

Geoestatística aplicada à variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e dendrométricos em plantio de *Tectona grandis* L.f.

Bruno Wendell de Freitas Pereira¹

Javier Dias Pita²

Maria de Nazaré Martins Maciel¹

Merilene do Socorro Silva Costa¹

João Almiro Corrêa Soares¹

Denison Lima Correa¹

Deivisson Bacha Figueiredo¹

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA/PA

Caixa Postal 66.077-901 - Belém - PA, Brasil

brunowendell@yahoo.com.br, joaoalmiro@gmail.com, denison_lima_correa@hotmail.com
dvsbacha@hotmail.com, {merilene.costa, nazare.maciел}@ufra.edu.br

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFPA/PA

Caixa Postal 68.740-970 - Castanhal - PA, Brasil

javierdiaspita@hotmail.com

Abstract. This study aimed to analyze the spatial variability of soil chemical properties and attributes in a dendrometric planting *Tectona grandis* L. f. The data were submitted to descriptive statistics, normality test, trend analysis and verification of spatial dependence by means of experimental semivariograms and then adjusting the variables presenting spatial dependence, finally performing ordinary kriging of data, generating maps of prediction and uncertainty of the variables under study. Armed with these maps, we performed the studies of the relationship between soil chemical properties and attributes dendrometric through correlation analysis between maps. The results showed that the chemical variables of soil potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), Organic Matter (OM) and pH (pH H2O) spatial dependence, while phosphorus (P), aluminum (al), Aluminum + Hydrogen (H + al) and pH in KCl showed no spatial dependence. Variables dendrometric DAP, Height and Volume spatial dependence, where the results of correlation analysis showed that areas with higher levels of DAP, height and volume showed lower levels of nutrients, which can be assumed that these regions were the largest nutrient intake by the *Tectona grandis* L. f., this factor also evidenced by the correlation matrix between maps, which showed a weak correlation between soil chemical properties and attributes dendrometric.

Palavras-chave: Geostatistics, Teak, Semivariogram, Kriging, Geoestatística, Teca, Semivariograma, Krigagem.

1. Introdução

A crescente demanda por produtos madeireiros tem proporcionado à abertura de novos mercados e a busca de novas fontes produtoras, ampliando o horizonte para o setor florestal. Assim, o aprimoramento do setor, buscando maior lucratividade e também certificação, geram informações confiáveis que agilizam e aperfeiçoam o processo de tomada de decisão, em termos estratégicos e técnicos (Vettorazzi e Ferraz, 2000).

Para tanto, é necessário o acompanhamento e gerenciamento de volume significativo de dados e das consequentes informações, que irão variar com o espaço e o tempo (Brandelero et al., 2007). A este gerenciamento localizado das atividades silviculturais denomina-se Silvicultura de Precisão, que objetiva conhecer o levantamento de manchas de produtividade dentro de um determinado talhão, identificando suas causas e possibilitando tomadas de decisões localizadas, minimizando custos, otimizando os recursos e atividades produtivas,

minimizando impactos ambientais, acarretando ganho de produtividade e maximização dos lucros (Molin 2003, Ortiz 2004).

Mediante o exposto, este trabalho tem como objetivo analisar a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e dendrométricos em um plantio de *Tectona grandis* L. f., visando fornecer subsídios para a adoção da Silvicultura de Precisão.

1.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma área de plantio florestal de 1,8 ha de *Tectona grandis* L. f. localizado na Empresa Silvo Florestal Abaeté Ltda., situada no estado do Pará, na divisa entre os municípios de Abaetetuba e Moju, entre as coordenadas geográficas: 01° 50' 20" e 01° 47' 49" de latitude Sul, 48° 43' 33" e 48° 44' 28" de longitude Oeste. No entanto, o plantio de teca esta localizado na região pertencente ao município de Abaetetuba (Figura 1).

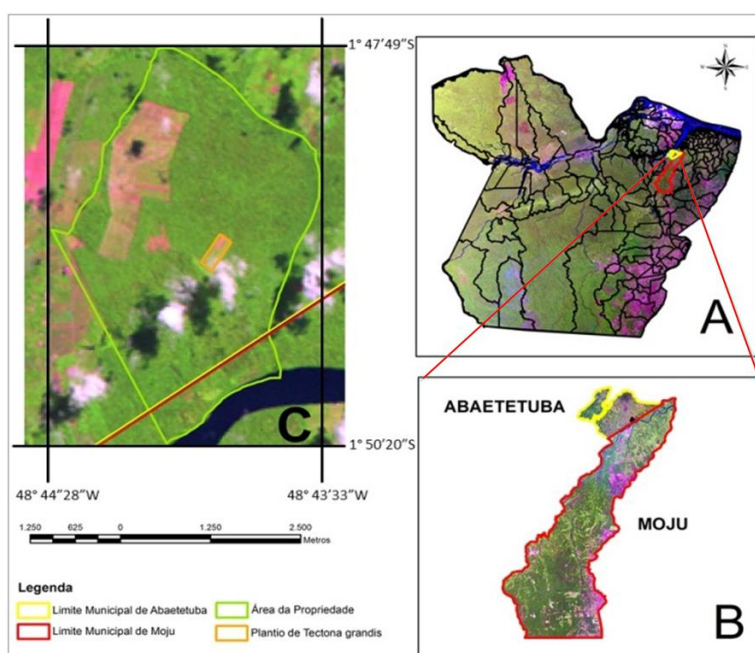


Figura 1- Delimitação do município e da área de plantio: A – Estado do Pará; B- Municípios de Moju e Abaetetuba; C –Área da Propriedade e Plantio de *Tectona grandis* L.f.

2. Metodologia de Trabalho

Na área experimental foi instalada uma grade irregular de 32 pontos amostrados aleatoriamente, tentando abranger a maior área possível, onde em cada ponto foram coletadas amostras simples de solo na profundidade 0-20 cm.

Na coleta de solo foi utilizado trado do tipo holandês, realizada sob a projeção da copa das árvores selecionadas, e cada uma das árvores onde se coletou solo foi marcada com tinta vermelha. As amostras foram coletadas conforme recomendação da EMBRAPA (1997). Foram coletados também os valores de sua posição espacial, com o auxílio de um receptor de Sistema de Posicionamento Global (GPS), configurado no sistema de coordenadas métricos (UTM) obtendo os valores X e Y.

Para a amostragem dos atributos dendrométricos na área de estudo, foram levantadas 32 parcelas circulares de 6 metros de raio, totalizando 113,1 m² de superfície. O centro de cada parcela correspondeu ao ponto de amostragem de solo. Dentro das parcelas georreferenciadas

coletou-se o diâmetro à altura do peito (DAP), com auxílio de fita diamétrica, e altura total das árvores, medidas através de Hipsômetro Vertex IV da Haglof Sweden.

Com o intuito de obter a produtividade do plantio de teca, foi determinado o volume (m³) para cada árvore, utilizando os dados do levantamento dendrométrico, Altura (m) e DAP (m) e o fator de forma de 0,58 determinado por Figueiredo et al. (2005), para povoamentos de *Tectona grandis* entre 5 e 7 anos para região norte do Brasil, através da seguinte equação:

$$V_{total} = [(DAP^2 \times 3,1416) / 4] \times Ht \cdot 0,58 \quad \begin{cases} DAP = \text{diâmetro à altura do peito (1,3 m);} \\ Ht = \text{altura total da árvore;} \end{cases}$$

Em seguida, procedeu-se a verificação da normalidade dos dados com auxílio do programa estatístico MINITAB 14. Para tanto se utilizou o teste de Kolmogorov-Smirnov a 5%, adotando-se a hipótese inicial de que as variáveis em estudo seguem uma distribuição normal. Os gráficos de tendência espacial dos dados completam o quadro da análise inicial, e verificam a continuidade espacial das amostras dispostas nas direções N-S (latitude) e E-W (longitude), objetivando constatar a existência de tendências dos valores amostrados, do ponto de vista espacial, o que pode prejudicar a aplicação da geoestatística, pela não concordância das hipóteses estacionárias.

A geoestatística foi utilizada com o objetivo de definir o modelo de variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e atributos dendrométricos envolvidos na pesquisa, sendo que a mesma foi realizada a partir de semivariogramas. Para cada variável foram realizados os cálculos das semivariâncias e a representação dos modelos de semivariogramas, demonstrados por meio de gráficos da semivariância $\gamma(h)$ como função da distância (h).

Os semivariogramas experimentais omnidirecionais foram calculados e modelados com o programa geoestatístico Variowin (Pannatier, 1996). A seleção dos modelos teóricos foi baseada no índice IGF (Indicative goodness of fit) e na inspeção visual dos semivariogramas experimentais.

Após o ajuste do modelo teórico de semivariograma no software Variowin, foram realizadas interpolações estimadas pelo método de krigagem com o auxílio da ferramenta Geoestatistical Analyst no software ArcGIS 9.3. A partir dos resultados da krigagem, foram gerados mapas de predição e incerteza dos atributos químicos do solo e dos parâmetros dendrométricos.

Após a determinação da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo e dos atributos dendrométricos do plantio de *Tectona grandis* L. f., procurou-se determinar a relação entre estes dois conjuntos de atributos. Tal procedimento foi realizado através do módulo Spatial Analyst, implantado no programa ArcGis 9.3, através da ferramenta Multivariate - Band Collection Statistics, o qual gerou a matriz de correlação entre os mapas de variabilidade espacial.

3. Resultados e Discussão

A análise preliminar e exploratória dos dados amostrados, através dos histogramas, assim como a avaliação da normalidade dos dados através do teste de Komolgorov-Smirnov a 95% de probabilidade, indica que as variáveis químicas do solo, bem como as variáveis dendrométricas estudadas, apresentam distribuição normal, com exceção do fósforo que mostrou um p-value=0,039 inferior ao nível alfa adotado de 5%, rejeitando-se assim a hipótese de normalidade.

Na Tabela 1 apresentam-se os resultados da estatística descritiva dos atributos químicos do solo, analisados para a camada de 0 a 20 cm. Na Tabela 2 estão os resultados da estatística descritiva dos atributos dendrométricos.

Tabela 1 - Estatística descritiva das variáveis químicas do solo

Variáveis	Média	Variância	Mediana	Desvio padrão	Curtose	Assimetria	Mínimo	Máximo	CV(%)
K (cmol _c dm ⁻³)	0,03	0,0003	0,03	0,003	1,10	1,06	0,01	0,08	10,00
P (mg dm ⁻³)	1,75	0,63	1,46	0,80	0,27	0,78	0,51	3,78	45,71
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,33	0,02	0,33	0,03	-0,59	0,29	0,08	0,66	9,10
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,93	0,03	0,93	0,03	-0,08	-0,20	0,52	1,29	3,22
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,25	0,01	0,25	0,02	2,29	1,00	0,08	0,58	8,00
MO (g kg ⁻¹)	23,22	17,04	22,94	0,73	0,68	0,55	15,07	33,42	3,14
C org (g kg ⁻¹)	13,47	5,74	13,30	0,42	0,69	0,55	8,74	19,39	3,12
pH KCl	4,03	0,01	4,06	0,02	-0,60	-0,12	3,86	4,22	0,50
pH H ₂ O	4,96	0,05	4,98	0,04	-0,06	-0,29	4,44	5,44	0,80
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	4,82	0,35	4,78	0,10	0,35	0,58	3,95	6,41	2,10

Tabela 2 - Estatística descritiva das variáveis dendrométricas

Variáveis	Média	Variância	Mediana	Desvio padrão	Curtose	Assimetria	Mínimo	Máximo	CV(%)
DAP(m)	0,0722	0,0003	0,0734	0,0172	0,1149	0,0013	0,0393	0,1134	23,82
Altura(m)	7,01	2,61	6,83	1,62	-0,23	0,32	4,03	10,66	23,11
Volume(m ³)	0,0193	0,0002	0,0172	0,0129	4,9665	1,8649	0,0035	0,0660	66,84

Ao serem observados os gráficos de tendência, observou-se boa distribuição dos dados no espaço, não sendo observadas tendenciosidades na amostragem tanto nas direções Norte e Sul (latitude), como na Leste e Oeste (Longitude).

O semivariograma experimental é ajustado à curva que proporciona a máxima correlação possível com os pontos plotados. A análise variográfica mostrou que as variáveis químicas do solo K, Ca, Mg, M.O e pH em H₂O apresentaram-se estruturadas espacialmente, bem como as variáveis dendrométricas DAP, Altura e Volume, indicando existir uma função estrutural, com semivariância de comportamento modelável. Não foi observada concentração de valores em posições específicas da área, tampouco ocorreu sentido preferencial na distribuição dos dados. Tal fato é um bom indicativo de que a distribuição espacial das variáveis, nesta área, é aleatória e isotrópica (Cambardella et al., 1994). Já em relação aos semivariogramas experimentais das variáveis P, Al, H+Al e pH em KCl não apresentaram dependência espacial entre os pontos amostrados, revelando uma variação que se ajustou ao modelo efeito pepita puro. Com isso se pressupõe, que ocorreu independência espacial entre as amostras ou, grande variação espacial não detectada pela escala de amostragem adotada.

Ao se analisar as curvas geradas para o modelo esférico, exponencial e gaussiano verificou-se similaridade entre as mesmas. Porém esta é uma avaliação subjetiva, logo, o uso de critérios quantitativos como a validação cruzada foi aplicada para seleção do melhor modelo, onde buscou-se como parâmetro de decisão o erro de estimativa com média reduzida igual a zero e variância reduzida unitária.

Tomando o Cálcio como exemplo verificou-se que o efeito pepita correspondeu a 2% do patamar, isto quer dizer então que 98% da variabilidade dos teores de cálcio no solo é explicada pela correlação espacial (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetros dos semivariogramas das variáveis estudadas e ajustados aos modelos selecionados; índice do efeito pepita relativo $E = C_0/C_1$, razão $K = C_0 / C_0 + C_1$

Variáveis Químicas do Solo	Parâmetros			Modelo	$E = \frac{C_0}{C_1}$	$k = \frac{C_0}{C_0 + C_1}$	$GDE = \left(\frac{C_0}{C_0 + C_1} \right)$	Grau de Dependência Espacial
	C_0	C_1	a (m)					
K	0,0000351	0,00023	32,8	Exponencial	0,15	0,13	13%	Forte
Ca	0,000435	0,0207	31,2	Exponencial	0,02	0,02	2%	Forte
Mg	0,000399	0,0106	14,9	Gaussiano	0,04	0,04	4%	Forte
M.O.	0,85	15,7754	17,6	Gaussiano	0,05	0,05	5%	Forte
pH em H ₂ O	0,018	0,03286	16,8	Gaussiano	0,55	0,35	35%	Moderada

C₀: Efeito pepita; **C₁**: Contribuição do modelo; **a (m)**: Alcance; **C₀ + C₁**: Patamar; **E**: Efeito pepita relativo; **K**: Razão entre efeito pepita e o patamar; **GDE**: Grau de dependência espacial.

Para a variável pH em H₂O verifica-se um grau de dependência espacial moderada (Tabela 3), com o efeito pepita corresponde a 45% do patamar, ou seja, apenas 55% da variabilidade foi explicada pela correlação espacial.

O modelo mais adequado para explicar a estrutura da variabilidade espacial do K nas amostras de solo foi o exponencial (Figura 2A), apresentando um raio de 32,8 m (alcance), que representa uma área de 3.380 m², abrangendo cerca de 450 árvores de *Tectona grandis* L. f., apresentando uma razão k de 0,13, significando uma forte correlação com o espaço com somente 13% de aleatoriedade, uma vez que o efeito pepita corresponde a 13% do patamar, indicando assim que 87% da variabilidade é explicada pela correlação espacial.

A Figura 2B mostra o semivariograma do Cálcio. Nota-se que o cálcio apresentou dependência espacial que pode ser descrita pelo modelo exponencial com alcance de 31,2 m, ou seja, amostras do cálcio selecionadas à distâncias inferiores a 31,2 m são correlacionadas entre si. A relação entre o efeito pepita e o patamar de 2 % indicou que 98% da variabilidade dos teores de cálcio no solo é explicada pela correlação espacial.

Magnésio e Matéria Orgânica (Figura 2C e 2D) se ajustaram ao modelo gaussiano, apresentando alcances de 14,9 e 17,6 m, respectivamente. A aleatoriedade variou de 4% a 5% (Tabela 2), mostrando-se como variáveis fortemente correlacionadas com o espaço. Em relação ao semivariograma do pH em H₂O (Figura 2E), o modelo que melhor explicou sua estrutura da variabilidade espacial nas amostras de solo foi o gaussiano, apresentando um raio de 16,8 m (alcance), que representa uma área de 887 m², abrangendo cerca de 119 árvores de *Tectona grandis* L. f. apresentando uma razão k de 0,35, indicando que 65% da variabilidade do pH do solo da área de estudo é devida à sua correlação com o espaço (Tabela 3).

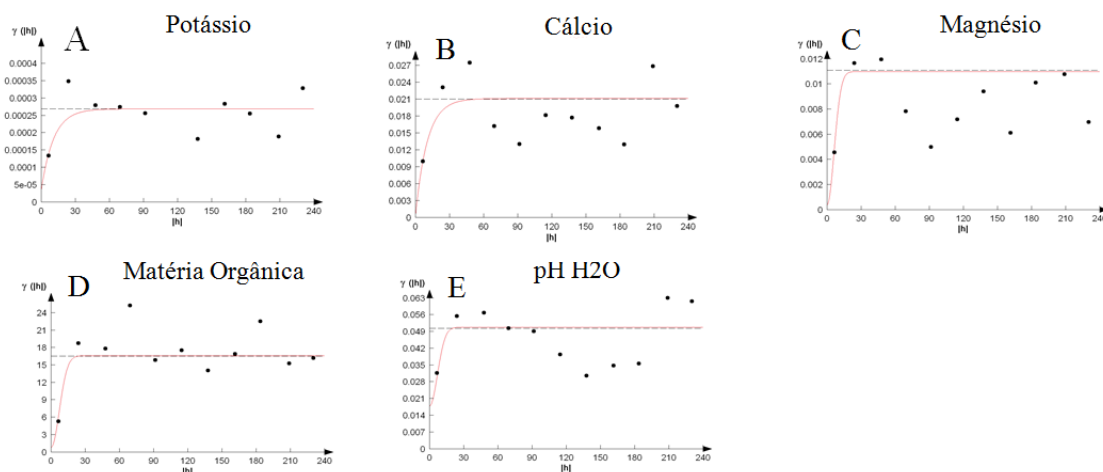


Figura 2 - Semivariogramas ajustados para as variáveis químicas do solo. A) Potássio, B) Cálcio, C) Magnésio, D) Matéria Orgânica, E) pH H₂O

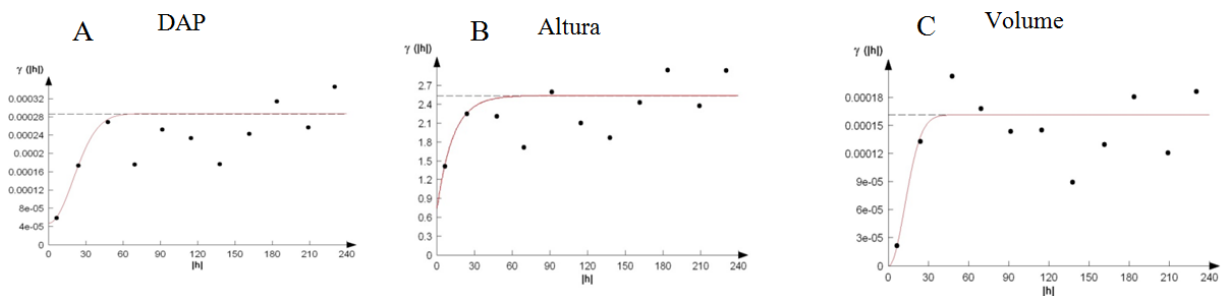
Os modelos de semivariogramas teóricos ajustados para os dados dendrométricos (Figura 3) revelaram, segundo a classificação de Cambardella et al. (1994), apresentam forte dependência espacial na área experimental para as variáveis volume e DAP, uma vez que os valores do efeito pepita foram menores que 25 % do patamar. Para a variável altura observa-se um grau de dependência espacial moderado, mostrando que 28% da variabilidade é aleatório e 72% é atribuída a correlação espacial (Tabela 4).

Tabela 4 - Parâmetros dos semivariogramas das variáveis dendrométricas estudadas e ajustados aos modelos selecionados.

Variáveis Dendrométricas	C_0	C_1	a (m)	Modelo	$E = \frac{C_0}{C_1}$	$k = \frac{C_0}{C_0 + C_1}$	$GDE = \left(\frac{C_0}{C_0 + C_1} \right) \times 10$	Grau de Dependência Espacial
DAP	0,000048	0,00024	48	Gaussiano	0,2	0,17	17%	Forte
Altura	0,727827	1,82	38,392	Exponencial	0,4	0,28	28%	Moderada
Volume	0	0,00016	29,968	Gaussiano	0	0	0%	Forte

C_0 : Efeito pepita; C_1 : Contribuição do modelo; a (m): Alcance; $C_0 + C_1$: Patamar; E : Efeito pepita relativo; K : Razão entre efeito pepita e o patamar; GDE : Grau de dependência espacial.

Figura 3 - Semivariogramas ajustados para as variáveis dendrométricas. A) DAP, B) Altura, C) Volume



Observa-se uma grande amplitude nos atributos químicos estudados (Figura 4A). Esta grande amplitude revela os problemas que podem ocorrer quando se usa a média dos valores para o manejo da fertilidade. Em alguns locais da área, a aplicação de fertilizante será inferior à dosagem necessária; em outros, a aplicação será condizente com as necessidades e, em outros, poderá haver aplicação excessiva.

Para a altura, o mapa apresentou comportamento semelhante ao do DAP (Figura 4 B), as maiores alturas e DAP concentraram-se em uma faixa do talhão, o que ressalta a correlação entre DAP e altura dessa espécie; consequentemente o volume foi maior nessa faixa do talhão.

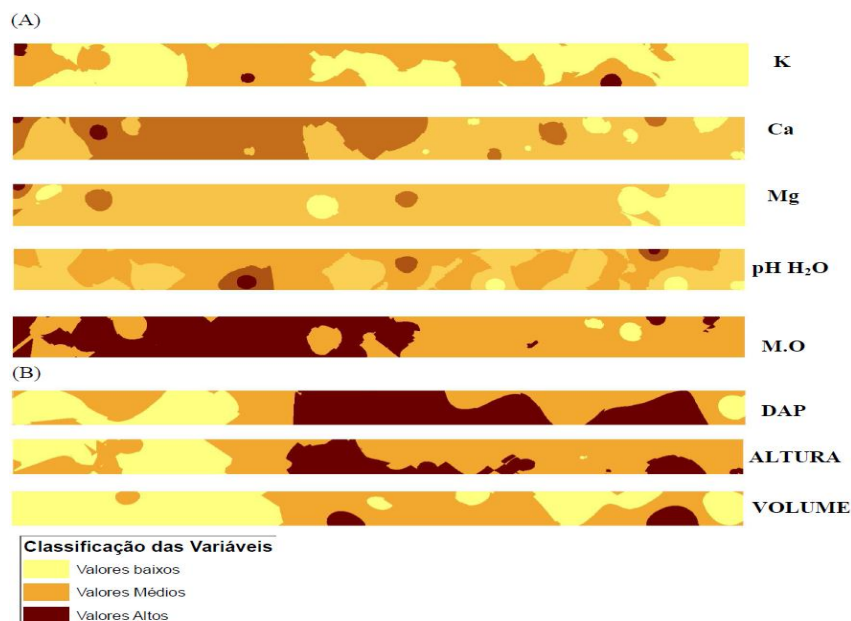


Figura 4 - Relação entre mapas de predição dos atributos químicos do solo (A) e os dados dendrométricos (B)

As regiões onde encontramos os maiores índices de DAP, altura e volume, foram as regiões que apresentaram menores teores de K, Ca, Mg, MO e pH mais ácido, o que pode sugerir que nestas regiões houve uma maior absorção de nutrientes pela teca e que isto acarretou seu maior desenvolvimento. Através da análise dos mapas de predição, verificamos uma notória semelhança na disposição das manchas do cálcio e do pH; nas regiões de pH mais ácidos tem-se a menor concentração de cálcio e nas regiões de pH mais alcalinos verificamos a maior concentração de cálcio, associados a estes teores está o desenvolvimento da teca na quadra selecionada, pois as regiões que apresentam os teores baixos de cálcio e pH mais ácido são as que possuem maior desenvolvimento. Através da análise de correlação (Tabela 5), evidenciamos fracas correlações negativas entre os atributos estudados, o que isso pode ser justificado pela baixa fertilidade do solo. Resultado semelhante foi encontrado por Rufino et al. (2006), em estudo realizado em plantios de eucalipto com 0,8 e 1,5 anos, respectivamente, foi verificado que o solo de ambos os plantios eram limitantes em quase todos os nutrientes, fato que não permitiu evidenciar a correlação da produtividade com algumas variáveis do solo isoladamente.

Tabela 5 - Matriz de correlação entre os mapas estudados

	K	Ca	Mg	M. O	pH H ₂ O	DAP	H	Vol
K	1,00000	0,24646	0,33770	0,50815	0,37538	-0,06637	-0,07552	-0,10733
Ca	0,24646	1,00000	0,56507	0,39332	0,80202	-0,39850	-0,43946	-0,40072
Mg	0,33770	0,56507	1,00000	0,27706	0,47241	-0,19682	-0,32669	-0,31819
M. O	0,50815	0,39332	0,27706	1,00000	0,53201	-0,12250	-0,15261	-0,25928
pH H ₂ O	0,37538	0,80202	0,47241	0,53201	1,00000	-0,36712	-0,28284	-0,29884
DAP	-0,06637	-0,39850	-0,19682	-0,12250	-0,36712	1,00000	0,88520	0,90786
H	-0,07552	-0,43946	-0,32669	-0,15261	-0,28284	0,88520	1,00000	0,85903
Vol	-0,10733	-0,40072	-0,31819	-0,25928	-0,29884	0,90786	0,85903	1,00000

K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; M.O - Matéria Orgânica; DAP - Diâmetro a altura do peito; H - Altura e V – Volume.

Os baixos valores da fertilidade do solo podem estar diretamente relacionados ao fato de que na área não houve adubação de cobertura durante desenvolvimento do plantio, e sendo a Teca uma espécie que necessita de uma quantidade considerável de nutrientes, esta não apresentou um bom desenvolvimento silvicultural.

4. Conclusões

O desenvolvimento deste trabalho propiciou analisar a distribuição espacial dos atributos químicos do solo e dendrométricos avaliados em um plantio de *Tectona grandis*, podendo verificar o potencial produtivo de maneira heterogênea, de maneira que o crescimento e a os dados de produtividade puderam ser prognosticados.

Dentre as variáveis analisadas, os atributos químicos do solo: K, Ca, Mg, e Matéria Orgânica e os atributos dendrométricos DAP e Volume apresentam estrutura de dependência espacial forte, isto mostra que as estimativas destas variáveis considerando a componente espacial, independente do procedimento de amostragem trará otimização nas estimativas. Enquanto que, as variáveis pH em água e Altura apresentam estrutura de dependência espacial moderada, existindo caráter de continuidade espacial destas variáveis, porém com menor precisão nas estimativas em relação as que possuem forte dependência espacial. As variáveis Al, H+Al e pH em KCl apresentaram efeito pepita puro, não sendo possível encontrar um ajuste de modelo teórico de semivariograma, indicando, portanto, a ausência

total de dependência espacial para estas variáveis no solo da área experimental, neste caso a estatística clássica seria uma alternativa viável para sua representação.

As áreas com menores teores de K, Ca, Mg, Matéria Orgânica e pH mais baixo apresentaram um maior desenvolvimento das plantas de *Tectona grandis* L.f., o que é atribuído ao fato de que nestas áreas ocorreu maior absorção de nutrientes pela plantas. A baixa correlação encontrada é devida à baixa qualidade do solo, o qual é limitante em quase todos os nutrientes, fato que não permitiu evidenciar a correlação entre os atributos químicos do solo e os atributos dendrométricos do plantio de *Tectona grandis* L. f.

Agradecimentos: Os autores gostariam de agradecer à Universidade Federal Rural da Amazônia e ao seu renomado Instituto Ciberespacial - ICIBE pela oportunidade de desenvolver os estudos, assim como ao Laboratório de Geoprocessamento, Análise Espacial e Monitoramento por Satélite – LAGAM e seus Profissionais pelo apoio logístico, técnico e científico.

Referências Bibliográficas

Brandelero C. et al. Silvicultura de precisão: nova tecnologia para o desenvolvimento florestal. **R. Ambiência**, Guarapavua, PR, v.3, n.2, p.269-281, Maio/Ago., 2007.

Cambardella, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n. 6, p.1501-1511, Sept/Oct. 1994.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 1997. 212 p.

Figueiredo, E. O. et al. **Teca (*Tectona grandis* L.f.)**: Principais perguntas do futuro empreendedor florestal. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005, 89 p. (Embrapa Acre. Documentos, 97).

Molin, J. P. **Agricultura de Precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: O autor, 2003. 83 p.

Ortiz, J. L. Silvicultura de Precisão: relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e relevo. In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO. Piracicaba, 2004. Anais... Piracicaba, 2004

Pannatier, Y. **VarioWin**: Software for spatial data analysis in 2D. New York: Springer-Verlag, 1996.

Rufino, C. M. T. et al. O uso da geoestatística no Estudo da Relação entre Variáveis Dendométricas de Povoamento de *Eucalyptus* sp. e atributos do solo. **Revista Ambiência**, Guarapuava-PR, v.2, n.1, p.83-93,2006.

Vettorazzi, C. A. ; Ferraz, S. F. B. **Silvicultura de precisão: uma nova perspectiva para o gerenciamento de atividades florestais**. In: BOREM, A.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M. Agricultura de precisão. Viçosa: Editora UFV, 2000. p.65-75.