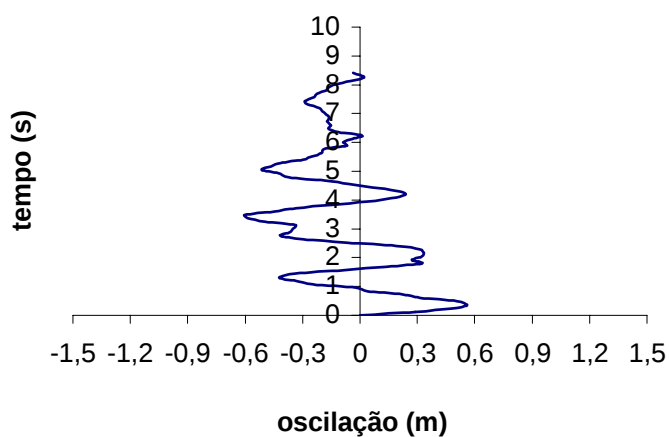


Figura 5. Exemplo do comportamento da barra com sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,25 m/s, considerando os movimentos horizontais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para a frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.

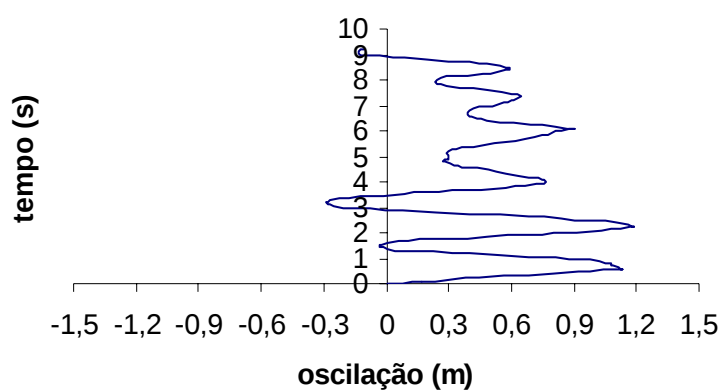


Figura 6. Exemplo do comportamento da barra sem sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,25 m/s, considerando os movimentos horizontais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para a frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.

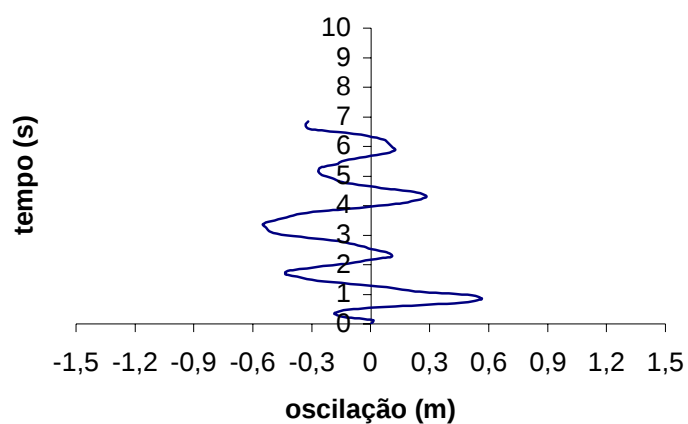


Figura 7. Exemplo do comportamento da barra com sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,5 m/s, considerando os movimentos horizontais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para a frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.

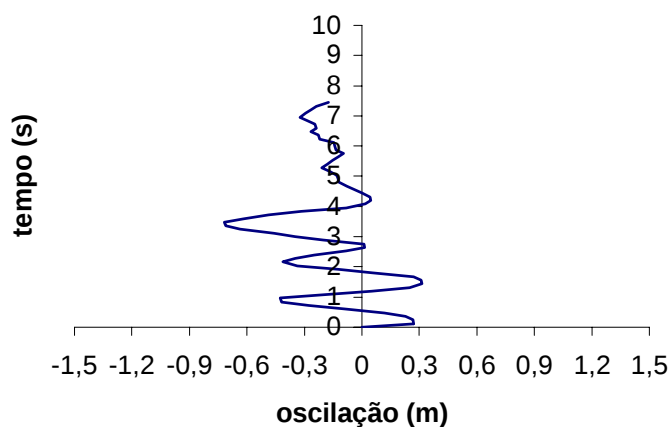


Figura 8. Exemplo do comportamento da barra sem sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,5 m/s, considerando os movimentos horizontais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para a frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.

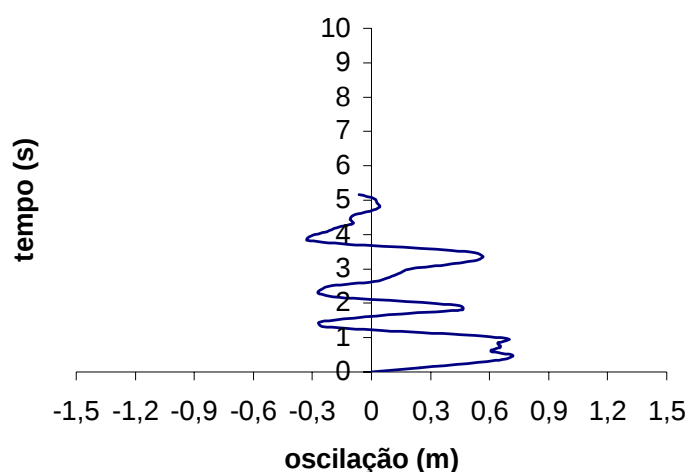


Figura 9. Exemplo do comportamento da barra com sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 2,0 m/s, considerando os movimentos horizontais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para a frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.

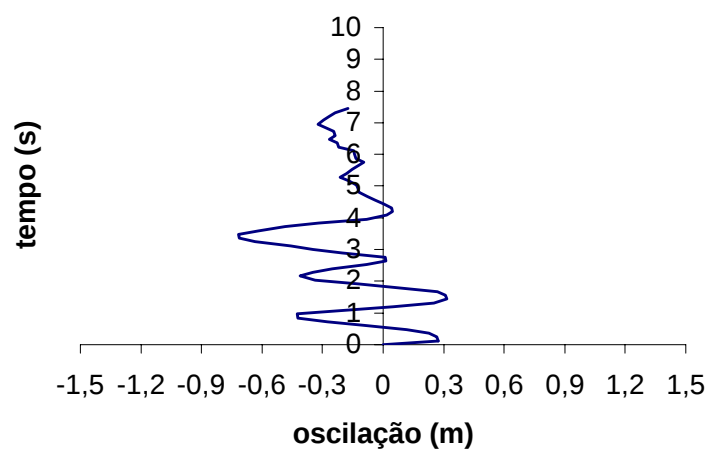


Figura 10. Exemplo do comportamento da barra sem sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 2,0 m/s, considerando os movimentos horizontais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para a frente, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para trás.

6.2 Avaliação dos movimentos verticais

Observando-se a Tabela 3, nota-se que para a amplitude de movimentos verticais não houve interação entre o tipo de barra e as velocidades de deslocamento. Desta forma, analisando-se os fatores de forma isolada, verifica-se que não houve diferença significativa entre as velocidades em teste. Entretanto, a barra com estabilizador proporcionou menor oscilação, com diferença estatística significativa com relação à barra sem estabilizador, concordando assim com os resultados obtidos por Pochi & Vannucci (2000). As Figuras 11 a 16 mostram exemplos gráficos da análise da movimentação vertical das barras no campo.

Tabela 3 -Médias de oscilações verticais e valores de F para análise da interação barra x velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador, Botucatu, SP, 2001.

Tratamentos	Amplitude (m)	Desvio padrão
CE - 1,25	1,17	0,2956
CE - 1,50	1,06	0,2411
CE - 2,00	1,09	0,2805
SE - 1,25	1,27	0,2470
SE - 1,50	1,92	0,4555
SE - 2,00	1,59	0,3350
Médias		
Barra		
CE	1,10 b	0,2724
SE	1,60 a	0,3458
Velocidade		
1,25	1,22 a	0,2713
1,50	1,49 a	0,3483
2,00	1,34 a	0,3077
Valores de F	Pr>F	Pr>F
Barra	19,16 0,0009	9,13 0,0106
Velocidade	1,94 0,1864	3,35 0,0699
Barra x Velocidade	3,82 0,0520	9,91 0,0029
Barra x Repetição	1,24 0,3527	1,73 0,1982
CV (%)	20,51	19,27

Pr>F = probabilidade de significância do teste F; as médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No caso dos movimentos verticais, assim como observado para os horizontais, também não foram encontrados os mesmos efeitos de aumento de oscilação com o aumento de velocidade, conforme descrito por Speelman & Jansen (1974) e Miller & Smith (1997). Entretanto, diferentemente do que ocorreu para os movimentos horizontais, no caso dos verticais não houve maior oscilação na menor velocidade. Ao contrário, pode-se notar, inclusive, uma tendência de maior oscilação na velocidade intermediária, principalmente para a barra sem estabilizador.

Os resultados do desvio padrão das posições verticais (Tabela 4), considerando a interação entre barras e velocidades, também mostram que somente há diferenças entre velocidades na barra sem estabilizador. Na comparação entre barras, o desvio padrão dos movimentos verticais foi maior para a barra sem estabilizador apenas na velocidade de 1,5 m/s. Este fato mostra que, no caso da barra sem estabilizador, a velocidade de 1,5 m/s pode estar próxima de uma velocidade crítica de trabalho, no que se refere às oscilações verticais, nas condições de cultivo mínimo em área de florestamento de eucalipto.

Tabela 4 – Decomposição das interações entre os tipos de barra (com e sem estabilizador - CE e SE) e as velocidades de deslocamento (1,25, 1,50 e 2,0 m/s) para o desvio padrão dos movimentos verticais.

Desvio padrão vertical	CE	SE
1,25	0,2956 aA	0,2470 bA
1,50	0,2411 aB	0,4555 aA
2,00	0,2805 aA	0,3350 abA

As médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

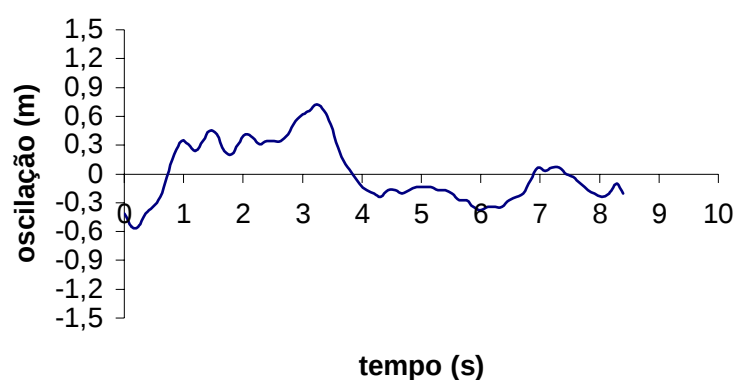


Figura 11. Exemplo do comportamento da barra com sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,25 m/s, considerando os movimentos verticais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para cima do ponto de inserção da barra no pulverizador, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para baixo.

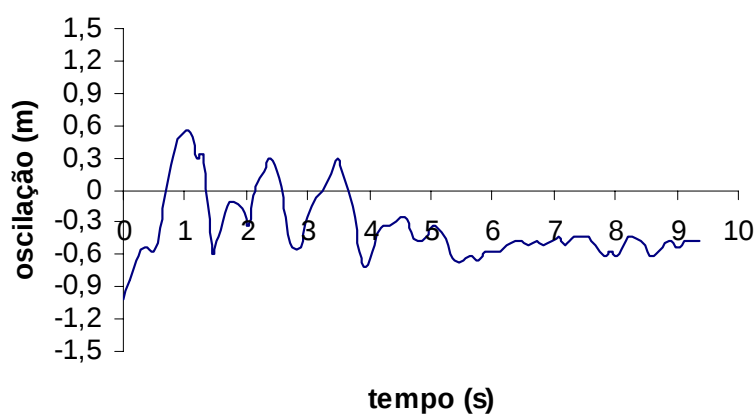


Figura 12. Exemplo do comportamento da barra sem sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,25 m/s, considerando os movimentos verticais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para cima do ponto de inserção da barra no pulverizador, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para baixo.

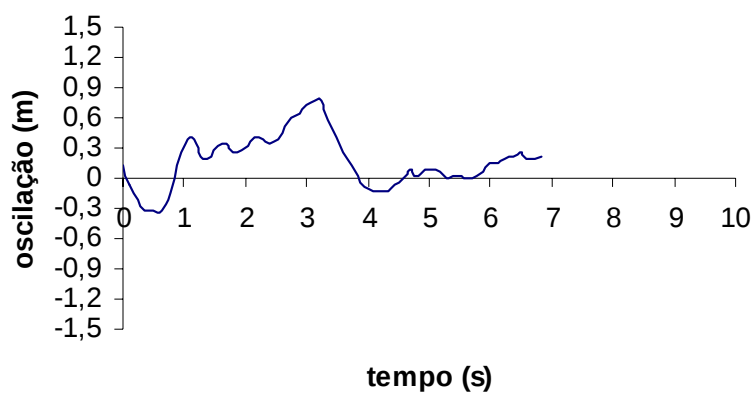


Figura 13. Exemplo do comportamento da barra com sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,5 m/s, considerando os movimentos verticais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para cima do ponto de inserção da barra no pulverizador, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para baixo.

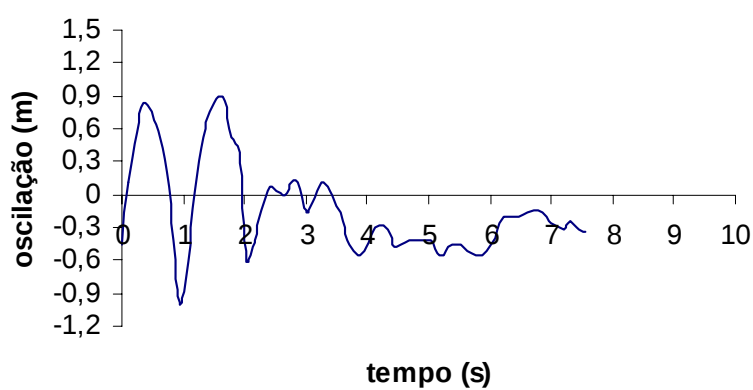


Figura 14. Exemplo do comportamento da barra sem sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 1,5 m/s, considerando os movimentos verticais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para cima do ponto de inserção da barra no pulverizador, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para baixo.

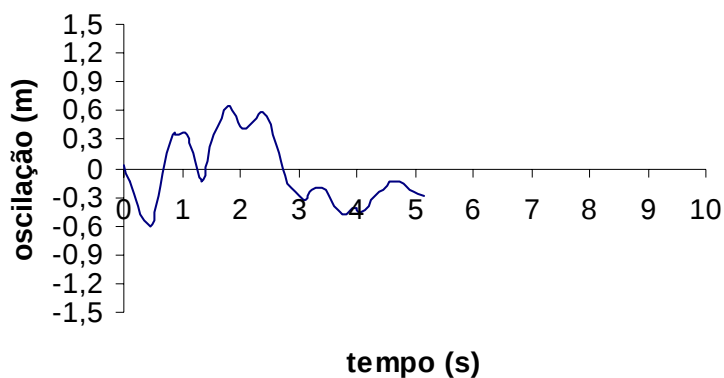


Figura 15. Exemplo do comportamento da barra com sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 2,0 m/s, considerando os movimentos verticais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para cima do ponto de inserção da barra no pulverizador, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para baixo.

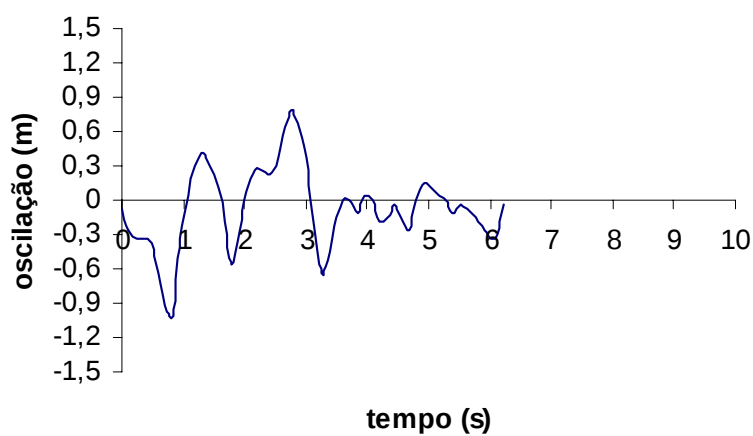


Figura 14. Exemplo do comportamento da barra sem sistema estabilizador se deslocando na velocidade de 2,0 m/s, considerando os movimentos verticais ao longo do tempo. Valores positivos indicam oscilação da barra para cima do ponto de inserção da barra no pulverizador, enquanto valores negativos mostram deslocamentos para baixo.

7 CONCLUSÕES:

Nas condições de realização deste trabalho, são possíveis as seguintes conclusões:

- A videografia digital mostrou-se adequada em avaliações de movimentos horizontal e vertical da barra de pulverização. metodologia adotada se mostrou adequada aos objetivos do trabalho;
- A utilização de barra com estabilizador proporcionou melhor resultado com relação a amplitude do movimento vertical, diminuindo a oscilação da mesma, independente da velocidade de deslocamento do conjunto trator – pulverizador;
- A velocidade de deslocamento do trator influenciou nos movimentos horizontais apenas na barra sem estabilizador com menores oscilações em maiores velocidades;
- O estabilizador na barra propiciou menor oscilação horizontal da barra somente na menor velocidade de deslocamento em teste

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANDI, R. M., BARROS, N. F., CANDIDO, J. F. Comparação de métodos de limpeza na formação de *Eucaliptus alba* (Blume) Reinw., *E. saligna* Sm. e *E. botryoides* Sm. *Revista Ceres*. Viçosa. v.21, n.118, 1974.
- BRASIL, U.M., FERNANDES, P.S., SIMÕES, J. W., FERREIRA, J.E.F. Emprego de herbicidas na implantação de povoamentos de *Eucalyptus saligna* . Piracicaba – SP. IPEF, n. 13, p. 123– 34, 1976.
- CAMPBELL, R., A. HOWWARD, C. A. Priorities for forestry herbicide application technology research. *Canadian journal of forest research*, v. 23 , p. 2204-2212, 1993.
- CLIJMANS, L., RAMON, H. The experimental modal analysis technique to study the dynamic behavior of sprayers. Optimising pesticide applications. *Aspects of applied biology* 48, p.9 – 24, 1997.

DARVISHVAND, M., BROWN, R.B. Performance of an air-assist forestry boom sprayer.

Canadian Agricultural Engeneering, v. 34 , n.4, 281-287, 1997.

DONALD, D. G. M. Nursey and establishment techniques as factors in productivity of man-made forests in Southern Africa. *South African Forestry Journal*, n. 109, june, 1979.

DURIGAN, J. C. *Controle químico de plantas daninhas na citricultura*. Jaboticabal: FUNEP/FCAV - UNESP. 1988. 32p.

FERRAZ, L. C. B., PITELLI, R. A., BENDIXEN, L. E., An annotaded bibliography of weeds as reservoirs for organisms affecting crops in Brazil. Research Bulletin, 1153. Wooster, Ohio, 1983.

FROST, A. R. Simulation of an active spray boom suspension. *J. agrc. engng. res.* v. 30, p.313 - 325, 1984.

FROST, A. R. Verification and use of a mathematical model of na active twin link boom suspension. *J. agrc. engng. res.* v. 40, p.259 - 274, 1988.

FURLLANETI, A. C. *Uniformidade de deposição de combinações de bicos em barra lateral protegida para aplicação de herbicidas*. Botucatu, 1999. 92p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

JONG, A. de, ZANDE, J.C., STALLINGA, H. The effects of vertical and horizontal boom movements on the uniformity of spray distribution. Paper. AgEng., Warwick, n. 00-PM-015, 2000. 9p.

LANGENAKENS, J., RAMON, H., BAERDEMAEKER, J. A model for measuring the effect of tire pressure and driving speed on horizontal sprayer boom movements and spray pattern. *Transaction-of-the-ASAE*. v. 38, n. 1, p. 65-72, 1995.

LUND-HOIE, K. Efficacy of glyphosate in forest plantation. In *The Herbicide Glyphosate*, eds. E. Grossbard and D. Atkinson, London, England: Butterworth & Co. p.328 -338,1985.

MAHALINGA IYER, R., WILLS, B. M. D., Factors determining the design of tractor-mounted sprayer boom - sprayer nozzle characteristics. *J. agrc. engng. res.* v. 23, p.37-43, 1978.

MARCHI, S.R. et al. Efeito de períodos de convivência e de controle de plantas daninhas na cultura de *Eucalyptus grandis*. In: SEMINÁRIO SOBRE O CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1, 1995, Curitiba. *Anais...*Curitiba: CNPFloresta/ IPEF/ UNESP/ SIF/ FUPEF,1995.p. 122 - 133.

MILLER, P. C. H, SMITH, R. W. The effects of forward on the drift from boom sprayers. In: WEEDS, 1997, Brighthon, UK. *Anais...*Brighthon: The british crop protection council, 1997. p. 399 - 406.

- NAKANO, J. A. Cultivo mínimo do solo em reflorestamento e o uso do oxyfluorfen no controle de plantas daninhas. In: SEMINÁRIO SOBRE O CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1, 1995, Curitiba. *Anais...* Curitiba: CNPFloresta/ IPEF/ UNESP/ SIF/ FUPEF, 1995. p. 134 - 135.
- NATION, H.J. Boom desing and sprayer use. N.I.A.E., Spraying Department. 27p. 1977.
- NATION, H. J. The dynamic behavior of field sprayer booms. *J. agric. engng. res.* v. 27, p.61-70, 1982.
- NATION, H. J. The design and performance of a gimbal - type mounting for sprayer boom 1. Development procedure. *J. agric. engng. res.* v. 36, p. 233 - 246, 1987.
- O' SULLIVAN, J. A. Verification of a passive and active versions of a mathematical model of a pendulum spray boom suspension. *J. agric. engng. res.* v. 40, 1988.
- OYLA, R. Otimização do cultivo mínimo com roundup. In: SEMINÁRIO SOBRE O CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1, 1995, Curitiba. *Anais...* Curitiba: CNPFloresta/ IPEF/ UNESP/ SIF/ FUPEF, 1995. p. 136 - 137.
- PITTELI, R. A., KARAN, D. Ecologia das plantas daninhas e sua interferência em culturas florestais. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO., 1, 1988, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: IPEF, 1988. p. 44 - 63.

POCHI, D., VANNUCCI, D. Stability of boom sprayers: test of a new prototype of stabilizer system for the reduction of boom sprayer movements. Paper. AgEng., Warwick, n. 00-PM-061, 2000. 9p

QUEIROZ, C. A. S., SALVADOR, A., FIGUEIREDO, Z. N., ANTUNIASSI, U. R.

Avaliação da deposição de defensivos proporcionada por bicos de pulverização utilizados em reflorestamentos. In: REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 7, 2000, Botucatu: *Resumos...* Botucatu: FEPAF, 2000. p. 76.

RAMON, H., LANGENAKENS, J. Model - based improvement of spray distribution by optimal positioning of spray nozzle. *Crop Protection*. v. 15, n. 2, p. 153 - 158, 1996.

RAMON. H., De BAERDEMAEKER, J. Using principal gains for evaluating and optimizing the performance of sprayers. *Transations of the ASAE*.v. 38, n.5, p. 1327 - 1333, 1995.

ROBINSON, T. H. Large - scale ground - based application techniques. In: MATTHEWS, G. A., HISLOP, E. C. *Application technology for crop protection*. Trowbridge: Cab International, 1993. p. 163 - 186.

RODRIGUES, L. W. *Efeitos da aplicação de subdoses dos herbicidas glyphosate e oxyfluorfen, simulando deriva sobre a cultura do milho (Zea mays L.)*. Lavras, 1999. 72p.
Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

SBS - SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. Estatísticas florestais.

[Http://www.ipef.br/sbs/estatísticas](http://www.ipef.br/sbs/estatísticas) (27/03/1999)

SILVA, W. et al. Tolerância de *Eucalyptus* spp. a diferentes herbicidas. *Revista Árvore*, Viçosa, v.18, n.3, p. 287 – 300, 1994.

SINFORT, C., MIRALLES, A., SEVILA, F., MANIERE, G. M. Study and development of a test method for spray boom suspensions. *J. agric. engng. res.* v. 59, p. 245 - 252, 1994.

SMITH, D.B. Drift and swath deposit evaluations for three roadside sprayers. *Trans. ASAE*, v.32, n.5, p.1512-1518, 1989.

SPEELMAN, L. & JANSEN, J.W. The effect of spray-boom movement on the liquid distribution of field crop sprayers. *Journal agrc. engng Res.* v. 19, p.117-129, 1974.

TOLEDO, K. E. B. et al. Comparação dos custos de quatro métodos de manejo de *Brachiaria decumbens* Stapf em área de implantação de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. *Revista Árvore*, v. 20, n. 3, p. 139 - 330, 1995.

TURVEY, N.D., Control of competing vegetation in planted coniferous forest in Australia and New Zealand. *Aust. For.*, v. 47, n. 4, 250-258, 1984.

VELINI, E.D., ANTUNIASSI, U.R. Matointerferência em reflorestamentos: aspectos básicos. Boletim técnico Monsanto, São Paulo, n.17, p.1-7., 1994.

- WILKINS, A. P. Influence of silvicultural treatment on growth and wood density of *Eucalyptus grandis* grow on a previous pasture site. *Aust. For.*, v. 53, n. 3, p. 168-172, 1990.
- ZEN, S., YONEZAWA, J. T., FELDEBERG, J. E. Implantação de florestas no sistema de cultivo mínimo. In: SEMINÁRIO SOBRE O CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1, 1995, Curitiba. *Anais...*Curitiba: CNPFloresta/ IPEF/ UNESP/ SIF/ FUPEF,1995. p. 65 - 72.