

Espectro de gotas e distribuição de calda herbicida
associada a fertilizante foliar em áreas de reforma florestalSpectrum of drops and distribution of herbicide spray
associated with foliar fertilizer in forest replanting areasCaique Carvalho Medauar¹, Samuel de Assis Silva², Luis Carlos Cirilo Carvalho³,
Rafael Augusto Soares Tibúrcio⁴ e Julião Soares de Souza Lima²**Resumo**

O objetivo do trabalho foi avaliar as variáveis relacionadas à qualidade da pulverização e a distribuição espacial de taxas ótimas de aplicação em diferentes talhões para erradicação de brotações de eucalipto. O estudo foi conduzido em talhões de plantio de eucalipto, no município de Itabela-BA, em atividades de aplicação de herbicida pré-plantio, em áreas de reforma florestal. A aplicação foi realizada em diferentes talhões, sendo os mesmos considerados como unidades amostrais de diferentes tratamentos (T01, T02 e T03). A qualidade da aplicação foi avaliada a partir do estudo do espectro de gotas. Para isso, foram espalhadas etiquetas hidrossensíveis em seis plantas por tratamento, sendo amostradas nos terços inferior, médio e superior das brotações. Após a aplicação, as etiquetas foram analisadas em um programa computacional para determinação das variáveis número de gotas, dispersão de gotas, densidade de gotas, diâmetro de gotas, cobertura do alvo e volume de calda. Os dados foram submetidos à análise de variância em delineamento experimental de parcelas subdivididas no espaço e, em caso de significância pelo teste F, as médias de cada tratamento foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Para avaliar a taxa de aplicação, foram construídos cenários de probabilidade de ocorrência utilizando o interpolador geoestatístico da krigagem indicativa. Houve diferença no espectro de gotas gerado pelo herbicida aplicado individualmente e em associações com fertilizante foliar e outro herbicida. A taxa de aplicação apresentou elevada variabilidade, com distribuição espacial de pertinências muito distantes dos valores ótimos.

Palavras-chave: krigagem indicativa; pulverização; silvicultura de precisão; tecnologia de aplicação.

Abstract

The aim of this study was evaluate the variables related to the quality of the spraying and the spatial distribution of optimal rates of application in different plots for the eradication of eucalyptus shoots. The study was carried out in eucalyptus plantations, in Itabela, BA, in replanting areas during pre-planting application of herbicide. The application was carried out in five plots, which were considered as sample units of the different treatments (T01, T02 and T03). The quality of the application was evaluated from the study of the droplet spectrum. For this, water sensitive labels in six plants per treatment were distributed, being sampled in the lower, middle and superior third of the shoots. After the application, the labels were analyzed in a computational program to determine the number of drops, drop dispersion, drop density, drop diameter, target coverage and spray volume. The data were submitted to the analysis of variance in experimental delineation of plots subdivided in space and, in the case of significance, by the F test. The means of each treatment were compared by the Tukey test at the 95%. In order to evaluate the application rate, scenarios of probability of occurrence were constructed using the geo-statistical interpolator of the indicative kriging. There was difference in the spectrum of droplets generated by the herbicide applied individually and in combinations with foliar fertilizer and other herbicide. The application rate presented high variability, with spatial distribution of pertinence being very distant from the optimal values.

Keywords: indicative kriging; spraying; precision forestry; application technology.

¹Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. UESC – Universidade Estadual de Santa Cruz. Rodovia Jorge Amado – Km 16 – 45662-900 – Ilhéus, BA, Brasil. E-mail: caiquemedauar@hotmail.com.

²Professor do Departamento de Engenharia Rural. UFES - Universidade Federal do Espírito Santo. Caixa Postal 16 – 29500-000 - Alegre, ES, Brasil, ES, Brasil. E-mail: samuel.assilva@gmail.com; limajss@yahoo.com.br.

³Professor do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais. UESC – Universidade Estadual de Santa Cruz. Rodovia Jorge Amado – Km 16 – 45662-900 – Ilhéus, BA, Brasil. E-mail: lcccarvalho@uesc.br.

⁴Especialista em Sanidade Florestal. Veracel Celulose S.A. Gerência de Pesquisa e Desenvolvimento Florestal. BA-275, Km 24, s/n – Zona Rural – 48820-000 - Eunápolis – BA. E-mail: rafael.tiburcio@veracel.com.br.

INTRODUÇÃO

Nos últimos cinco anos, a produtividade da eucaliptocultura no Brasil aumentou em uma taxa de 0,2% ao ano. Esse baixo crescimento tem sido atribuído ao impacto das alterações climáticas no regime pluviométrico de grande parte do território nacional (IBÁ, 2016). De acordo com Silva et al. (2014) outro fator que está associado a essa desaceleração é a intensa competição por água, luz e nutrientes entre árvores de eucalipto com plantas daninhas ou brotações, em áreas de reforma.

No sistema de cultivo do eucalipto, quando se opta pela reforma do plantio é de suma importância a eliminação das brotações por métodos mecânicos ou químicos. Essa atividade não tem o intuito de apenas erradicar a parte aérea da planta, mas, também, eliminar a possibilidade de novas rebrotas (TIBURCIO, 2014). Assim, o controle químico é o mais utilizado, pois permite resultados mais rápidos e eficientes (Tiburcio et al., 2012), no qual são recomendados herbicidas, com destaque para o glifosato (SANTOS et al., 2007a).

As aplicações de defensivos em sistemas florestais têm ganhado destaque com a grande expansão da cultura do eucalipto (MEWES et al., 2013). Além disso, atualmente vem sendo utilizado a mistura de herbicidas com fertilizantes foliares (MACHADO et al., 2017). Apesar de várias características favoráveis, os herbicidas têm como grande problema a deriva acidental durante sua aplicação, principalmente quando há excessiva quantidade de resíduos, como tocos e cascas, onde os prejuízos causados reforçam a necessidade de eficiência no uso da tecnologia em áreas de reforma florestal (SANTOS et al., 2007b).

Em meio a esse problema, uma das possibilidades para maximizar a eficiência na aplicação e minimizar os riscos de contaminação provocados por herbicidas é utilizar a tecnologia de aplicação adequada a cada tipo de situação, com base nas características inerentes à interação de fatores climáticos, biológicos e econômicos (VIANA et al., 2010). Para a adequada cobertura da área e distribuição mais uniforme possível, é necessário conhecer as características de deposição proporcionadas pelo equipamento, produto e forma de aplicação (FERREIRA et al., 2009).

Entre os métodos de avaliação da qualidade da aplicação de defensivos, o mais comum é o estudo do espectro de gotas. Ao avaliar-se as variáveis como diâmetro da mediana volumétrica, amplitude relativa e cobertura do alvo é possível adequar o tamanho das gotas às condições locais do ambiente, garantindo, assim, a aplicação eficiente de produtos químicos (BAESSO et al., 2014), com reduzido impacto sobre o ambiente natural.

Na pulverização, a quantidade de líquido aplicado deve ser o suficiente para proporcionar boa cobertura do alvo (TIBURCIO, 2014). A definição do volume de calda é um dos parâmetros fundamentais para o sucesso da aplicação e depende principalmente do tipo de alvo, cobertura necessária, técnica de aplicação e forma de ação do defensivo (AGOSTINETO, 2015).

Um fator essencial para estimar-se a taxa de aplicação são as diferentes fases fenológicas de cada planta a ser controlada (AGOSTINETO, 2015). À medida que o volume da copa das plantas altera-se, é recomendado o ajuste do volume de calda para melhorar a qualidade da pulverização (ALVARENGA et al., 2013).

Diante do exposto, esta pesquisa objetivou avaliar as variáveis relacionadas à qualidade da pulverização e a distribuição espacial de taxas ótimas de aplicação em diferentes talhões para a erradicação de brotações de eucalipto.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em talhões cultivados com eucalipto, localizados na região Extremo-Sul do Estado da Bahia, no município de Itabela, sob a latitude de 16° 34' 19" S e a longitude de 39° 33' 33" W. O clima da região é classificado como Af, tropical úmido, com precipitações durante o ano todo (KÖPPEN; GEIGER, 1948). A pluviosidade anual média da região é de 1100 mm, com temperaturas variando entre 23°C à 27°C.

Os estudos concentraram-se nas atividades de aplicação de herbicida pré-plantio, em áreas de reforma florestal em talhões com brotações de eucalipto com até 75 cm de altura. O espaçamento das plantas era de 5,0 m entre as linhas e 2,40 m entre as brotações. No momento da instalação do experimento, foram mensuradas a altura e o diâmetro da copa no terço médio de 100 brotações amostradas aleatoriamente em cada talhão, para caracterização da área. As brotações apresentavam, na época de aplicação, altura e diâmetro médio de 1,57 e 1,27 m, respectivamente.

A aplicação foi realizada em diferentes talhões (TAL35, TAL40, TAL41, TAL43 e TAL44) com extensões (áreas, em ha) distintas, sendo os mesmos considerados como unidades amostrais de diferentes tratamentos (T01, T02 e T03). Esses tratamentos foram compostos por diferentes produtos e dosagens, a saber: a) T01: herbicida Scout®, aplicado na dose de 4 kg.ha⁻¹, formulado em sal de amônio de glifosato; b) T02: herbicida Scout® (4 kg.ha⁻¹) + fertilizante foliar Taiyô (100 ml.ha⁻¹), e c) T03: herbicida Scout® (4 kg.ha⁻¹) + fertilizante foliar Taiyô (100 ml.ha⁻¹) + herbicida Finale (100 L.ha⁻¹), formulado em sal de amônio de glufosinato.

Em cada talhão foram aplicados os três tratamentos, sendo as parcelas experimentais distribuídas de acordo com a dimensão dos talhões, respeitando um número mínimo de 65 linhas de brotações. A eficiência da aplicação foi avaliada apenas no TAL 44, enquanto que, a taxa de aplicação foi determinada para todos os talhões e para cada um dos tratamentos.

As pulverizações foram realizadas no mês de novembro de 2016, utilizando-se um pulverizador autopropelido John Deere, modelo 4630E, com potência nominal de 165 CV, 6 cilindros e cilindrada total de 6,8 L. Esse pulverizador possui um reservatório com capacidade volumétrica de 2270 L, tanque de enxágue de 265 L e agitação da calda de forma hidráulica. A barra de pulverização com controle hidráulico, possui comprimento e altura de 24,3 m e 0,38 a 1,93 m, respectivamente. Durante a operação no campo, entretanto, a altura da barra variou entre 1,50 e 1,80 m devido à desuniformidade de algumas brotações. As aplicações foram realizadas nas linhas de brotação a uma velocidade de aproximadamente 6,5 km.h⁻¹.

A pressão de trabalho durante a aplicação foi de 3,0 bar, com vazão dos bicos de 1,18 L.min⁻¹. Foram utilizados bicos de pulverização de jato plano, formato leque, com indução de ar, modelo AIUB85-03, espaçados em 50 cm entre si, gerando gotas extremamente grossas.

A avaliação do espectro populacional de gotas após a aplicação foi realizada pelo método da análise de imagens de etiquetas hidrossensíveis. Essas etiquetas hidrossensíveis foram posicionados antes da pulverização em seis brotações de cada tratamento em três alturas do dossel (terço inferior, terço médio e terço superior), totalizando 18 etiquetas por tratamento.

Após a pulverização, as etiquetas foram coletadas, acondicionadas em envelopes e levadas para laboratório onde foram digitalizadas por meio de scanner com resolução mínima de 600 dpi. As imagens foram processadas utilizando o programa computacional "GOTAS" (Sistema de análise de deposição de agrotóxicos "GOTAS", versão 2.2), desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Esse *Software* é livre e permite a análise da distribuição da população de gotas no processo de pulverização para fornecer suporte às avaliações quantitativa, qualitativa e espacial da tecnologia de aplicação. O diâmetro das gotas foi corrigido pelo fator de espalhamento, indicado para as etiquetas hidrossensíveis, de acordo com as recomendações do fabricante (Syngenta) e utilizado por Marçal e Cunha (2008).

Os dados climáticos de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento foram monitorados durante a aplicação de 30 em 30 minutos, através de uma estação meteorológica próxima aos talhões. A temperatura média obtida foi de 26,3 °C, umidade relativa média do ar de 75,5% e velocidade média do vento de 6,5 km.h⁻¹.

Foram obtidas através do processamento das etiquetas hidrossensíveis parâmetros essenciais para avaliação da tecnologia de aplicação: a) número de gotas (NG); b) dispersão das gotas (DPG); c) volume de calda depositada (VCD) (L ha⁻¹); d) densidade de gotas (DSG) (gotas cm⁻²); e) cobertura do alvo (CA) (%); f) diâmetro volumétrico (DMV, D¹⁰) (µm). Apenas a variável de amplitude relativa (SPAN) foi calculada posteriormente conforme a equação 1:

$$Span = \frac{D90 - D10}{D50} \quad (1)$$

Em que:

Span = amplitude relativa do espectro de gotas (adimensional);

D⁹⁰= diâmetro da gota, em que 90% do volume pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor (µm);

D⁵⁰= diâmetro da gota, em que 50% do volume pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor, podendo ser denominado de diâmetro da mediana volumétrico (DMV) (µm) e

D¹⁰= diâmetro da gota, em que 10% do volume pulverizado é constituído de gotas menores que esse valor (µm).

Os parâmetros da qualidade de aplicação foram analisados em delineamento experimental de parcelas subdivididas no espaço. As parcelas foram constituídas por três tratamentos e as sub-parcelas por três diferentes alturas de planta (terços inferior, médio e superior). Em todos os casos utilizaram-se seis repetições, sendo cada uma delas representada por uma brotação de eucalipto. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, em caso de significância pelo teste F, as médias de cada tratamento foram comparadas pelo teste Tukey. Todas as análises foram realizadas considerando um nível de probabilidade igual a 95%.

Para avaliar o volume de calda (taxa de aplicação) em todos os tratamentos e talhões, foram considerados os dados disponibilizados pelo *Software* APEX™. Essa ferramenta permite o gerenciamento de informações acerca da aplicação, como posicionamento geográfico do autoprovelido, área e tempo decorrido, volume de calda total aplicado, produtividade (área hora⁻¹) e intervalos da taxa média aplicada. Os dados armazenados pelo sistema foram exportados para posterior utilização.

A partir dos dados de taxa de aplicação, foram construídos cenários de probabilidade para a aplicação em cada talhão. Para isso, os valores dessa variável foram submetidos a uma transformação não linear utilizando a codificação por indicação.

Essa codificação por indicação, primeiro passo para a realização da krigagem indicativa, consiste em transformar os dados originais em indicadores, ou seja, valores que estão acima de um determinado nível de corte são codificados como um (1) e os que estão abaixo, como zero (0), conforme Silva et al. (2011).

Considerou-se como ponto de corte o intervalo: entre 180 e 220 L ha⁻¹ (T01 e T03_TAL35; T03_TAL44), entre 175,50 e 214,50 L ha⁻¹ (T02_TAL35; T02_TAL40; T01_TAL41; T01 e T02_TAL44), entre 171 e 209 L ha⁻¹ (T01_TAL40; T02 e T03_TAL41; T01, T02 e T03_TAL43) e entre 189 e 231 L ha⁻¹ (T03_TAL40).

A análise geoestatística foi efetuada por meio de ajuste do variograma indicativo, conforme equação 2:

$$\gamma(h, vc) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + vc) - Z(x_i + h, vc)]^2 \quad (2)$$

Em que:

$N(h)$ é o número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$, separados por um vetor h ; x_i é uma posição espacial da variável Z e vc é o valor de corte (cut-off) estabelecido.

À nuvem de pontos $[h, \gamma(h)]$ ajusta-se uma função matemática, cujos parâmetros são conhecidos como: efeito pepita (C_0), correspondendo ao valor da interseção no eixo das semivariâncias; patamar ($C_0 + C_1$), aproximadamente igual ao valor da variância dos dados; e alcance (a), que representa a distância na qual o semivariograma atinge o valor do patamar e a região de dependência espacial entre as amostras (VIEIRA et al., 1983).

No ajuste de funções teóricas aos variogramas experimentais testaram-se os modelos esférico, exponencial, gaussiano e linear com patamar. Na escolha dos modelos, utilizou-se o critério dos mínimos quadrados, optando-se na seleção pelos modelos com maior valor de R^2 (coeficiente de determinação), menor SQR (soma de quadrado dos resíduos) e maior valor de R^2 da validação cruzada (R^2 -VC) (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989).

Para a análise do índice de dependência espacial (IDE), foi utilizada a relação $C_0/(C_0 + C)$ e os intervalos propostos por Cambardella et al. (1994), que consideraram a dependência espacial fraca ($IDE > 75\%$), moderada ($25\% \leq IDE \leq 75\%$) e forte ($IDE < 25\%$).

Após a identificação da variabilidade espacial, foram gerados mapas temáticos da probabilidade de ocorrência de taxas ótimas de aplicação, utilizando-se o interpolador da krigagem indicativa. Esse interpolador permite derivar a função de distribuição cumulativa condicional, determinando funções de probabilidade de um ponto em relação a um valor de referência, estabelecendo uma relação percentual de ordem (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

Posteriormente, para avaliar a efetividade de área submetida a doses apropriadas de calda foram calculadas as áreas correspondentes a pertinências superiores a 90% em relação ao valor ótimo, conforme o estabelecido anteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados obtidos a partir da estatística clássica foi possível observar que para as variáveis CA, SPAN e DPG não houve nenhum contraste entre médias estatisticamente diferentes de zero ao nível de 95% de probabilidade para os tratamentos, alturas e interações analisados. Para as variáveis D¹⁰, DMV, NG, DSG e VCD os valores do teste F na análise de variância foram significativos somente para os tratamentos, indicando que a altura e a interação desta com os tratamentos não apresentaram médias diferentes entre os distintos métodos e produtos aplicados.

A partir dos resultados da análise de variância (ANOVA), as médias entre tratamentos foram comparadas utilizando o teste Tukey ao nível de 95% de probabilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Teste de média entre os tratamentos T01, T02 e T03 das variáveis diâmetro volumétrico (μm) (DMV), diâmetro volumétrico (D10); NG = número de gotas (NG), densidade de gotas (gotas cm^{-2}) (DSG) e volume de calda depositada (VCD) que apresentaram F significativo ao nível de 95% de probabilidade.

Table 1. Test of means between treatments T01, T02 and T03 of the variables volumetric diameter (μm) (DMV), volumetric diameter (D10), number of drops (NG), droplet density (drops cm^{-2}) (DSG) and volume of deposited solution (VCD) which had significant F at the 95% probability level.

TRATAMENTO	DMV (*)	D10 (*)	NG (*)	DSG (*)	VCD (*)
T01	963,4a	505,8a	270,7a	0,56a	50,9a
T02	827,3ab	448,7ab	157,1a	1,11ab	76,9a
T03	746,2b	396,9b	198,5a	1,56b	81,4a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade

Apesar das variáveis NG e VCD apresentarem F calculado significativo, ao aplicar-se o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) não observou-se diferença entre os distintos contrastes, indicando que as médias dessas variáveis não são estatisticamente diferentes. Sousa et al., (2012) comentaram que, mesmo considerado rigoroso, um teste estatístico pode apresentar divergências em relação ao observado na ANOVA, ou seja, mesmo que o teste F indique diferença entre contrastes, o teste de separação pode não ser capaz de descrevê-la.

Para Moore (2000) as diferentes interpretações oferecidas pela discordância entre os resultados da ANOVA e pelos testes de separação, podem ser atribuídas ao fato do F ser considerado pouco sensível a problemas de não adequação dos dados aos pré-requisitos da análise de variância, em especial à ausência de distribuição normal dos resíduos, o que não se evidenciou nestes estudo. De acordo com esse autor, o teste F é considerado um teste robusto, pouco sensível a problemas de não adequação dos dados aos pré-requisitos da análise de variância.

Os valores médios do DMV foram de 963,4; 827,3; 746,2 μm para os T01, T02 e T03, respectivamente. Observou-se que o T01 difere estatisticamente do T03, porém os mesmos não diferem do T02. Baio et al. (2015) avaliando o diâmetro de gotas pelo DMV através de pontas de pulverização de jato plano, observaram resultados distintos aos do presente estudo, em que a adição de um adjuvante com composição química à base de P_2O_5 (mesma composição do adjuvante de T02 e T03) promoveu o aumento do diâmetro das gotas na calda de pulverização.

Viana et al. (2010), avaliando diferentes pontas de pulverização, observaram valor de DMV próximo a 733 μm , utilizando tecnologia semelhante (tipo de ponta e pressão de trabalho) à empregada neste experimento. Viana et al. (2007) concluíram que diâmetros de gotas superiores a 600 μm são indicados para evitar perdas por volatilização, sendo ideais para aplicação de herbicidas em pré-emergência e herbicidas sistêmicos em pós-emergência.

Apesar da menor deriva e menor perda por volatilização, valores elevados de DMV geralmente são resultados do escorrimento do produto aplicado sobre as plantas (RUAS et al., 2011). Para esses autores, gotas de grandes dimensões podem reduzir o tempo de contato do produto com o alvo, comprometendo a fixação e absorção do princípio ativo. Diante desse fato e com base nos resultados observados, não é impróprio afirmar que o tamanho das gotas tenha comprometido a eficácia desses tratamentos.

Em relação ao D¹⁰, os tratamentos apresentaram comportamento estatístico semelhante ao observado para a variável de DMV. Esses resultados estão de acordo com o trabalho de Cunha et al. (2010a) que estudaram o efeito da adição de diferentes adjuvantes na calda com pontas de jato plano cujos resultados não apresentaram diferença estatística em relação ao diâmetro de gotas menores que 100 μm .

Sasaki et al. (2016) observaram que a maior variação entre o diâmetro das gotas que representam o D^{10} e aquelas que representam o DMV implicará em maior heterogeneidade do espectro de gotas produzido pelas pontas. Para realizar uma pulverização eficiente, é recomendado no máximo 15% de gotas com diâmetro abaixo de 100 μm (D^{10}) (CUNHA et al, 2003), valor muito abaixo do máximo observado neste trabalho que foi de 36,9; 38,4; 36,5 %, para os T01, T02 e T03, respectivamente.

Para a variável DSG, o comportamento estatístico também foi semelhante ao DMV e D^{10} , diferindo apenas para o T03 que apresentou maior número de gotas.cm⁻² do que o T01. Todos os tratamentos apresentaram valor de DSG muito abaixo do ideal, o que já era esperado, uma vez que, mesmo em condições climáticas ideais, o aumento da dimensão das gotas compromete a quantidade destas por unidade de área (VIANA et al., 2010). Para Barthelemy et al. (1990) a recomendação mínima para uso de herbicidas pós-emergentes em volume de calda de 150-300 L ha⁻¹ para a densidade de 30-40 gotas.cm⁻².

Ruas et al. (2012), em trabalho com o mesmo tipo de ponta e pressão utilizada nesta pesquisa, avaliaram diversas concentrações de uréia + glifosato e observaram valor médio de DSG de 57,29 gotas.cm⁻². Conforme os critérios estabelecidos por Minguela e Cunha (2010), este valor pode ser considerado adequado para herbicidas de contato, como o Finale (T03).

Ruas et al. (2011) avaliando a tecnologia de aplicação do glifosato no controle de plantas de folhas estreitas, observaram valor médio de DSG e DMV de 32 gotas.cm⁻² e 307,4 μm , respectivamente. De acordo com Minguela e Cunha (2010) estes valores estão próximos ao recomendado para a boa qualidade da distribuição do espectro de gotas.

A partir desses resultados foram construídos cenários para estimativa da probabilidade de aplicação do volume adequado para cada tratamento em diferentes talhões de produção de eucalipto, visando a erradicação de brotações para reforma florestal. Os cenários foram criados utilizando krigagem indicativa e considerando as doses ideais listadas na metodologia como pontos de corte na codificação por indicação. Após a codificação, os dados foram submetidos a análise espacial e os resultados são apresentados na Tabela 2.

Os resultados da análise geoestatística (Tabela 2) indicam que todos os tratamentos apresentaram dependência espacial, com exceção para o T01_TAL40. Entretanto, a ausência de dependência espacial não caracteriza inexistência de variabilidade no fenômeno, indica apenas que a variação ocorre de forma aleatória (Silva et al., 2013).

Tabela 2. Modelos e parâmetros dos variogramas da taxa de aplicação para os tratamentos T01, T02 e T03 de todos os talhões.

Table 2. Models and parameters of the application rate variograms for the treatments T01, T02 and T03 of all the plots.

Variável	Modelo	C_0	C_0+C	a	IDE (%)	R2
T01_TAL 35	EXP	0,10	1,03	14	10	64
T02_TAL 35	EXP	0,19	1,02	10	70	82
T03_TAL 35	EXP	0,07	1,00	10	7	31
T01_TAL 40	EPP	-	-	-	-	-
T02_TAL 40	EXP	0,09	1,00	14	9	27
T03_TAL 40	ESF	0,07	1,07	14	7	84
T01_TAL 41	EXP	0,07	0,99	22	7	46
T02_TAL 41	ESF	0,39	0,39	65	39	88
T03_TAL 41	ESF	0,01	1,00	24	2	87
T01_TAL 43	ESF	0,03	1,02	23	3	9
T02_TAL 43	ESF	0,03	1,02	39	3	55
T03_TAL 43	EXP	0,09	1,00	47	9	86
T01_TAL 44	EXP	0,05	0,05	23	5	24
T02_TAL 44	ESF	0,03	1,03	27	3	80
T03_TAL 44	EXP	0,04	0,97	17	4	20

C_0 – efeito pepita; $C_0 + C$ – patamar; a – alcance; IDE – índice de dependência espacial; R2 – coeficiente de determinação do modelo; EXP – exponencial; ESF – esférico; EPP – efeito pepita puro

Os variogramas ajustados apresentaram patamares bem definidos, o que indica que a hipótese de estacionaridade intrínseca foi atendida e que as variáveis não apresentam tendência de variação com as direções. Para os T01 e T03, o modelo que melhor se ajustou foi o exponencial, com coefi-

ciente de determinação (R^2) acima de 64% (TAL 35) e 87% (TAL 41), respectivamente. Para o T02, o modelo que melhor se ajustou foi o esférico, com coeficiente de determinação (R^2) acima de 88% (TAL 41). De acordo com Landim e Sturaro (2002) quanto melhor o ajuste, mais fácil é a definição de zonas uniformes de manejo para os talhões, ou seja, de informações do campo que expressem a combinação de fatores que determinam um dado fenômeno, facilitando o seu controle.

O IDE, segundo classificação proposta por Cambardella et al. (1994), foi forte para todas as variáveis, com exceção dos T02_TAL 35 e T02_TAL 41 onde o IDE foi moderado. Os resultados do IDE deste estudo informam que as variáveis regionalizadas não apresentaram comportamento aleatório e que a distância entre pontos da taxa de aplicação, demonstrou de modo satisfatório a variabilidade espacial existente nos talhões (DALCHIAVON et al., 2012).

O maior alcance dos variogramas para os T01, T02 e T03 foi de 23 (TAL 43 e 44), 65 (TAL 41) e 47 m (TAL43), respectivamente. O alto valor de alcance em relação ao seu menor valor entre cada tratamento, confirma que dentro deste intervalo, a variável apresentou baixa variabilidade espacial, pois sua área de influência será maior, sugerindo a maior semelhança entre os pontos amostrais próximos (taxa de aplicação), ou seja, implicando no comportamento de alta continuidade espacial. O alcance é um importante parâmetro do variograma que tem interpretações práticas, uma vez que indica a distância entre dois pontos em que há dependência espacial (ALMEIDA et al., 2017), servindo de indicativo do intervalo entre unidades de mapeamento.

Após a definição dos modelos e parâmetros dos variogramas, os dados foram interpolados por meio da krigagem indicativa para mapear a distribuição espacial dos valores de probabilidade de ocorrência de taxas de aplicação ótimas de acordo com as características de cada produto/combinação e talhão. Os mapas estão apresentados nas Figuras 1, 2, 3, 4 e 5.

Os mapas de distribuição espacial da probabilidade de ocorrência apresentam variação entre 0 e 1, onde os valores próximos ao limite inferior indicam taxas muito distantes do ótimo, enquanto aqueles valores próximos ao limite superior indicam taxas mais pertinentes ao recomendado para cada situação.

Em todos os talhões, para todos os tratamentos é possível observar uma grande variabilidade, confirmando o que foi discutido para a análise espacial. A grande amplitude de distribuição indica que as aplicações ficaram muito distantes da recomendação, o que compromete sobremaneira a efetiva erradicação das brotações.

Para o talhão 35 (Figura 1), em todos os tratamentos, na maior extensão de áreas, os valores foram inferiores a 0,75, demonstrando que em somente uma pequena parcela das áreas foram aplicadas doses dentro ou próximas ao intervalo ideal. Costa et al. (2014) avaliando diferentes doses de um herbicida de contato e volumes de calda na dessecação de folhas estreitas, observaram que doses mais baixas desse herbicida aplicado no menor volume de calda foram mais eficientes em dessecar as plantas.

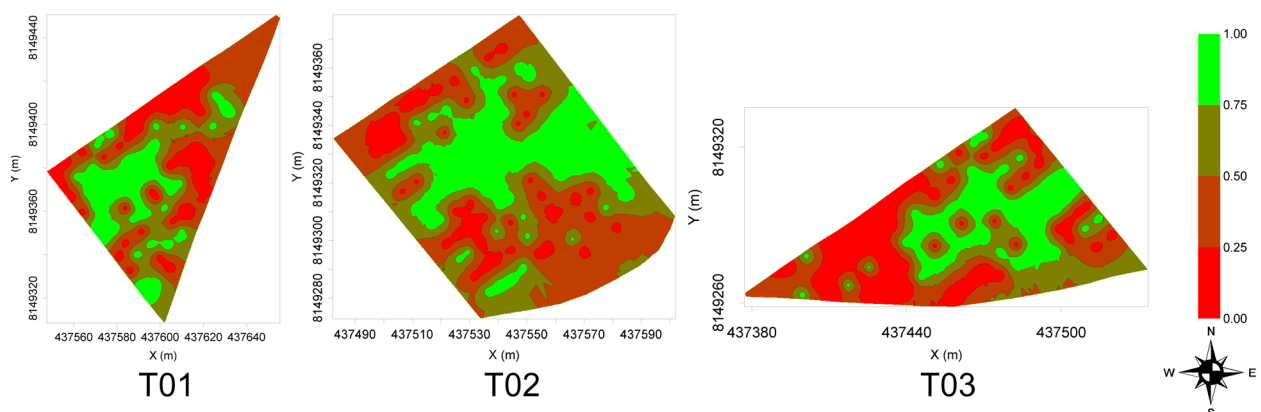


Figura 1. Mapas de krigagem indicativa para os tratamentos T01, T02 e T03 do talhão 35.
Figure 1. Indicative kriging maps for treatments T01, T02 and T03 of plot 35.

O uso de defensivos em doses elevadas, pode ser benéfico em volumes de aplicações mais baixos (CALABRESE, 2005). No entanto, deve-se considerar que doses baixas de volumes de calda na pulverização acarretam em gotas muito pequenas, podendo ocorrer deriva por evaporação, principalmente em herbicidas pós-emergentes (ANTUNIASSI; BAILO, 2008).

Comportamento semelhante ao relatado para o talhão 35 foi observado para o talhão 40 (Figura 2), onde a maior extensão de área apresenta valores de probabilidade inferiores a 0,75. Apesar da semelhança entre talhões, o T03 foi o que apresentou os piores valores, com a quase totalidade da área com valores inferiores a 0,25. Nessas condições é de se esperar que a eficiência da erradicação das brotações seja muito baixa, independentemente do período de avaliação.

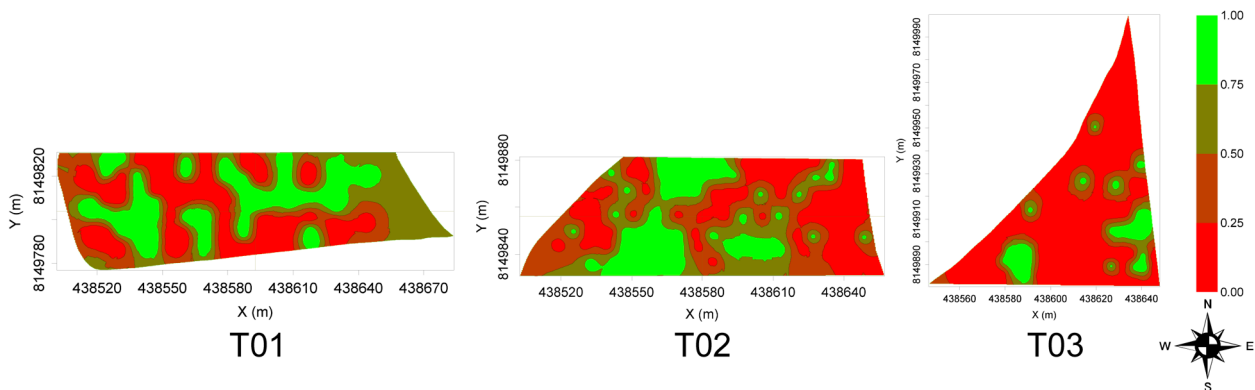


Figura 2. Mapas de krigagem indicativa para os tratamentos T01, T02 e T03 do talhão 40.
Figure 2. Indicative kriging maps for treatments T01, T02 and T03 of plot 40.

Andrade Neto et al. (2016) avaliando a eficiência de um herbicida sistêmico em folhas estreitas numa dose de 31,17 g.ha⁻¹ e taxas de aplicação de 100 e 200 L.ha⁻¹ na cultura do eucalipto, observaram que o nível de intoxicação nas folhas, após 20 dias da aplicação, foi menor com o volume de calda de 200 L.ha⁻¹. Esses resultados corroboram com o T03, que mesmo estando dentro do intervalo (189 e 231 L ha⁻¹) do ponto de corte da taxa de aplicação, também não apresentou o controle representativo nas plantas daninhas.

Vale salientar que doses elevadas de volume de calda na pulverização podem ocasionar problemas de saturação da calda, gerando escorrimento do produto na folha (ANTUNIASSI; BAILO, 2008) e maior custo de transporte do princípio ativo até o alvo.

De acordo com Galon et al. (2007), a outra explicação para a grande extensão dos valores inferiores a 0,25 para o T03, é que geralmente a adição de um herbicida de contato na calda de pulverização, torna a necessidade de maior volume de calda para obter-se o melhor controle, uma vez que a eficácia desses herbicidas depende da cobertura proporcionada pela calda, ou seja, do que a maior superfície da planta entre em contato com o herbicida.

Em relação aos mapas do talhão 41 (Figura 3), pode-se observar que o comportamento dos T01 e T03 foi similar ao dos T01 e T02 do talhão 40 (Figura 2). No entanto, visualmente, o mapa do T02 diferiu dos demais em grande parte da área, com valores próximos ao intervalo ótimo de volume de calda. Mesmo que esses valores do T02 sejam satisfatórios e estejam próximos ao recomendado, não significa que houve eficiência na erradicação das brotações.

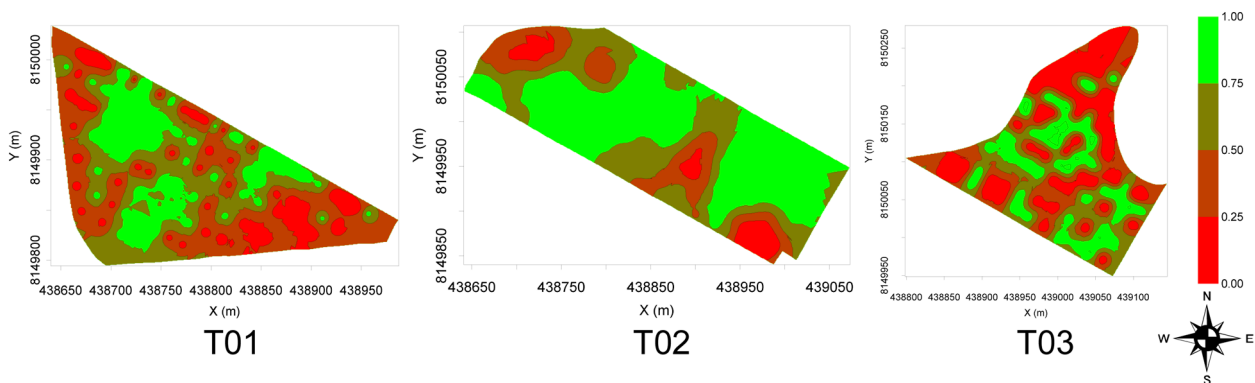


Figura 3. Mapas de krigagem indicativa para os tratamentos T01, T02 e T03 do talhão 41.
Figure 3. Indicative kriging maps for treatments T01, T02 and T03 of plot 41.

Agostineto (2015) afirma que o uso de adjuvantes e associações de produtos na calda de pulverização podem afetar a deposição do volume ou a quantidade do produto biologicamente ativo que impacta ou é absorvida pela planta. Theisen et al. (2004) afirmaram que a adição de adjuvantes na calda de pulverização eleva as condições de melhor absorção dos herbicidas, uma vez que boa parte desses produtos dificilmente atinja o alvo sem o acréscimo de algum tipo dessas substâncias.

Neste sentido, entende-se que os resultados satisfatórios observados para o T02 podem ter sido ocasionados pela adição do fertilizante foliar na calda, visto que os adjuvantes também podem promover benefícios no molhamento, aderência e espalhamento na dispersão da calda por meio de alterações das propriedades físico-químicas (MENDONÇA et al., 2007).

Para o talhão 43 (Figura 4), em todos os tratamentos, é possível observar a grande variabilidade na distribuição dos intervalos de probabilidade de ocorrência da taxa de aplicação, com exceção do T03 que obteve valores superiores a 0,75 em uma região específica do mapa. Essa elevada variabilidade reforça ainda mais que os volumes de calda alcançaram o patamar bem afastado do recomendado e, conseqüentemente contribuíram para o baixo controle das brotações.

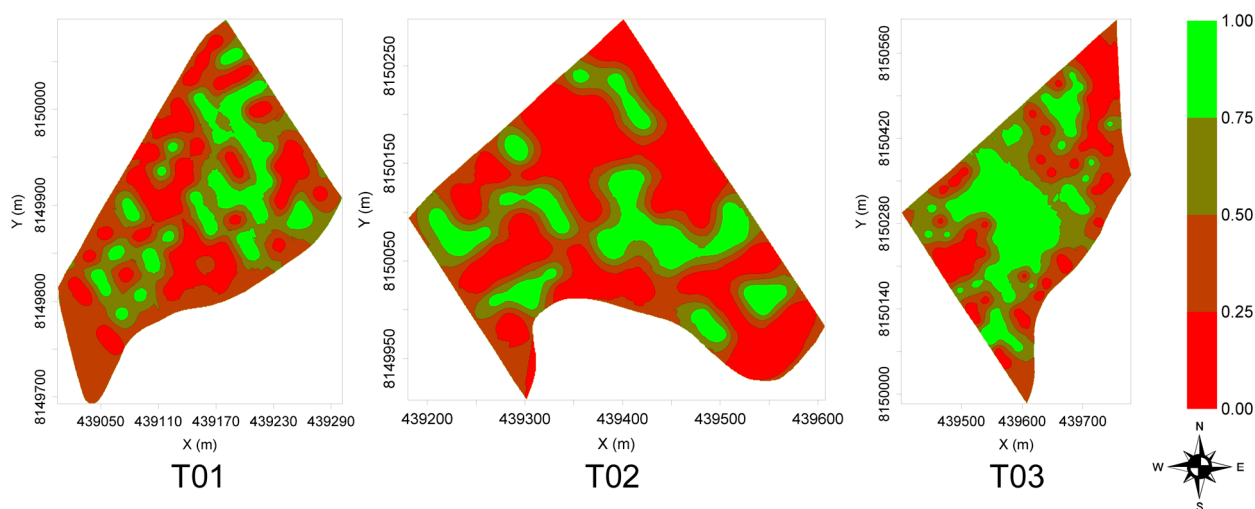


Figura 4. Mapas de krigagem indicativa para os tratamentos T01, T02 e T03 do talhão 43.

Figure 4. Indicative kriging maps for treatments T01, T02 and T03 of plot 43.

Para o talhão 44 (Figura 5), o comportamento de variabilidade espacial das taxas de aplicação foi similar ao do talhão 43 (Figura 4) para todos os tratamentos, apenas diferindo em relação ao T03, que obteve valores inferiores a 0,75 em quase a totalidade da área. Esse contraste entre o T03 dos talhões 43 e 44 está de acordo com a afirmação de Cunha et al. (2010b), que constataram que a adição de adjuvantes pode alterar o desempenho da pulverização, contudo, seu efeito pode ser positivo ou negativo no que refere-se à deposição do volume de calda.

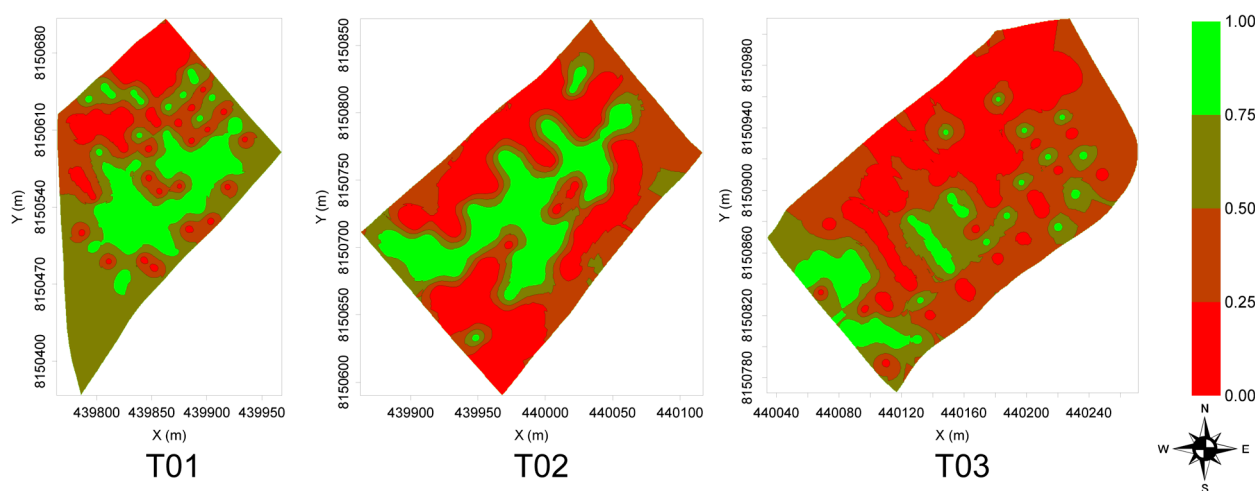


Figura 5. Mapas de krigagem indicativa para os tratamentos T01, T02 e T03 do talhão 44.

Figure 5. Indicative kriging maps for treatments T01, T02 and T03 of plot 44.

Para se avaliar em termos quantitativos a probabilidade de doses ótimas, foram calculadas as porcentagens de área com valores superiores a 90% para cada tratamento em cada um dos talhões (Tabela 3). Essa análise foi realizada apenas para os valores superiores a 0,90 por permitir identificar a extensão de áreas próximas às taxas ideais, considerando apenas 10% de variação em relação ao padrão.

Tabela 3. Porcentagem de áreas com valores superiores a 90% às taxas ideais de aplicação para os tratamentos T01, T02 e T03 de todos os talhões.

Table 3. Percentage of areas with values greater than 90% at the ideal application rates for treatments T01, T02 and T03 of all plots.

VARIÁVEL	TRAT	>0.90
TAL 35	1	2,25
	2	2,67
	3	3,14
TAL 40	1	11,07
	2	7,48
	3	1,48
TAL 41	1	2,06
	2	17,04
	3	3,29
TAL 43	1	1,76
	2	3,04
	3	4,27
TAL 44	1	3,33
	2	5,44
	3	0,44

Em todos os tratamento e talhões os valores de porcentagem de área com variação de probabilidade inferior a 0,10, foram inferiores a 15%, com exceção do T02 do talhão 41 (17,04%). Independente desse comportamento, os valores foram ruins em todas as condições, demonstrando que em apenas uma pequena parcela da área, a aplicação atendeu às recomendações pré-estabelecidas, concorrendo para a eficiência da tecnologia adotada.

Em linhas gerais, a aplicação não atendeu às recomendações, tanto para a avaliação do espectro de gotas, quanto para as taxas de aplicação e a cobertura de área com volumes de calda apropriados. A ausência de boas tecnologias de aplicação e ou o uso incorreto destas, pode causar inúmeros prejuízos ao sistema de cultivo florestal, contribuindo para a baixa eficiência de importantes práticas silviculturais em especial, aquelas relacionadas à erradicação de brotações em áreas de reforma florestal.

CONCLUSÕES

- Houve diferença no espectro de gotas gerado pelo herbicida aplicado individualmente e em associações com fertilizantes foliares e outros herbicidas.
- A taxa de aplicação apresentou elevada variabilidade, com distribuição espacial de pertinências muito distantes dos valores ótimos, comprometendo em quase a totalidade das áreas a distribuição do princípio ativo.
- A tecnologia de aplicação utilizada foi incapaz de garantir a adequada deposição de calda ao longo da área, independentemente do tratamento avaliado.
- Tanto para o espectro de gotas quanto para a taxa de aplicação, a ausência de uma eficiente tecnologia não possibilitou que os requisitos mínimos de qualidade fossem atendidos, comprometendo a eficácia da pulverização na erradicação de brotações de eucalipto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETO, M. C. Efeito de características da calda e estágio da corda-de-viola na eficácia de carfentrazone-ethyl e saflufenacil, 2015. 96 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.

- ALMEIDA, A. Q.; SOUZA, R. M. S.; LOUREIRO, D. C.; PEREIRA, D. R.; CRUZ, M. A. S.; VIEIRA, J. S. Modelagem da dependência espacial do índice de erosividade das chuvas no semiárido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 6, p. 371-379, 2017.
- ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; SIQUEIRA, D. L.; SASAKI, R. S.; RODRIGUES, D. E. Déficit de pressão de vapor d'água no ar na distribuição de líquido utilizando um pulverizador hidropneumático. **Revista Ciência Agrária**, Dois Irmãos, v. 56, n. 2, p. 81-87, 2013.
- ANDRADE NETO, E. F.; SOUSA, N. J.; REZENDE, E. H.; SOUZA, M. D.; TETTO, A. F.; MALINOVSKI, R. A.; KANIA NETO, L. Eficiência do herbicida haloxyfop-methyl no controle de *Brachiaria* sp. em plantios de eucalipto. **Revista ESPACIOS**, Caracas, v. 37, n. 14, p. 20, 2016.
- ANTUNIASSI, U. R.; BAILO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In.: VARGAS, L.; ROMAN, ES. (Eds.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. p.173- 212.
- BAESSO, M. M.; TEIXEIRA, M. M.; RUAS, R. A. A; BAESSO, R. C. E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, p. 780-785, 2014.
- BAIO, F. H. R.; GABRIEL, R. R. F.; CAMOLESE, H. S. Alteração das propriedades físico-químicas na aplicação contendo adjuvantes. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupã, v. 9, n. 2, p. 151-161, 2015.
- BARTHELEMY, P.; BOISGOINTER, D.; JOUY, L.; LAJOUX, P. **Choisir les outils de pulverisation**. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 1990. 160 p.
- CALABRESE, E. J. Historical blunders: how toxicology got the dose-response relationship half right. **Cellular and Molecular Biology**, v. 51, p. 643-654, 2005.
- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, n. 2, p. 1501-1511, 1994.
- COSTA, N. V.; SONTAG, D. A.; SCARIOT, C. A.; ROHRER, G. P.; VASCONCELOS, E. S. Doses de paraquat e volumes de calda na dessecação de *Brachiaria ruziziensis* antes do cultivo do milho safrinha. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 13, n. 2, p. 143-155, 2014.
- CUNHA, J. P. A. R.; BUENO, M. R.; FERREIRA, M. C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 1153-1158, 2010a.
- CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; REIS, E. F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010b.
- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para a redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-32, 2003.
- DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distrófico sob sistema de plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p.453-461. 2012.
- FERREIRA, M. D. C.; DI OLIVEIRA, J. R. G.; DAL PIETRO, I. R. P. S. Distribuição da calda herbicida por pontas de pulverização agrícola utilizadas em áreas de reflorestamento com eucalipto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 267-276, 2009.
- GALON, L.; PINTO, J. J. O.; AGOSTINETTO, D.; MAGRO, T. D. Controle de plantas daninhas e seletividade de herbicidas à cultura da soja, aplicados em dois volumes de calda. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 3, p. 325-330, 2007.

- IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2016**. São Paulo: IBA, 2016. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf> Acesso em: 26 de jul. 2017.
- ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **Applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989. 561 p.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**.Gotha: Verlag Justus Perthes, 1948. (Wall-map 150 cm x 200 cm)
- LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. R. **Krigagem indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos**. Rio Claro: DGA, IGCE, UNESP/Lab. Geomatemática, 2002. 19 p. (Texto Didático 06)
- MACHADO, M. S.; FERREIRA, L. R.; PEREIRA, G. A. M.; DE PAULA, J. L.; PAIXÃO, G. P.; DE FREITAS, P. H. M. Fertiactyl Pós® como protetor do eucalipto submetido à aplicação de glyphosate. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Dois Irmãos, v. 12, n. 2, p. 194-201, 2017.
- MARÇAL, A. R. S.; CUNHA, M. Image processing of artificial targets for automatic evaluation of spray quality. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 51, n. 3, p. 811-821, 2008.
- MENDONÇA, C. G.; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 16-23, 2007.
- MEWES, W. L. C.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; ZANUNCIO, J. C.; ALVARENGA, C. B. Aplicação de agrotóxicos em eucalipto utilizando Pulverizador pneumático. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 347-353, 2013.
- MINGUELA, J.; CUNHA, J. P. R. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2010. 588 p.
- MOORE, D. S. **A estatística básica e sua prática**. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora, 2000. 482 p.
- RUAS, R. A. A.; LIMA, J. C. L.; APPELT, M. F.; DEZORDI, L. R. Controle de Brachiaria decumbens Stapf com adição de ureia à calda do glifosato. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 4, p. 455-461, 2012.
- RUAS, R. A. A.; TEIXEIRA, M. M.; SILVA, A. A.; FERNANDES, H. C.; VIEIRA, R. F. Estimativa de parâmetros técnicos da tecnologia de aplicação do glyphosate no controle de Brachiaria decumbens. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 299-304, 2011.
- SANTOS, L. D. T; MACHADO, A. F. L.; VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; SOUZA, G. V. R. Crescimento do eucalipto sob efeito da deriva de glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 133-137, 2007a.
- SANTOS, L. D. T.; MEIRA, R. M. S. A.; FERREIRA, F. A.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; FERREIRA, L. R. Morphological responses of different eucalypt clones submitted to glifosato drift. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, p.11-20, 2007b.
- SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; MACIEL, C. F. S.; ALVARENGA, C. B.; FORASTIERE, P. R. Espectro das gotas produzidas por pontas de jato plano duplo defasado com indução de ar. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 211-218, 2016.
- SILVA, B. P.; MACHADO, Â. A.; FONSECA, E. D.; COSTA, M. F. Distribuição, diâmetro de gotas e fitotoxicidade de herbicidas aplicados em mudas de eucalipto com pontas de indução de ar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 13, n. 3, p. 225-234, 2014.

- SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; BOTTEGA, E. L. Yield mapping of arabic coffee and their relationship with plant nutritional status. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Temuco, v. 13, p. 556-564, 2013.
- SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; ZUCOLOTO, M. Distribuição espacial das frações granulométricas em um Latossolo Vermelho utilizando krigagem indicativa. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 195-202, 2011.
- SOUSA, C. A.; LIRA JUNIOR, M. A.; FERREIRA, R. L. C. Avaliação de testes estatísticos de comparações múltiplas de médias. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 59, n. 3, 2012.
- THEISEN, G.; RUEDELL, J.; BIANCHI, M. A. Tecnologia de aplicação de herbicidas: teoria e prática. In: THEISEN, G.; RUEDELL, J. (Ed.). *Aspectos técnicos da aplicação de herbicidas*. Cruz Alta: Aldeia Norte, 2004. p. 25-54.
- TIBURCIO, R. A. S. *Desenvolvimento de pulverizador visando o controle de brotações na reforma de eucalipto*. 2014. 83 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.
- TIBURCIO, R. A. S.; FERREIRA, F. A.; PAES, F. A. S. V.; MELO, C. A. D.; MEDEIROS, W. N. Crescimento de mudas de clones de eucalipto submetidos à deriva simulada de diferentes herbicidas. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 36, n. 1, 2012.
- VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELL, J. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010.
- VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; FREITAS, F. C. L.; QUIRINO, A. L. S.; SANTOS, M. V. Características técnicas de pontas de pulverização LA-1JC e SR-1. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 211-218, 2007.
- VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, Berkeley, v.51, n.3, p.1-75, 1983.
- YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. *Geoestatística: conceitos e aplicações*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 215 p.

Recebido em 29/10/2017

Aceito em 07/05/2018

