

ALTURA DO IPÊ-ROXO (*Tabebuia avellanedae*) NOS MANEJOS CONVENCIONAL E DE PRECISÃO, ANALISADA PELA GEOESTATÍSTICA

HEIGHT OF THE *Tabebuia avellanedae* IN THE CONVENTIONAL HANDLING AND SITE SPECIFIC HANDLING USING THE GEOSTATISTICS ANALYSIS

Wagner Lopes Klein¹ Eduardo Godoy de Souza²
Miguel Angel Uribe-Opazo³ Lúcia Helena Pereira Nóbrega⁴

RESUMO

A silvicultura de precisão visa aumentar a eficiência da produção agrícola, fundamentada em manejo diferenciado de áreas de agricultura. O objetivo deste trabalho foi analisar e comparar o desenvolvimento do ipê-roxo (*Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb.) sob duas formas de manejo de solo. A análise foi realizada durante o período de 01/03/03 a 01/03/04 em uma área no município de Mundo Novo-MS, dividida em dois blocos, e cada bloco em duas parcelas: uma sob manejo de silvicultura de precisão e outra sob manejo convencional. Cada uma das parcelas recebeu 252 mudas de ipê-roxo, totalizando 1008 plantas. Utilizaram-se técnicas geoestatísticas como semivariogramas para análise da estrutura da variabilidade espacial dos dados e a interpolação por krigagem para a construção de mapas temáticos. Dos resultados obtidos, tem-se que os mapas de necessidade e aplicação de nutrientes e os mapas de incremento na altura das plantas apresentaram estrutura de variabilidade semelhante para ambos os manejos. Nenhuma diferença expressiva entre os tratamentos foi encontrada.

Palavras-chave: silvicultura de precisão; mapas temáticos; variabilidade espacial.

ABSTRACT

The precision forestry aims to increase the agricultural production efficiency, based in differentiated handling of agriculture areas. The objective of this research was to analyze and to compare the development of the *Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Griseb. in two different soil handling. This analysis was accomplished during the period of one year (01/03/03 to 01/03/04) in an area belongs to the city of Mundo Novo, MS, Brazil. The area was divided in two blocks and each block in two plots, one with handling Precision Forestry and other one with conventional handling. Each one of the portions received 252 seedlings, totaling 1008 plants. Geostatistics was used through the semivariograms for spatial variability analysis and kriging for building the thematic maps. The necessity and the applied nutrients maps and the height increment maps showed similar variability for both treatments. No expressive difference between the treatments was found.

Keywords: precision forestry; thematic maps; spatial variability.

INTRODUÇÃO

Silvicultura de precisão é um termo que está cada vez mais sendo usado em engenharia florestal. Esse termo se apresenta como similar à silvicultura de precisão, utilizada na produção agropecuária. A silvicultura de precisão pode ser definida como o manejo localizado dos insumos agrícolas (sementes, fertilizantes, corretivos, defensivos, água, etc.) e visa aplicar somente a quantidade necessária de insumos em cada local do talhão. Sua proposta é fazer uso da informação e do manejo para melhorar a eficiência da aplicação de insumos agrícolas, aumentar os lucros e diminuir o impacto ambiental. Taylor *et al.* (2002) definem silvicultura de precisão como planejamento e condução de atividade de manejo localizado florestal e operações para melhorar a qualidade e utilização do produto florestal, reduzir perdas, aumentar lucro e

1. Matemático, MSc., Professor da Universidade Estadual do Mato Grosso (UEMS), Av: Castelo Branco, 416, CEP 79.980-000, Mundo Novo (MS). wklein@ibest.com.br
2. Engenheiro Mecânico, Dr., Professor Associado do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET), UNIOESTE, Grupo de Pesquisa GROSAP, Rua Universitária, 2069. CEP 85814-110, Cascavel (PR). godoy@unioeste.br
3. Estatístico, Dr., Professor Associado do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET), UNIOESTE, Grupo de Pesquisa GGEA Rua Universitária, 2069, CEP 85814-110, Cascavel (PR). mopazo@unioeste.br
4. Engenheira Agrônoma, Dr^a., Professora Adjunta do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET), UNIOESTE, Grupo de Pesquisa GROSAP, Rua Universitária, 2069, CEP 85814-110, Cascavel (PR). lhpn@unioeste.br

Recebido para publicação em 17/01/2006 e aceito em 18/04/2007.

manter a qualidade do ambiente. No Brasil, têm-se poucos trabalhos em silvicultura de precisão. Este trabalho avaliou a influência dos métodos convencional e de silvicultura de precisão no desenvolvimento da cultura do ipê-roxo em área de reflorestamento pela determinação da altura das plantas.

No Brasil, as últimas décadas foram marcadas pela introdução de novas tecnologias nas mais distintas áreas da agricultura. Como exemplo, pode-se citar as áreas de mecanização, irrigação e drenagem, desenvolvimento de híbridos, fertilização e introdução de agroquímicos mais eficientes no controle de pragas e doenças. Essas tecnologias provocaram, notoriamente, incremento na produtividade das culturas, revolucionando o sistema de produção agrícola (EMBRAPA, 1997).

A agricultura convencional, praticada atualmente pela maioria dos agricultores, faz uso maciço de insumos, podendo tornar-se insustentável e contaminar as águas superficiais e subterrâneas, comprometendo assim a utilização deste recurso natural. Os compromissos assumidos no desenvolvimento sustentável obrigam a adoção de tecnologias avançadas, visando diminuir diferenças entre a produtividade experimental e real. Segundo Vettorazzi e Ferraz (2000), o setor florestal desempenha importante papel na economia brasileira, tanto em termos de faturamento, como de empregos gerados. A busca da sustentabilidade tem sido uma característica do setor florestal. O aprimoramento do setor, buscando maior lucratividade e também certificação, gera uma demanda cada vez maior por dados confiáveis que venham a agilizar e aperfeiçoar o processo de tomada de decisões, de ordem estratégica e principalmente técnica. É neste cenário que se insere o conceito de silvicultura de precisão, podendo ser considerado um método de gerenciamento das atividades silviculturais, baseado na coleta e análise de dados geoespaciais, viabilizando intervenções localizadas na floresta, com a exatidão e a precisão adequadas. Taylor *et al.* (2002) dividiram a silvicultura de precisão em duas categorias principais: 1) uso de informações geoespaciais para auxiliar o manejo e o planejamento florestal; e 2) operações localizadas de silvicultura.

Ortiz *et al.* (2004) aplicaram técnicas de estatística clássica, geoestatística e geoprocessamento no mapeamento da variabilidade espacial do potencial produtivo, representado pelo índice de sítio em um talhão com clones de *Eucalyptus grandis*, e analisaram sua relação com atributos do solo e do relevo. Todas as variáveis apresentaram dependência espacial. No geral, as áreas de maior potencial produtivo apresentaram menores teores de argila total e umidade, maiores teores de areia total e areia mais grossa; além de ocuparem posição menos elevada no relevo, ou melhor, cotas mais baixas.

Segundo Queiroz *et al.* (2000), a silvicultura de precisão proporciona o mapeamento de atributos do solo e da cultura (produtividade), e sua principal função não é a obtenção de máxima produtividade, mas a otimização do retorno financeiro dentro de restrições impostas pelo ambiente.

Os recursos naturais renováveis, como o solo, a água, a fauna e a vegetação, são fatores de desenvolvimento para o país quando manejados adequadamente. A fragmentação das florestas, pelo processo de desmatamento, tem levado à redução e/ou à extinção de espécies da flora e da fauna (MORAES e MIGLIARI, 1997; BARBOSA, 2000). Em todo o local em que a vegetação foi eliminada, é possível reverter a situação por meio de diversos processos de recuperação de florestas. O período necessário para essa recomposição depende diretamente do nível de devastação que a vegetação original sofreu, ou seja, do estágio de perturbações no qual se encontra e, principalmente, das condições de degradação do solo que as suportam (CRESTANA *et al.*, 1993).

Glufke (1999) recomendou, entre outras, a espécie *Tabebuia avellanadae* para a utilização em recuperação de áreas degradadas em estágio inicial e médio de recuperação. Essa planta se desenvolve bem em floresta estacional decidual tanto para áreas de encosta como para áreas de mata ciliar. Para recomposição florestal a escolha do espaçamento a ser usado é uma tarefa bastante difícil. Em muitas circunstâncias, o espaçamento tem efeito sobre o custo da matéria-prima produzida, tipos de produtos a obter (lenha, carvão, madeira e outros), mecanização da cultura, facilidade para extração dos produtos, características ecológicas locais, além das características da espécie ou espécies escolhidas para o reflorestamento (RIO GRANDE DO SUL, 1985). Para os reflorestamentos homogêneos, pode-se adotar um espaçamento inicial de 2 x 2 m a 3 x 4 m, com populações respectivas de 1600 a 830 plantas por hectare. Nestes espaçamentos, o povoamento irá se formar mais rapidamente, mesmo se ocorrerem falhas no plantio (CRESTANA *et al.*, 1993).

A maioria das espécies florestais apresenta média a alta demanda nutricional, exigindo para seu

estabelecimento, pelo menos, solos de média fertilidade e com boas condições hídricas, sem longos períodos de estiagem. Dada a grande diversidade de espécies e, conseqüentemente, de exigências nutricionais, é difícil estabelecer recomendações de adubação específicas para cada espécie. O problema tem sido contornado pelas recomendações de adubação que assegurem o suprimento de nutrientes para as espécies florestais mais exigentes, de forma que as demais espécies também tenham suas demandas nutricionais atendidas (GONÇALVES, 1994).

O mapa de produtividade é uma ferramenta que avalia a resposta da cultura ao manejo e aplicação de insumos agrícolas aplicados. Na sua construção, freqüentemente, são utilizadas técnicas geoestatísticas. Essas técnicas tiveram sua origem na área de mineração (KRIGE, 1951) e estão fundamentadas na teoria das variáveis regionalizadas, a qual é uma técnica que considera a distribuição espacial das medidas, permitindo um raio de correlação espacial entre as amostras. Vieira (1998) definiu variável regionalizada como uma função espacial numérica, variando de um local para outro, com continuidade aparente e cuja variação não pode ser representada por uma função matemática simples. Essa continuidade ou dependência espacial pode ser estimada pelo semivariograma. O semivariograma é instrumento básico de suporte às técnicas de krigagem, pois permite representar quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço (CAMARGO *et al.*, 2002). O semivariograma pode ser definido como sendo um método estatístico que permite estudar a dispersão natural, o grau de continuidade dos dados amostrados no campo e a estrutura de dependência espacial de dados georreferenciados.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

Este trabalho foi desenvolvido no município de Mundo Novo, região sul do Estado de Mato Grosso do Sul, na latitude 23°56'17"S e longitude 54°16'15"O. O clima é temperado e úmido, com precipitação anual de 2750 mm, temperaturas médias anuais de 22° C, sendo, em média, no verão, de 30° C, e no inverno, de 15° C, com possíveis ocorrências de geadas. O solo predominante é Podzólico-vermelho-escuro (MATO GROSSO DO SUL, 2003). A vegetação original é do tipo subtropical. As principais espécies florestais que ocorrem na região são: peroba, canafístula, cedro, ipê-roxo, ipê-branco, angico, canjarana, tamburi e louro. A cobertura vegetal está completamente modificada em razão das intensas atividades agropecuárias e do extrativismo.

A área destinada à pesquisa possui 6000 m² (100 x 60 m) e foi dividida em dois blocos, sendo cada bloco dividido em duas parcelas de 50 x 30 m. A vegetação existente nesta área para recuperação é a pastagem nativa, conhecida pelo nome de grama mato-grosso. Duas parcelas receberam fertilização convencional (AC), e duas receberam fertilização localizada (silvicultura de precisão, SP). Na Figura 1, é apresentado o croqui da disposição das parcelas na área experimental considerando-se dois blocos. A cultura

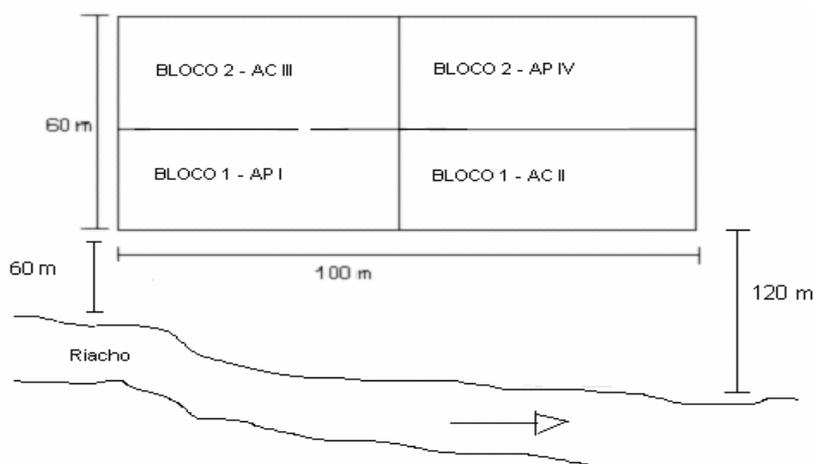


FIGURA 1: Posição dos blocos e parcelas na área de pesquisa (6000 m²), onde as parcelas I e IV são de silvicultura de precisão (SP) e as parcelas II e III são de agricultura convencional (AC).

FIGURE 1: Position of the blocks and the plots in the research area, where the plots I and IV are of precision forestry (SP) and the plots II and III are of conventional agriculture (AC).

implantada foi o ipê-roxo, em uma área de seis mil metros quadrados, com topografia de doze por cento de declividade, imprópria à agricultura, mas própria para o reflorestamento, localizada próximo à nascente de um córrego.

Os tratamentos foram sorteados em cada bloco de forma que o mesmo tratamento não ocupasse áreas adjacentes. Na medição da área, utilizaram-se GPS de navegação para a localização geográfica, teodolito para a declividade e trena para a demarcação dos pontos nos quais foram coletadas as amostras de solo para análise.

Atributos químicos do solo e metodologia de amostragem

Os atributos químicos do solo foram determinados pela análise de rotina, para fins de determinação da fertilidade, isto é: cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), potássio (K), carbono (C), potencial de hidrogênio (pH) e teor de hidrogênio e alumínio (H+AL³). Entretanto, neste trabalho, analisaram-se somente os atributos N, P, K. O N foi estimado a partir da matéria orgânica (MO), a qual foi calculada por:

$$MO = 1,72 * C \quad (1)$$

Na Figura 2, é apresentado o posicionamento dos pontos amostrais na área de trabalho. A técnica utilizada foi a de amostragem desalinhada sistemática aninhada (WOLLENHAUPT *et al.*, 1997). Em cada um dos 64 pontos de amostragem, foram colocadas estacas que serviram como referência para cada amostra composta, constituída de uma central e de mais três pontos, num raio de 50 cm. Primeiramente, limpou-se a área, e foi realizada a coleta com uma enxada, retirando-se a camada de resíduos vegetais até aparecer o solo. As amostras de solo foram feitas na profundidade de zero a vinte e cinco centímetros. Colocaram-se as quatro amostras num balde, misturando-se bem. Retirou-se então, aproximadamente, duzentos e cinquenta gramas, os quais foram colocados num saco plástico e identificados com o número do ponto de coleta e o endereço da propriedade. As referidas amostras foram enviadas para o laboratório onde foram feitas as análises químicas.

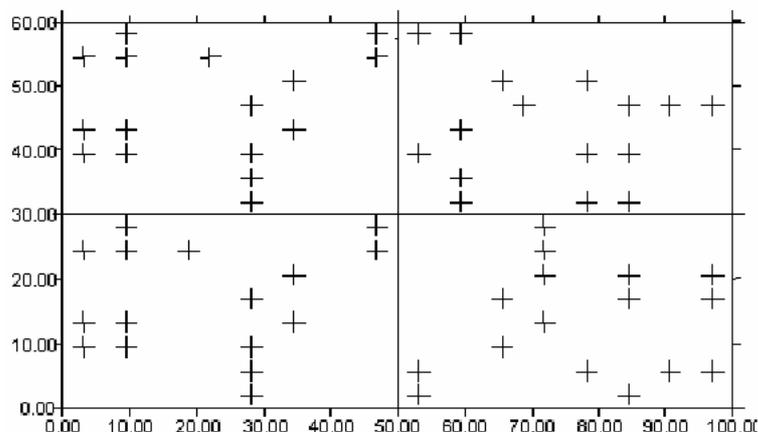


FIGURA 2: Croqui dos pontos de coletas para análise de solo.

FIGURE 2: Collection points for soil analysis.

Determinação da necessidade individual de fertilizantes

Para se executar a aplicação variável de fertilizantes, é necessário identificar, medir e mapear a variabilidade. Para tanto, mapas de contorno da disponibilidade de nutrientes foram criados pela interpolação por krigagem ordinária, utilizando-se dados de análises químicas do solo de amostras georreferenciadas, coletadas numa malha, totalizando 16 amostras por parcelas (30 m x 50 m). Foi possível, então, gerar os mapas de aplicação de nutrientes, a serem utilizados nas parcelas de silvicultura de precisão.

As parcelas I e IV receberam adubação localizada (AP), em função da necessidade local de nutrientes. Já as parcelas II e III receberam adubação convencional (AC), isto é, em função da necessidade média da parcela. Na prática, esses procedimentos levaram a recomendações diferentes.

A dosagem aplicada de cada fertilizante - N, P e K - foi baseada nas recomendações propostas por Malavolta (1987) para *Pinus elliottii*, devido a não ter sido encontrada recomendação específica para o ipê-roxo. Esta recomendação é: Nitrogênio - 0 kg ha⁻¹ para MO > 5,0%, 20 kg ha⁻¹ para 2,6 ≤ MO ≤ 5,0% e

40 kg ha⁻¹ para MO ≤ 2,5%; P₂O₅ – 0 kg ha⁻¹ para P > 20 mg dm⁻³, 60 kg ha⁻¹ para 10,1 ≤ P ≤ 20,0 mg dm⁻³ e 120 kg ha⁻¹ para P ≤ 10,0 mg dm⁻³; K₂O – 40 kg ha⁻¹ para 41 ≤ K ≤ 60 mg dm⁻³, 80 kg ha⁻¹ para 21 ≤ K ≤ 40 mg dm⁻³ e 120 kg ha⁻¹ para K ≤ 20,0 mg dm⁻³. Para as parcelas com silvicultura de precisão, a dosagem utilizada foi obtida conforme o procedimento a seguir: para valores maiores que o limite superior e o inferior, adotou-se o valor correspondente aos limites; para valores maiores entre o limite superior e o inferior, foi adotado o valor interpolado linearmente aos correspondentes limites superior e inferior.

Avaliação do crescimento da cultura do ipê-roxo

A avaliação do crescimento da cultura do ipê-roxo foi efetuada considerando-se a altura das plantas, realizada por meio da mensuração da parte aérea dos indivíduos componentes de cada parcela, isto é, da parte do caule rente ao solo até a extremidade superior. Foi utilizada uma trena metálica para efetuar as medições, e os dados obtidos foram expressos em centímetros. A avaliação nas áreas com plantio de mudas foi realizada a partir da data de instalação e a cada 90 dias, totalizando cinco medições (01/03/2003, 01/06/2003, 01/09/2003, 01/12/2003 e 01/04/2004). As mudas de ipê-roxo foram transplantadas, utilizando-se espaçamento de 2 x 2 m, para o local de experimento em 01/03/2003. Os tratos culturais foram realizados sempre que necessários, empregando-se os mesmos recomendados para culturas permanentes (adubação, roçadas de espécies invasoras, coroação e poda para eliminação de brotos laterais).

Análise dos dados

As análises estatísticas dos atributos químicos do solo foram realizadas para todas as parcelas utilizando-se técnicas exploratórias de estatística, estudando a estrutura da variabilidade espacial e, posteriormente, os mapas de contorno para a variável altura da planta.

Na análise exploratória dos dados, foram calculados: média, mediana, desvio-padrão, coeficiente de variação, quartis, curtose e assimetria, visando identificar e avaliar se os dados possuíam homogeneidade e normalidade. O coeficiente de variação (CV) foi considerado baixo, quando CV < 10% (homocedasticidade); médio, quando 10% ≤ CV ≤ 20%; alto, quando 20% ≤ CV ≤ 30%; e muito alto, quando CV > 30% (heterocedasticidade) (Gomes, 2002).

Para a análise descritiva espacial, foi utilizado o gráfico post-plot para verificar a necessária estacionaridade dos dados. Assim, se o mapa apresentava variação gradativa numa dada região ou direção, caracterizava tendência ou falta de estacionaridade, indicando problemas que poderiam afrontar as hipóteses necessárias ao emprego do estudo da variabilidade espacial (RIBEIRO JUNIOR, 1995). Neste tipo de caso, foi necessário remover a tendência por regressão linear e assim desenvolver os semivariogramas a partir dos resíduos dos dados.

Após a análise exploratória, os dados foram analisados sob a ótica da geoestatística, no intuito de identificar a estrutura da variabilidade espacial dos dados. Para esta identificação da dependência espacial entre as amostras, foi utilizado o semivariograma de Matheron (1959). A modelagem consistiu em ajustar um modelo teórico (esférico, exponencial ou gaussiano) ao semivariograma experimental. Obtido o modelo mais adequado, encontraram-se as estimativas dos parâmetros efeito pepita (C₀), alcance (a) e patamar (C₀ + C₁) pelo método de Mínimos Quadrados Ordinários, que, posteriormente, foram utilizadas para estimar os valores em posições não amostradas no campo, pela técnica de krigagem ordinária. O grau de dependência espacial dos semivariogramas foi avaliado pelo coeficiente de efeito pepita (E), utilizado por Souza *et al.* (1999), no qual E até 25 % representa forte dependência espacial; entre 25 e 75 %, moderada, e acima de 75 %, fraca dependência espacial, sendo E definido pela Equação (2):

$$E = \frac{C_0}{C_0 + C_1} \quad (2)$$

Finalmente, foram construídos mapas de contorno referentes à disponibilidade e necessidade de nutrientes no solo e do crescimento da planta para avaliar a influência dos métodos convencional e de silvicultura de precisão no desenvolvimento da cultura do ipê-roxo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise exploratória dos dados

Análise descritiva das parcelas silvicultura de precisão (SP)

Na Tabela 1, é apresentada a análise estatística do incremento da altura do ipê-roxo, para as parcelas silvicultura de precisão (SP). Todos os coeficientes de variação (CV) encontrados ficaram acima de 30 %, considerados por Gomes (2002) como muito altos. O maior CV encontrado foi 121% na parcela I, correspondente ao acréscimo de altura entre a primeira e a segunda medição. O menor CV foi 52,5 %, relativo ao acréscimo de altura entre a quarta e a quinta medição. Na parcela IV, o maior CV refere-se à primeira e à segunda medição com o valor de 108 %; o menor CV registrado na mesma parcela foi de 56,5 %, em relação à quarta e à quinta medição. Nota-se, ainda, melhor média de crescimento entre a quarta e a quinta medição, tanto para a parcela I como para a parcela IV, com valores médios de crescimento de 4,3 cm e 3,4 cm, respectivamente. Os valores do CV referentes ao intervalo de crescimento entre a primeira e a quinta medição foram de 37,9 % (parcela I) e 31,6 % (parcela IV). O crescimento médio para a parcela I foi 14,1 cm, e para a parcela IV, 11,9 cm. De acordo com os resultados do teste de Anderson Darling, todas as variáveis não apresentaram normalidade na distribuição dos dados.

TABELA 1: Estatística descritiva da variável acréscimo de altura (cm) do ipê-roxo, para as parcelas com silvicultura de precisão (SP).

TABLE 1: Descriptive statistics of the variable increase of height (cm) of the *Tabebuia avellanadae*, for the plots with precision forestry (SP).

Altura	Bloco 1 - Parcela AP I					Bloco 2 - Parcela AP IV				
	1º INT	2º INT	3º INT	4º INT	1ª...5ª	1º INT	2º INT	3º INT	4º INT	1ª...5ª
Média (cm)	2,19	3,62	3,97	4,32	14,08	1,96	3,37	2,99	3,45	11,86
Mínimo (cm)	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00
Q ₁ (cm)	0,00	2,00	2,00	3,00	10,50	0,00	2,00	2,00	2,00	9,00
Mediana (cm)	1,00	3,00	3,00	4,00	13,00	2,00	3,00	3,00	3,00	12,00
Q ₃ (cm)	4,00	5,00	5,00	5,50	17,00	3,00	5,00	4,00	5,00	14,00
Máximo (cm)	17,00	18,00	24,00	12,00	49,00	13,00	13,00	11,00	9,00	22,00
DP (cm)	2,66	2,52	2,69	2,27	5,34	2,12	2,28	1,84	1,95	3,75
CV (%)	121,00	69,60	67,50	52,50	37,95	108,20	67,65	61,53	56,52	31,63
Assimetria	1,53	1,85	2,67	0,97	1,71	1,49	0,87	0,80	0,50	0,288
Curtose	3,68	5,90	13,8	1,02	7,27	1,49	0,87	0,80	0,50	-0,14
p-valor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Em que: 1º INT = Intervalo da altura de 01 de março/03 a 01 de junho/03; 2º INT = Intervalo da altura de 01 de junho/03 a 01 de setembro/03; 3º INT = Intervalo da altura de 01 de setembro/03 a 01 de dezembro/03; 4º INT = Intervalo da altura de 01 de dezembro/03 a 01 de março/04; Q₁ = 1º quartil; Q₃ = 3º quartil; DP = desvio-padrão; CV = Coeficiente de variação; p-valor = Teste de normalidade de Anderson Darling.

Análise descritiva das parcelas com agricultura convencional (AC)

Na Tabela 2, é apresentada a análise estatística do incremento da altura do ipê-roxo para as parcelas com agricultura convencional (AC). Novamente, todos os CV encontrados ficaram acima de 30 %, considerados por Gomes (2002) como muito altos. O maior CV na parcela II foi 120 %, correspondente ao acréscimo no crescimento entre a primeira e a segunda medição. O menor CV foi 56,5 %, relativo ao acréscimo na altura entre a terceira e a quarta medição. Na parcela III, o maior CV refere-se à primeira e à segunda medição, com o valor de 132 %; o menor CV registrado na mesma parcela foi de 51,1 % em relação à quarta e à quinta medição. Pelos dados apresentados, verifica-se que, para a parcela II, o melhor crescimento médio ficou entre a quarta e a quinta medição, com 4,2 cm, e para a parcela III, o melhor crescimento médio ficou entre a segunda e a terceira medição, com 4,1 cm. Os valores dos CVs referentes ao intervalo de crescimento entre a primeira e a quinta medição foram de 34,0 % (parcela II) e 45,0 % (parcela III). O crescimento médio para a parcela II foi de 13,5 cm e, para parcela III, de 13,6 cm. Todas as variáveis não apresentaram normalidade na distribuição dos dados, segundo o teste de Anderson Darling.

TABELA 2: Estatística descritiva da variável acréscimo de altura (cm) do ipê-roxo, para as parcelas de agricultura convencional (AC).

TABLE 2: Descriptive statistics of the variable increase of height (cm) of the *Tabebuia avellanedae*, for the plots with conventional agriculture (AC).

Altura	Bloco 1 – Parcela AC II					Bloco 2 – Parcela AC III				
	1º INT	2º INT	3ºINT	4º INT	1ª...5ª	1º INT	2º INT	3º INT	4º INT	1ª...5ª
Média (cm)	2,24	3,33	3,70	4,20	13,51	1,77	4,06	3,76	3,99	13,65
Mínimo (cm)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00
Q ₁ (cm)	0,00	2,00	2,00	3,00	10,50	0,00	2,00	2,00	3,00	11,00
Mediana (cm)	1,30	3,00	3,00	4,00	13,00	1,00	4,00	3,00	4,00	13,00
Q ₃ (cm)	4,00	4,00	5,00	6,00	16,00	3,00	5,00	5,00	5,00	16,00
Máximo (cm)	13,00	11,00	13,00	28,00	23,00	16,00	15,50	55,00	60,00	81,00
DP (cm)	2,69	1,98	2,09	2,51	4,60	2,33	2,40	4,01	2,04	6,14
CV (%)	120,00	59,45	56,48	59,76	34,04	131,60	59,11	106,60	51,12	44,98
Assimetria	1,15	1,15	1,00	3,87	2,56	2,10	1,11	9,40	10,23	6,21
Curtose	0,67	1,53	2,06	33,86	18,64	6,70	2,34	117,20	133,40	64,04
p-valor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Em que: 1º INT = Intervalo da altura de 01 de março/03 a 01 de junho/03; 2º INT = Intervalo da altura de 01 de junho/03 a 01 de setembro/03; 3º INT = Intervalo da altura de 01 de setembro/03 a 01 de dezembro/03; 4º INT = Intervalo da altura de 01 de dezembro/03 a 01 de março/04; Q₁ = 1º quartil; Q₃ = 3º quartil; DP = desvio-padrão; CV = Coeficiente de variação; p-valor = Teste de normalidade de Anderson Darling.

Análise geoestatística da variabilidade espacial

Na Tabela 3, são apresentados os modelos e parâmetros ajustados aos semivariogramas individuais referentes ao acréscimo de altura de plantas, nas parcelas I e IV (SP) e II e III (AC). O grau de dependência espacial da variável de estudo indicou como sendo de moderada ($0,25 < E < 0,75$) a fraca ($E > 0,75$) a variação das variáveis em estudo. Na média geral, a variabilidade foi pouco maior para as parcelas de agricultura convencional que para as de silvicultura de precisão, fato este já esperado, visto que a silvicultura de precisão normalmente conduz a diminuição da variabilidade da variável em que atua.

TABELA 3: Parâmetros e modelos dos semivariogramas para a variável altura do ipê-roxo.

TABLE 3: Parameters and models of the semivariograms for the variable height of the *Tabebuia avellanedae*.

Variável	Modelo	C ₀	C ₁	C ₁ + C ₀	a	$E = \frac{C_0}{C_1 + C_0}$
SP I	Exponencial	24,42	10,82	35,24	33,58	0,69
AC II	Exponencial	12,75	3,31	16,06	11,31	0,79
AC III	Exponencial	34,36	11,12	45,48	45,49	0,75
SP IV	Exponencial	12,28	2,59	14,86	14,86	0,83

Em que: C₀ = efeito pepita; C₁ + C₀ = patamar; a = alcance; E = coeficiente efeito pepita.

Mapa de disponibilidade de nutrientes

Nas Figuras 3, 4 e 5, são apresentados os mapas de disponibilidade de nutrientes para MO (matéria orgânica), P e K, para a área amostrada.

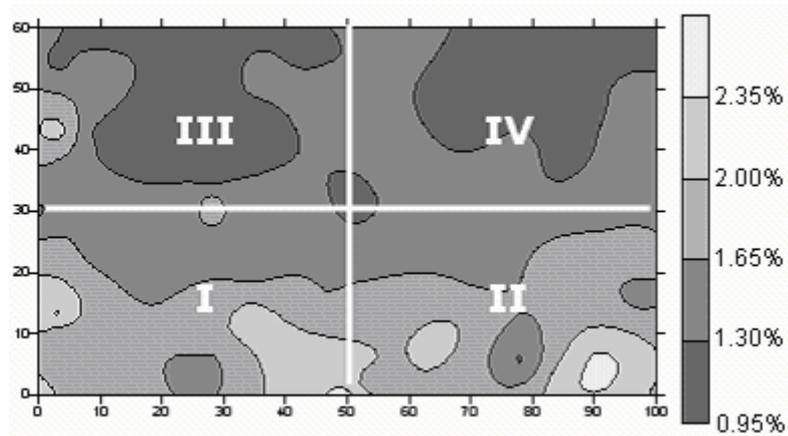


FIGURA 3: Disponibilidade de matéria orgânica – MO (%).

FIGURE 3: Availability of organic matter – MO (%).

Verifica-se maior disponibilidade de matéria orgânica (MO, Figura 3) nas parcelas I e II, de fósforo, (P, Figura 4) na parcela I e de potássio (K, Figura 5), nas parcelas III.

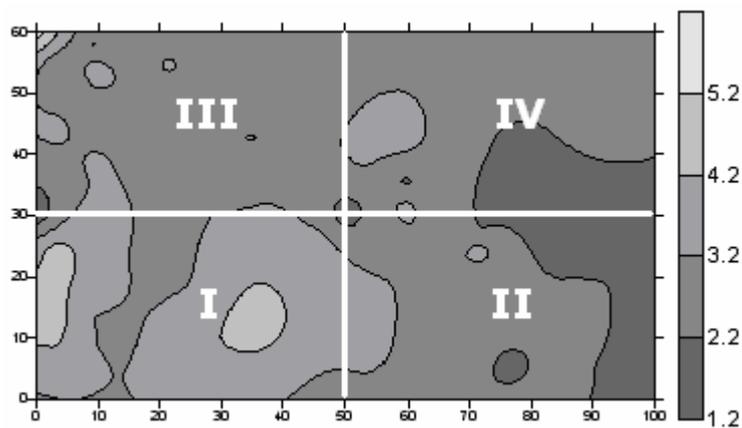


FIGURA 4: Disponibilidade de fósforo – P (mg dm^{-3}).

FIGURE 4: Availability of phosphorous – P (mg dm^{-3}).

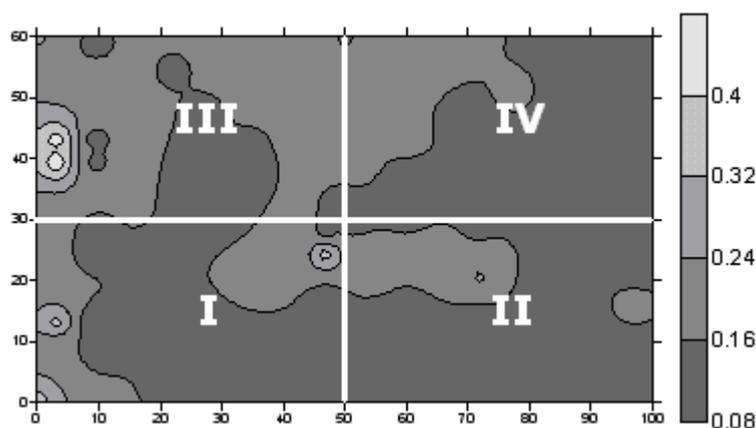


FIGURA 5: Disponibilidade de potássio – K ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

FIGURE 5: Availability of potassium – K ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

Mapas de contorno do acréscimo da altura das plantas

Com base nos parâmetros de ajuste (efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C_1$), alcance (a)) e nos modelos

ajustados nos semivariogramas individuais, foram construídos mapas de contornos para a variável em estudo, caracterizando, desse modo, o comportamento espacial do crescimento da planta, durante o período de um ano (01/03/03 a 01/03/04) para cada parcela, os quais são apresentados nas Figuras 6 a 9.

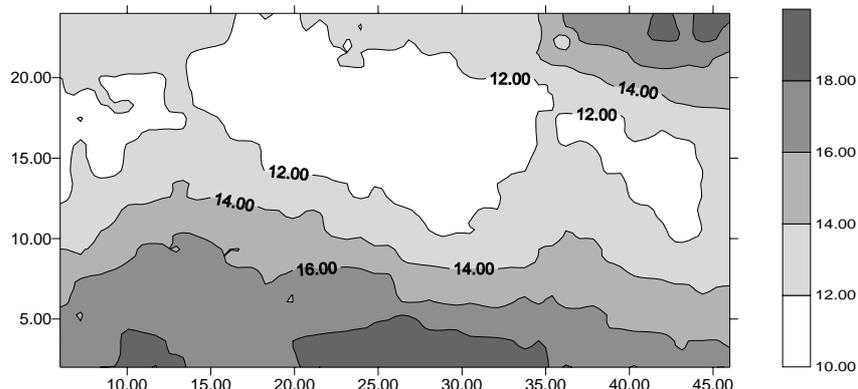


FIGURA 6: Distribuição espacial do acréscimo da altura da planta (cm), para parcela I, silvicultura de precisão, referente ao intervalo de um ano (01/03/03 a 01/03/04).

FIGURE 6: Spatial distribution of the increase of the plant height (cm), for portion I, precision forestry, regarding the interval of one year (01/03/03 to 01/03/04).

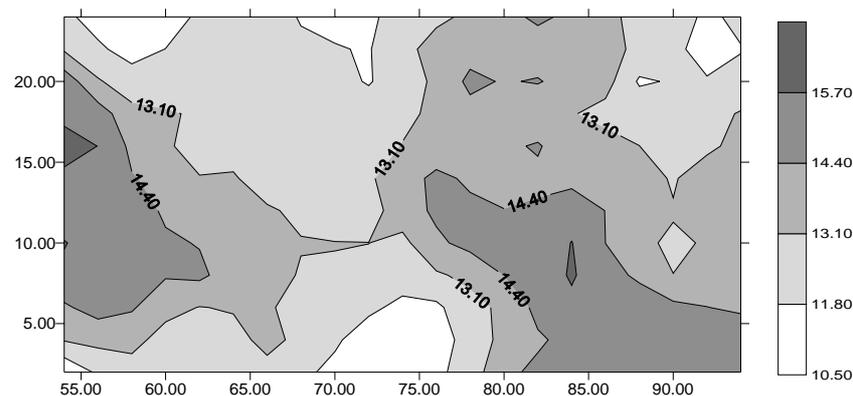


FIGURA 7: Distribuição espacial do acréscimo da altura da planta (cm), para parcela II, agricultura convencional, referente ao intervalo de um ano (01/03/03 a 01/03/04).

FIGURE 7: Spatial distribution of the increase of the plant height (cm), for portion II, conventional agriculture, regarding the interval of one year (01/03/03 to 01/03/04).

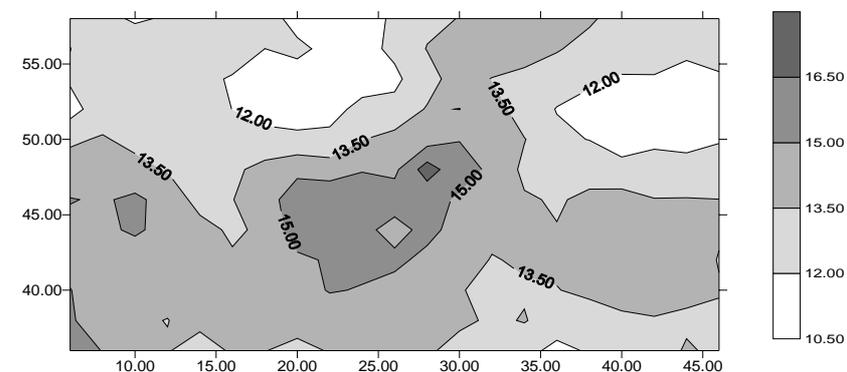


FIGURA 8: Distribuição espacial do acréscimo da altura da planta (cm), para parcela III, agricultura convencional, referente ao intervalo de um ano (01/03/03 a 01/03/04).

FIGURE 8: Spatial distribution of the increase of the plant height (cm), for portion III, conventional agriculture, regarding the interval of one year (01/03/03 to 01/03/04).

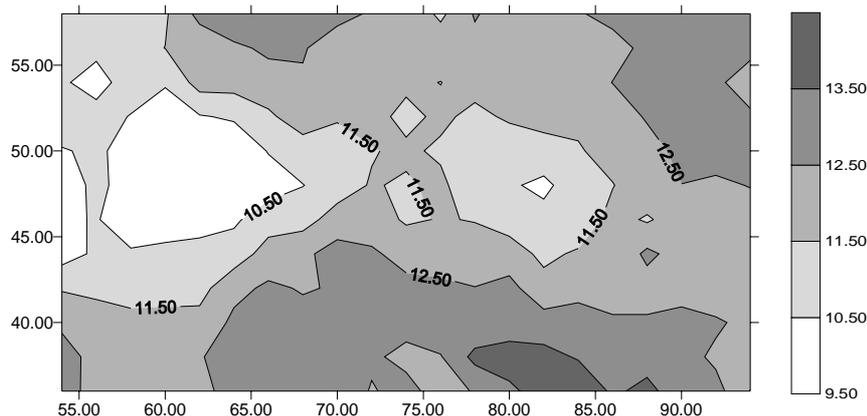


FIGURA 9: Distribuição espacial do acréscimo da altura da planta (cm), para parcela IV, silvicultura de precisão, referente ao intervalo de um ano (01/03/03 a 01/03/04).

FIGURE 9: Spatial distribution of the increase of the plant height (cm), for portion IV, precision forestry, regarding the interval of one year (01/03/03 to 01/03/04).

Nas parcelas próximas ao rio (SP I e AC II), verificou-se maior desenvolvimento do ipê-roxo na parte inferior da parcela, provavelmente pelo fato de que as áreas estavam mais próximas ao rio e havia maior disponibilidade de MO e P. Já a parcela AC III apresentou maior desenvolvimento no centro e na parte inferior esquerda, enquanto a parcela SP IV apresentou maior desenvolvimento em todo lado direito da área. É difícil a comparação visual entre os mapas para saber qual parcela apresentou melhor desempenho. A referida comparação pode ser feita a partir das Tabelas 1 e 2, nas quais se pode observar que, em média, nenhum dos tratamentos (SP e AC) mostrou-se superior em termos de desenvolvimento da planta, apesar de haver leve vantagem para o sistema convencional.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e para as condições analisadas, pode-se concluir que:

A variável altura da planta apresentou dependência espacial;

Os mapas de crescimento de altura das plantas para as parcelas com silvicultura de precisão e convencional apresentaram tendências semelhantes;

Em média, nenhum dos tratamentos (manejo convencional e de silvicultura de precisão) mostrou-se superior em termos de desenvolvimento da planta. Vale ressaltar que o tempo de avaliação de 12 meses pode ter sido curto para avaliar o crescimento de uma planta perene. Conclui-se, então, que um tempo de avaliação mais longo poderia detectar essas diferenças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, L.M. **Manual sobre princípios de recuperação vegetal de áreas degradadas**. São Paulo: SMA/CEAM/CIMP, 2000. 76 p.

CAMARGO, P.M.; LEKOVIC, V.; WEINLAENDER, M. *et al.* Platelet-rich plasma and bovine porous bone mineral combined with guided tissue regeneration in the treatment of intrabony defects in humans. **Journal of Periodontal Research**. Hilgardia, Berkeley, v. 37, p. 300-306, 2002.

CRESTANA, M.S.M.; TOLEDO-FILHO, D.V.; CAMPOS, J.B. **Florestas: Sistemas de recuperação com essências nativas**. Campinas: CATI, 1993. 60 p.

EMBRAPA - Serviços Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (Documentos; 1).

GLUFKE, C. **Espécies florestais recomendadas para recuperação de áreas degradadas**. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 1999. 48 p.

GOMES, F.P. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. 1. ed., São Paulo: Fealq, 2002. 309 p.

GONÇALVES, J. L. M. **Relatório de pesquisa sobre nutrição mineral de espécies nativas**. Piracicaba: Convênio CESP-ESALQ-IPEF, 1994. 25 p.

- KRIGE, D.G. A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the Witwatersrand. **Johannesburg Chemistry Metallurgy Mining Society South African**, v.52, n.6, p.119-139, 1951.
- MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1987. 496 p.
- MATHERON, G. **Le paramétrage des contours optimaux**. Technique notes 401 et 403. Foitainebteau, France: Centre de Géostatistique de l'École des Mines de Paris, 1959. p. 19-54.
- MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado da Agricultura. Centro de Pesquisa de Solo. **Manual de análise de solos**. 2 ed. Campo Grande: SEPLAM, 2003. p 9-18.
- MORAES, D.A.A.; MIGLIARI, A.C. **Reposição florestal para a melhoria da qualidade ambiental municipal**. Brasília: Ministério da Agricultura, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Projeto Novas Fronteiras do Cooperativismo, 1997. 16 p.
- ORTIZ, J.L.; VETTORAZZI, C.A.; DO COUTO, H.T.Z. *et al.* Silvicultura de precisão: relação entre o potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. Esalq/USP, 2004.
- QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P.; MATOVANI, E.C. Agricultura de precisão na produção de grãos. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M. **Agricultura de precisão**. Viçosa: Editora UFV, 200. p.65-75.
- RIBEIRO JUNIOR, P.J. **Método geoestatístico no estudo da variabilidade espacial de parâmetros do solo**. 1995. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP. Piracicaba, 1995.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Estado da Agricultura. Instituto de Pesquisas de Recursos Renováveis Ataliba Paz. **Plantio de espécies florestais**. 2 ed. Porto Alegre: IPRNR, 1985. p.5-16.
- SOUZA, E.G.; JOHANN, J.A.; ROCHA, J.V. *et al.* Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo em um Latossolo Roxo distrófico da região de Cascavel - PR. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n.3, p. 80-92, 1999.
- TAYLOR, S.E.; VEAL, M.V.; GRIFT, T.E. *et al.* Precision Forestry: Operational Tactics for Today and Tomorrow. In: 25th ANNUAL MEETING OF COUNCIL ON FOREST ENGINEERS, 25th, 2002, Alburn. **Anais...** Alburn: Council on Forest Engineers, 2002.
- VETTORAZZI, C.A.; FERRAZ, S.F.B. Silvicultura de precisão: uma nova perspectiva para o gerenciamento de atividades florestais. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M. **Agricultura de precisão**. Viçosa: Editora UFV, 2000. p.65-75.
- VIEIRA, S.R.; LOMBARDI NETO, F. BURROWS, I.T. Mapeamento da chuva máxima provável para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, n.11, p.93-98, 1998.
- WOLLENHAUPT, N.C.; MULA, D.J.; GOTWAY CRAWFORD, C.A.R.P. Soil Sampling and interpolation techniques for mapping spatial variability of soil properties. In: PIERCE, F. J.; SADLER, E. J. (eds.) **The state of site specific management for agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1997. 430p.