



## MODELAGEM GEOESTATÍSTICA DA DINÂMICA ESPACIAL DA ALTURA DOMINANTE DE *Tectona grandis* L.f. (TECA)

Allan Libanio Pelissari<sup>1</sup>, Sidney Fernando Caldeira<sup>2</sup>, Ronaldo Drescher<sup>2</sup>, Vanderley Severino dos Santos<sup>3</sup>

1. Doutorando em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil ([allanpelissari@gmail.com](mailto:allanpelissari@gmail.com)).
2. Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.
3. Professor Doutor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

### RESUMO

O conhecimento das variabilidades espacial e temporal dos fatores que afetam o desenvolvimento dos povoamentos florestais permite realizar intervenções precisas, para obter o máximo rendimento de acordo com as potencialidades dos sítios florestais. Assim, o objetivo do presente trabalho foi aplicar a geoestatística para caracterizar a dinâmica espacial da altura dominante em um povoamento homogêneo de teca, em Mato Grosso, Brasil. Para a coleta de dados, foram alocadas de forma sistemática 46 parcelas permanentes de 15 m x 30 m e obtidos os valores médios da altura dominante nas idades de dois a nove anos. Foi utilizada a análise geoestatística e modelos de semivariogramas para descrever os padrões espaciais, com a seleção dos melhores ajustes determinada segundo o coeficiente de determinação e a validação cruzada. A interpolação e a espacialização foram realizadas pelo método da krigagem ordinária pontual. A distribuição espacial da altura dominante da teca, elaborada por meio da geoestatística, apresenta precisão estatística e diferentes padrões e dinâmicas espaciais, essenciais para a avaliação da capacidade produtiva do sítio florestal e para a definição de zonas homogêneas de manejo e de adoção de práticas silviculturais de precisão durante o ciclo de produção da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** variabilidade espacial, geoestatística, krigagem.

### GEOSTATISTICAL MODELING OF DOMINANT HEIGHT SPACE DYNAMIC OF *Tectona grandis* L.f. (TEAK)

#### ABSTRACT

The knowledge of spatial and temporal variability of factors affecting the development of forest stands allows precise interventions, for maximum yield according to the potential of forest sites. The objective of this work was to apply geostatistics to spatial dynamics characterize of dominant height in a pure stand of teak in Mato Grosso State, Brazil. For data collection, systematically were allocated 46 permanent plots of 15 m x 30 m and average values obtained from the dominant height at the ages of

two to nine years. The geostatistical analysis and models semivariogram were used to spatial patterns describe and best fit determined by coefficient of determination and cross-validation. The spatial interpolation was conducted by punctual ordinary kriging method. The spatial distribution of teak dominant height, elaborated by geostatistics, presents statistical accuracy and different spatial patterns and dynamics, it's essential for the productive capacity assessment of site and to define management homogeneous areas and precision silvicultural practices adoption during the culture cycle production.

**KEYWORDS:** spatial variability, geoestatistic, kriging.

## INTRODUÇÃO

Nos empreendimentos florestais, a busca pela eficiência no planejamento e na gestão florestal envolve práticas de condução dos povoamentos florestais que exigem o conhecimento das características das espécies cultivadas e do local onde se desenvolvem (MARQUES, 2006). No entanto, os métodos tradicionais, utilizados para a avaliação da produção e da produtividade das florestas, utilizam uma medida de tendência central, geralmente a média, além de uma medida de dispersão, como a variância, sem considerar as relações existentes entre as observações vizinhas. Assim, à medida que cresce a necessidade por informações detalhadas, consolida-se a utilização de ferramentas aplicadas pela silvicultura de precisão.

A silvicultura de precisão representa um modelo de gerenciamento fundamentado na coleta e na análise de dados geoespaciais e no conhecimento das variabilidades espacial e temporal das florestas (RIBEIRO, 2002), a qual conta com o apoio de diversas tecnologias, com destaque à geoestatística, cujo uso permite avaliar e modelar a estrutura espacial de determinadas variáveis e possibilitar a elaboração de mapas que auxiliam na identificação dos fatores que limitam o desenvolvimento dos povoamentos florestais (ORTIZ, 2003), possibilitando, desta maneira, intervenções localizadas e a melhoria na eficiência da aplicação de insumos, que, por ventura, reduzem os custos de produção e os impactos ambientais (VETTORAZZI & FERRAZ, 2000).

A teca (*Tectona grandis* L.f. - Lamiaceae) é uma espécie natural da Índia, Mianmar, Tailândia e Laos e introduzida, há centenas de anos, na Indonésia e Sri Lanka. Atualmente, apresenta uma distribuição relativamente ampla, sendo cultivada em diversas regiões da África e das Américas do Sul e Central, ocupando espaço de destaque no mercado entre as principais espécies produtoras de madeira tropical (TANAKA *et al.*, 1998; KRISHNAPILLAY, 2000; PANDEY & BROWN, 2000; BERMEJO *et al.*, 2004).

O principal produto desta espécie é a madeira de qualidade utilizada em móveis de luxo e na construção naval (FIGUEIREDO *et al.*, 2005). A teca é considerada uma alternativa às espécies de valor econômico elevado, como a *Swietenia macrophylla* King e a *Torresea acreana* Ducke, para o suprimento sustentável das indústrias de base florestal (CALDEIRA *et al.*, 2000; DRESCHER, 2004). Além da possibilidade de comercialização de produtos desde os primeiros desbastes (GONZÁLEZ, 2004), também existe o potencial para o mercado de sequestro de carbono (ENTERS, 2000), o que torna a teca um investimento lucrativo aos seus produtores (ÂNGELO *et al.*, 2009).

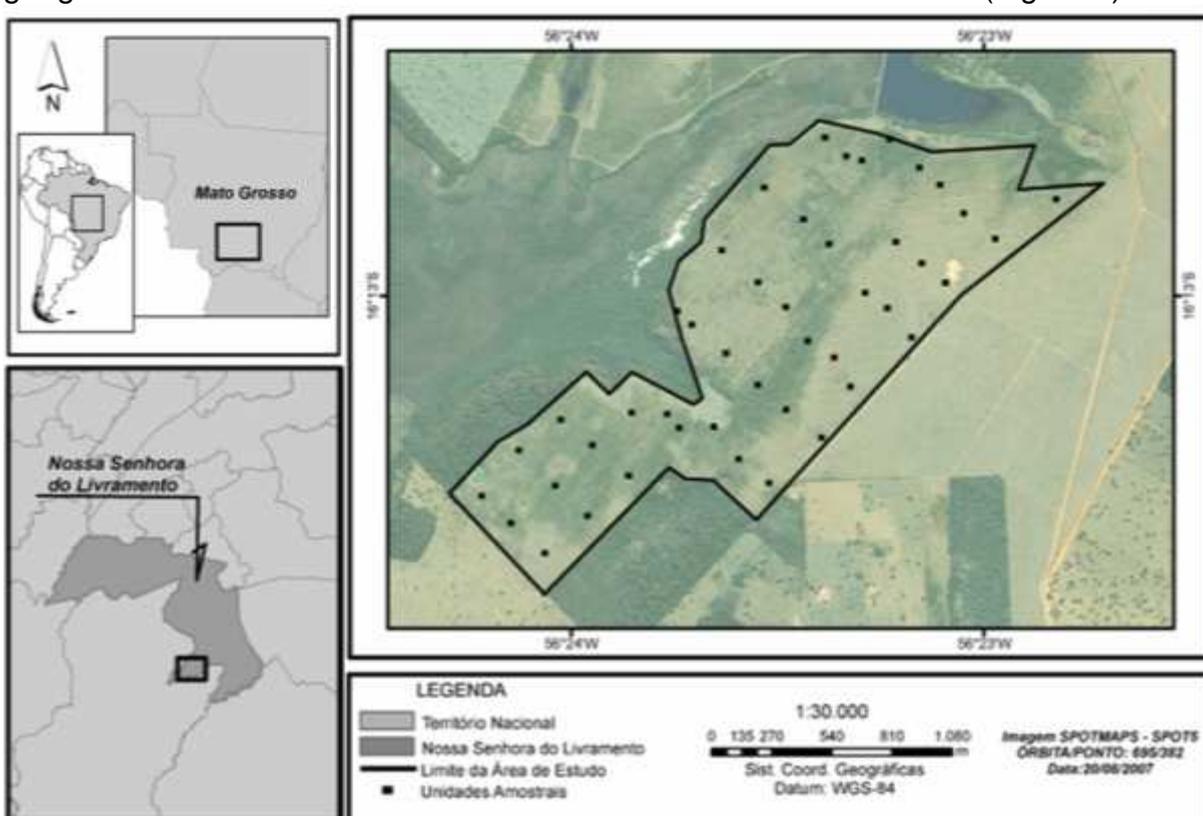
O interesse na teca, como alternativa aos plantios florestais tradicionais no Brasil, vem crescendo muito atualmente (SCHUHLI & PALUDZYSZYN FILHO, 2010), correspondendo a, aproximadamente, 68 mil hectares de plantios (ABRAF,

2012), com destaque ao estado de Mato Grosso, onde demonstra alta perspectiva de retorno de investimentos nos plantios intensivos (SHIMIZU *et al.*, 2007). No entanto, apesar de diversos estudos sobre a teca no mundo, estes ainda são escassos nos trópicos e muito reduzidos no Brasil (TONINI *et al.*, 2009).

O conhecimento das variabilidades espacial e temporal dos fatores que afetam o desenvolvimento dos povoamentos florestais permite realizar intervenções precisas, para obter o máximo rendimento de acordo com as potencialidades dos sítios florestais (BRANDELERO *et al.*, 2007). Assim, o objetivo do presente trabalho foi aplicar a análise geoestatística para caracterizar a dinâmica espacial da variável altura dominante de um povoamento homogêneo de teca no estado de Mato Grosso, Brasil.

### METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido em um povoamento equiâneo e homogêneo de teca, com 213 ha implantados em 1999 no espaçamento 3 m x 3 m, na Fazenda Campina, da empresa Teca do Brasil Ltda., localizada no município de Nossa Senhora do Livramento, região sul do estado de Mato Grosso, nas coordenadas geográficas 16°13'30" S a 16°13'50" S e 56°22'30" W a 56°24'30" W (Figura 1).



**FIGURA 1.** Localização do povoamento de teca no estado de Mato Grosso.

O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com estações seca e chuvosa definidas (PEEL *et al.*, 2007), precipitação média de 1.300 mm.ano<sup>-1</sup>, temperatura média anual de 25 °C, com médias das mínimas de 20 °C e das máximas de 32 °C, evapotranspiração potencial de 4,1 mm.dia<sup>-1</sup> e umidade relativa do ar de 70% a 75% (CAMPELLO JÚNIOR *et al.*, 1991). O relevo característico é o suavemente ondulado e o solo é classificado como PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico (EMBRAPA, 2006) de textura franco-argilo-arenosa.

Para o plantio, o solo foi descompactado com subsolador, arado, nivelado. As

desramas ocorreram a partir do segundo ano, com a retirada de galhos até  $\frac{1}{3}$  da altura total das árvores nessa idade, até  $\frac{1}{2}$  no terceiro ano e até  $\frac{2}{3}$  no quarto ano, e a manutenção com a remoção de galhos até 7,0 m de altura nas idades seguintes. Os desbastes, do tipo seletivo, foram executados aos cinco e aos oito anos, com a remoção média de 40% e 33%, respectivamente, do número de árvores por hectare.

Para a coleta de dados, de forma sistemática foram alocadas 46 parcelas permanentes de 15 m x 30 m (450 m<sup>2</sup>), correspondendo à densidade inicial de 50 árvores por parcela, e obtidos os valores médios anuais da variável altura dominante de ASSMANN (1961), obtida pela média aritmética da altura de 100 árvores de maior DAP em um hectare, com a avaliação nas idades entre dois e nove anos do povoamento, cuja análise estatística descritiva está apresentada na Tabela 1.

**TABELA 1.** Análise estatística descritiva da altura dominante da teca, de dois a nove anos de idade, em Mato Grosso.

Idade (ano)	Mínimo	Média	Mediana (m)	Máximo	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
2	3,50	5,54	5,50	7,25	0,80	14,41
3	6,50	8,91	9,00	11,10	1,22	13,68
4	8,88	11,14	11,09	13,60	1,26	11,28
5	9,20	12,35	12,57	14,50	1,26	10,23
6	11,20	14,44	14,50	16,61	1,18	8,17
7	15,64	16,65	16,68	17,34	0,38	2,30
8	17,54	18,41	18,38	19,47	0,42	2,30
9	17,72	18,96	18,97	20,34	0,53	2,78

Os dados foram submetidos aos testes de Kolmogorov-Smirnov (K-S), ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do pacote estatístico Assistat 7.5 (SILVA & AZEVEDO, 2002), para a constatação da normalidade, comparando a distribuição observada com a normal teórica. Na ausência de significância, os dados foram transformados em  $\ln(x)$  ou  $\sqrt{x}$  e submetidos novamente ao teste K-S. Para descrever e modelar os padrões espaciais foi utilizada a análise geoestatística com o ajuste do semivariograma, o qual corresponde a uma ferramenta matemática que permite estudar a dispersão espacial de uma variável em função da distância (ANDRIOTTI, 2003), por meio da expressão:

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

Em que:  $y(h)$  = semivariância da variável  $Z(x_i)$ ;  $h$  = distância; e  $N(h)$  = o número de pares de pontos medidos  $Z(x_i)$  e  $Z(x_i + h)$ , separados por uma distância  $h$ .

O semivariograma é composto pelo efeito pepita ( $C_0$ ), que corresponde ao valor da semivariância para a distância zero e indica a variação ao acaso ou erros na obtenção dos dados; o patamar ( $C$ ), que representa a estabilização dos valores do semivariograma aproximadamente igual à variância dos dados; a contribuição ( $C_1$ ), que é dada pela diferença entre o patamar ( $C$ ) e o efeito pepita ( $C_0$ ) e; o alcance ( $A$ ), que é definido pela distância onde o semivariograma alcança o patamar

e indica o limite onde as unidades amostrais estão correlacionadas entre si (VIEIRA, 2000).

Foram testados quatro modelos de semivariogramas (Tabela 2) com o auxílio do programa computacional GS+ 7.0 versão demonstração (ROBERTSON, 2008), e a seleção dos melhores ajustes foi determinada com base no maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e na validação cruzada, a qual consistiu em estimar o valor de cada unidade amostrada, por meio do semivariograma ajustado, e plotar os valores observados em função dos estimados. Para um ajuste ideal, têm-se o coeficiente linear (a) igual a um; o coeficiente angular (b) igual a zero; e o coeficiente de determinação da validação cruzada ( $R^2_{vc}$ ) igual a um. Além disso, os semivariogramas foram executados nas direções de  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  e  $135^\circ$ , a fim de se verificar a presença de anisotropia.

**TABELA 2.** Modelos de semivariogramas ajustados para a altura dominante da teca, em Mato Grosso.

Modelo	Denominação
1 $\gamma(h) = C_0 + C \left[ \left( \frac{3}{2} \right) \left( \frac{h}{A} \right) - \left( \frac{1}{2} \right) \left( \frac{h}{A} \right)^3 \right]$	Esférico
2 $\gamma(h) = C_0 + C \left( 1 - e^{-h/A} \right)$	Exponencial
3 $\gamma(h) = C_0 + C \left( 1 - e^{-h^2/A^2} \right)$	Gaussiano
4 $\gamma(h) = C_0 + p(h)^A$	Linear

$\gamma(h)$  = semivariância da variável de interesse;  $C_0$  = efeito pepita;  $C$  = patamar;  $A$  = alcance;  $h$  = distância;  $e$  = exponencial; e  $p$  = inclinação da reta.

Após o ajuste dos modelos, foi obtido o grau de dependência espacial (GD), expresso pela razão percentual entre o efeito pepita ( $C_0$ ) e o patamar ( $C$ ) e que representa a porção da variabilidade espacial devida ao acaso, classificada conforme os critérios estabelecidos por CAMBARDELLA *et al.*, (1994), em: forte, se  $GD < 25\%$ ; moderada, entre  $25\% \leq GD \leq 75\%$ ; e fraca, se  $GD > 75\%$ .

A interpolação e a espacialização foram realizadas pelo método da krigagem ordinária pontual, que considera a dependência espacial e estima sem tendência e com variância mínima (CORÁ & BERALDO, 2006), sendo os mapas temáticos confeccionados com o programa computacional Surfer 8.0 versão demonstração (GOLDEN SOFTWARE, 2002), utilizando as amplitudes das classes de distribuição das alturas dominantes, obtidas por meio da média e o respectivo desvio padrão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura dominante apresentou distribuição normal, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, exceto ao sexto ano de idade, em que as transformações  $\ln(x)$  e  $\sqrt{x}$  não proporcionaram a normalidade dos dados (Tabela 3). Assim, optou-se pela utilização da escala original dos dados, visto que a distribuição normal não é uma pressuposição da geoestatística (LANDIM, 2003; AZEVEDO, 2004).

**TABELA 3.** Parâmetros dos semivariogramas ajustados para a altura dominante da teca, nas idades de dois a nove anos, em Mato Grosso.

Idade (ano)	Modelo	C <sub>0</sub>	C	A (m)	GD (%)	R <sup>2</sup>	Validação cruzada		
							a	b	R <sup>2</sup> <sub>vc</sub>
2 *	Exponencial	0,390	0,846	478	46,1	0,98	0,47	0,92	0,22
3 *	Gaussiano	0,641	1,584	477	40,5	0,95	0,38	1,04	0,51
4 *	Gaussiano	0,707	1,787	539	39,6	0,99	0,11	0,99	0,39
5 *	Gaussiano	0,878	1,852	659	47,4	0,97	2,05	0,83	0,26
6 <sup>ns</sup>	Gaussiano	0,607	1,455	384	41,7	0,97	0,20	0,98	0,37
7 *	Efeito pepita puro	0,149	0,149	-	-	-	-	-	-
8 *	Efeito pepita puro	0,176	0,176	-	-	-	-	-	-
9 *	Efeito pepita puro	0,275	0,275	-	-	-	-	-	-

\* = significativo a 5% pelo teste de Kolmogorov-Smirnov; e <sup>ns</sup> = não significativo.

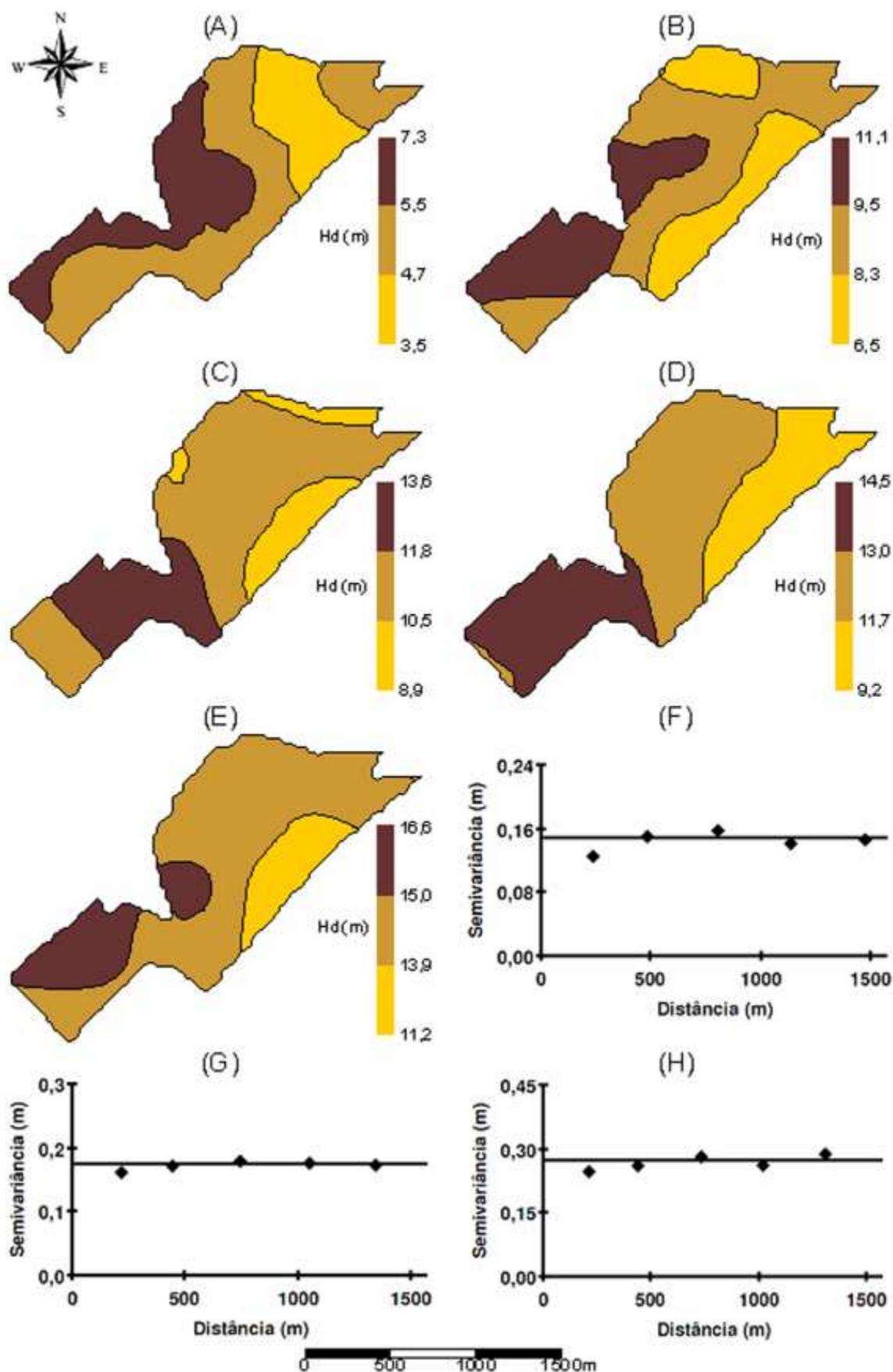
Os ajustes dos semivariogramas mostraram que a altura dominante da teca apresenta dependência espacial e predominância de melhores ajustes com o modelo gaussiano, exceto aos sete, oito e nove anos de idade, onde houve a presença de efeito pepita puro (Tabela 3). Para estes casos, a variável apresentou-se aleatoriamente distribuída na área de estudo, com a ausência de uma estrutura espacial definida (MOTOMIYA *et al.*, 2006; ORTIZ *et al.*, 2006).

O efeito pepita (C<sub>0</sub>) representa a variância não explicada ou ao acaso, frequentemente causada por erros ou variações que não podem ser detectadas (VIEIRA, 2000). No presente estudo, foram verificados baixos valores de C<sub>0</sub>, o que indica a satisfatoriedade dos ajustes dos semivariogramas. Entretanto, foi constatado um progressivo aumento do C<sub>0</sub> até o quinto ano. Isso evidencia que a continuidade espacial da variável foi afetada pela idade da floresta (KANEKAE JÚNIOR *et al.*, 2007).

A altura dominante da teca apresentou valores diferentes de alcance (A), com o mínimo de 384 m ao seis anos e o máximo de 659 m ao quinto ano de idade (Tabela 3), o que indica uma heterogeneidade alta e representa as distâncias em que a utilização das análises geoestatísticas conduz as estimativas com maior precisão (CHIG *et al.*, 2008). Os ajustes dos semivariogramas mostraram dependência espacial moderada, com variação de 39,6% a 47,4%. Isso indica a necessidade de uma análise específica da continuidade espacial dessa variável em cada idade do povoamento.

Os valores dos coeficientes de regressão (R<sup>2</sup>) dos semivariogramas foram acima de 0,92. Enquanto a validação cruzada evidenciou bons ajustes dos semivariogramas, com coeficiente linear (a) de 0,20 a 2,05; coeficiente angular (b) entre 0,83 e 1,04; e coeficiente de determinação da validação cruzada (R<sup>2</sup><sub>vc</sub>) de 0,22 a 0,51 (Tabela 3). Isto demonstra a obtenção de ajustes apropriados dos semivariogramas para as estimativas da altura dominante da teca em locais não amostrados.

Após a obtenção dos ajustes e constatada a dependência espacial entre as amostras e a ausência de anisotropia, procedeu-se a interpolação, por meio da krigagem ordinária pontual, para a confecção da distribuição espacial da altura dominante da teca, nas idades entre dois e nove anos, em Mato Grosso (Figura 2).



**FIGURA 2.1** Distribuição espacial da altura dominante da teca, de dois a nove anos de idade (A a H), em Mato Grosso.

Os valores das alturas dominantes (Hd) foram superiores aos obtidos em plantios de teca no Panamá (MOLLINEDO *et al.*, 2005) e México (GONZÁLEZ, 2010) e semelhantes aos observados em sítios de média a alta qualidade da Costa do Marfim (DUPUY *et al.*, 1999), Gana (NUNIFU & MURCHISON, 1999), Costa Rica (BERMEJO *et al.*, 2004), Guatemala (VAIDES *et al.*, 2005) e em diversas regiões do estado de Mato Grosso, Brasil (DRESCHER, 2004; NOVAES, 2009).

A espacialização diferenciada nos primeiros anos de plantio (Figuras 2A a 2E) indica que, no período de estabelecimento, a taxa de acúmulo de nutrientes pelas árvores é pequena e, somente após a plena adaptação, segue-se o intenso crescimento e acúmulo de nutrientes, com elevadas taxas de absorção que se relacionam diretamente com a idade (GONÇALVES *et al.*, 2000). Assim, à medida que aumenta o processo de competição, os fatores edafoclimáticos se manifestam na forma de diferenças espaciais que afetam a estrutura da continuidade espacial do povoamento florestal (KANEAE JÚNIOR *et al.*, 2007).

Não foram observadas dependências espaciais da altura dominante aos sete (Figura 2F), oito (Figura 2G) e nove anos de idade (Figura 2H). Nesses casos, a semivariância é constante e igual ao patamar para qualquer distância, o que representa a ausência total de dependência espacial, denominado de efeito pepita puro (VIEIRA, 2000), e indica que as diferenças entre os valores medidos estão distribuídos ao acaso e não apresentam um padrão possível para confeccionar a distribuição espacial (ORTIZ *et al.*, 2006), sugerindo a presença de apenas uma classe de sítio na área do povoamento florestal.

## CONCLUSÃO

A distribuição espacial da altura dominante da teca, elaborada por meio da geoestatística, apresenta precisão estatística e diferentes padrões e dinâmicas espaciais, essenciais para a avaliação da capacidade produtiva do sítio florestal e para a definição de zonas homogêneas de manejo e de adoção de práticas silviculturais de precisão durante o ciclo de produção da cultura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012, ano base 2011**. Brasília: ABRAF, 2012. 150 p.

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. São Leopoldo: UNISINOS, 2003. 165 p.

ÂNGELO, H.; SILVA, V. S. de M.; SOUZA, Á. N. de; GATTO, A. C. Aspectos financeiros da produção de teca no Estado de Mato Grosso. **Floresta**, v. 39, n. 1, p. 23-32, 2009.

ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**. New York: Pergamon Press, 1961. 506 p.

AZEVEDO, E. C. de. **Uso da geoestatística e de recursos de geoprocessamento no diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no Estado de Mato Grosso**. 2004. 158 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola) –

Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP.

BERMEJO, I.; CAÑELLAS, I.; SAN MIGUEL, A. Growth and yield models for teak plantations in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 189, p. 97-110, 2004.

BRANDELERO, C.; ANTUNES, M. U. F.; GIOTTO, E. Silvicultura de precisão: nova tecnologia para o desenvolvimento florestal. **Ambiência**, v. 3, n. 2, p. 269-281, 2007.

CALDEIRA, S. F.; CALDEIRA, SI. A. F.; MENDONÇA, E. A. F. de; DINIZ, N. N. Caracterização e avaliação da qualidade dos frutos de teca (*Tectona grandis* L.f.) produzidos no Mato Grosso. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 216-224, 2000.

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, p. 1501-1511, 1994.

CAMPELLO JÚNIOR, J. H.; PRIANTE FILHO, N.; CASEIRO, F. T. Caracterização macroclimática de Cuiabá. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 3., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: UEL/NEMA, 1991, p. 542-552.

CHIG, L. A.; COUTO, E. G.; NOVAES FILHO, J. P.; RODRIGUES, L. C. M.; JOHNSON, M. S.; WEBER, O. L. dos S. Distribuição espacial da granulometria, cor e carbono orgânico do solo ao longo de um transecto em microbacias na Amazônia meridional. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 715-722, 2008.

CORÁ, J. E.; BERALDO, J. M. G. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 374-387, 2006.

DRESCHER, R. **Crescimento e produção de *Tectona grandis* Linn. F., em povoamentos jovens de duas regiões do Estado de Mato Grosso**. 2004. 133 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS.

DUPUY, B.; MAÎTRE, H.; KANGA, A. N. Table de production du teck (*Tectona grandis*): L'exemple de la Côte d'Ivoire. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 3, n. 261, p. 5-16, 1999.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

ENTERS, T. Site, technology and productivity of teak plantations in Southeast Asia. **Unasylva**, v. 51, n. 201, p. 55-61, 2000.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, A. D. de; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de povoamentos não desbastados de *Tectona grandis* L.f., na microrregião do baixo Rio Acre. **Cerne**, v. 11, n. 4, p. 342-353, 2005.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer**: user's guide. Colorado: Golden Software, 2002. 664 p.

GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A. G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Org.). **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 01-57.

GONZÁLEZ, S. A. S. **Relación del suelo con el crecimiento inicial y contenido foliar de teca (*Tectona grandis*), y adaptación de leguminosas para control de arvenses bajo un sistema fertirriego en Campeche, México**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Ecológica) – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba – Costa Rica.

GONZÁLEZ, W. F. **Manual para produtores de teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica**. Heredia: Costa Rica, 2004. 121 p.

KANEGAE JUNIOR, H.; MELLO, J. M. de; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. de. Avaliação da continuidade espacial de características dendrométricas em diferentes idades de povoamentos clonais de *Eucalyptus* sp. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 859-866, 2007.

KAOSA-ARD, A. Overview of problems in teak plantation establishment. In: REGIONAL SEMINAR ON TEAK, 2., 1998, Yangon. **Proceeding...** Bangkok: FAO, 1998, p. 49-59.

KRISHNAPILLAY, B. Silviculture and management of teak plantations. **Unasyuva**, v. 51, n. 201, p. 14-21, 2000.

LANDIM, P. M. B. **GEOEAS**: Introdução à análise geoestatística. Rio Claro: UNESP/IGCE, 2003. 42 p.

MARQUES, M. M. G. **Geoestatística aplicada na análise biométrica dos montados de sobreiro e azinheira**. 163 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Georrecursos) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa – Portugal.

MOLLINEDO, M.; UGALDE, L.; ALVARADO, A.; VERJANS, J. M.; RUDY, L. C. Relación suelo-árbol y factores de sitio, en plantaciones jóvenes de teca (*Tectona grandis*), en la Zona Oeste de la Cuenca del Canal de Panamá. **Agronomía Costarricense**, v. 29, n. 1, p. 67-75, 2005.

MOTOMIYA, A. V. de A.; CORÁ, J. E.; PEREIRA, G. T. Uso da krigagem indicatriz na avaliação de indicadores de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 485-496, 2006.

NOVAES, D. M. **Modelagem de crescimento e produção de povoamentos de *Tectona grandis* L.f. a partir de análise de tronco.** 2009. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

NUNIFU, T. K.; MURCHISON, H. G. Provisional yield models of Teak (*Tectona grandis* Linn F.) plantations in northern Ghana. **Forest Ecology and Management**, n. 120, 171-178, 1999.

ORTIZ, J. L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo.** 220 f. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba – São Paulo.

ORTIZ, J. L.; VETTORAZZI, C. A.; COUTO, H. T. Z. do; GONÇALVES, J. L. de M. Relações espaciais entre o potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e do relevo. **Scientia Forestalis**, n. 72, p. 67-79, 2006.

PANDEY, D.; BROWN, C. Teak: a global overview. **Unasyiva**, v. 51, n. 201, p. 3-13, 2000.

PEEL, M.C.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification. **Hydrology Earth System Sciences**, v.11, p.1633–1644, 2007.

RIBEIRO, C. A. A. S. Floresta de Precisão. In: MACHADO, C. C. **Colheita Florestal.** Viçosa: UFV, 2002. p. 311-335.

ROBERTSON, G. P. **GS+**: Geostatistics for the Environmental Sciences. Plainwell: Gamma Design Software, 2008. 179 p.

SCHUHLI, G. S.; PALUDZYSZYN FILHO, E. O cenário da silvicultura de teca e perspectivas para o melhoramento genético. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 217-230, 2010.

SHIMIZU, J. Y.; KLEIN, H.; OLIVEIRA, J. R. V. **Diagnóstico das plantações florestais em Mato Grosso.** Cuiabá: Central de Texto, 2007. 63 p.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

TANAKA, N.; HAMAZAKI, T.; VACHARANGKURA, T. Distribution, Growth and site requirements of teak. **Japan Agricultural Research Quarterly**, v. 32, p. 65-77, 1998.

TONINI, H.; COSTA, M. C. G. C.; SCHWENGBER, L. A. M. Crescimento da teca (*Tectona grandis*) em reflorestamento na Amazônia Setentrional. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 59, p. 05-14, 2009.

VAIDES, E.; UGALDE, L.; GALLOWAY, G. Crecimiento y productividad de teca en

plantaciones forestales jóvenes en Guatemala. **Recursos Naturales y Ambiente**, n. 46, p. 137-145, 2005.

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. Uso de geoestatística em estudos de variabilidade espacial de propriedades do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Org.). **Tópicos em ciência do solo v.1**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 01-54.