

**Variabilidade espacial de clones de Eucalipto em função do preparo de solo e adubações****Spatial variability of Eucalyptus clones in the function of soil tillage and fertilization**

DOI:10.34117/bjdv6n3-192

Recebimento dos originais: 30/02/2020

Aceitação para publicação: 13/03/2020

**Ítalo Lima Nunes**

Engenheiro Florestal, Mestrando Em Ciência Florestal  
Universidade Federal De Viçosa  
E-mail: Italo.Nunes@Ufv.Br

**Elton Da Silva Leite**

Doutor Em Mecanização Agrícola  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
E-mail: elton@ufrb.edu.br

**Roneise De Jesus Lima**

Mestre Em Solos E Qualidades De Ecossistemas  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
E-mail: Isedelima@gmail.com

**Luciano José Minette**

Doutor Em Ciência Florestal  
Universidade Federal De Viçosa  
E-mail: Minette@Ufv.Br

**Stanley Schettino**

Doutor Em Ciência Florestal  
Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais  
E-mail: Schettino@Ufmg.Br

**Amaury Paulo De Souza**

Doutor Em Ciência Florestal  
Universidade Federal De Viçosa  
E-mail: Amaury@Ufv.Br

**RESUMO**

Para estimar a produtividade de povoamentos florestais pode ser empregada a geoestatística com a finalidade de descrever o padrão da variabilidade espacial, que permite observar e explicar os locais de maior produtividade. É necessário definir a variabilidade pois permite aplicar manejos específicos para cada área, devido à falta de informações acerca da variabilidade do preparo de solo e adubação em eucalipto faz-se necessário estudos dessa natureza. Objetivou-se avaliar a variabilidade espacial de clones de eucalipto em função do preparo de solo e adubações. As variáveis foram altura, diâmetro e volume de madeira de plantios homogêneos aos 36 e 48 meses de idade e implantados em quatro tipos de preparo de solo, duas adubações e dois materiais genéticos. Para as análises das distribuições espaciais e semivariogramas, foi utilizado o software GS+. O índice de dependência espacial foi definido a partir dos parâmetros baseado no tamanho relativo do efeito pepita e patamar. Sendo; dependência espacial forte  $\leq 25\%$ ; dependência espacial moderada entre 26% e 74% e dependência espacial fraca quando  $\geq 75\%$ . Os materiais genéticos apresentaram diferenças e as adubações não diferiram. O índice de dependência espacial foi moderado. O preparo convencional e subsolagem obtiveram os melhores resultados no crescimento do eucalipto. Para o diâmetro, o plantio direto apresentou maior desenvolvimento aos 36 meses e o convencional aos 48 meses. Para análise espacial o modelo exponencial apresentou os melhores valores geoestatísticos, o alcance foi maior do que a menor distância entre os pontos, evidenciando dependência espacial, os índices de dependência espacial foram classificados como moderados e os mapas apresentaram alta variabilidade espacial.

**Palavras chave:** Povoamento florestal; geoestatística; krigagem.

**ABSTRACT**

In order to estimate the productivity of forest stands, geostatistics can be used to describe the spatial variability pattern, which allows to observe and explain the sites of higher productivity. It is necessary to define the variability as it allows to apply specific managements for each area, due to the lack of information about the variability of the tillage of soil and fertilization in eucalyptus it is necessary studies of this nature. The objective of this study was to evaluate the spatial variability of eucalyptus clones as a function of soil preparation and fertilization. The variables were height, diameter and volume of wood from homogenous plantations at 36 and 48 months of age and were implanted in four types of soil preparation, two fertilizations and two genetic materials. For the analyzes of spatial distributions and semivariograms, GS + software was used. The spatial dependence index was defined from the parameters based on the relative size of the nugget and threshold effect. Being; strong spatial dependence  $\leq 25\%$ ; moderate spatial dependence between 26% and 74% and weak spatial dependence when  $\geq 75\%$ . The genetic material presented differences and the fertilizations did not differ. The spatial dependency index was moderate. Conventional tillage and subsoiling showed the best results for eucalyptus growth. For the diameter, no-tillage presented greater development at 36 months and conventional at 48 months. For spatial analysis, the exponential model presented the best geostatistical values, the range was higher than the smaller distance between the points, showing spatial

dependence, spatial dependence indices were classified as moderate and the maps showed high spatial variability.

**Keywords:** Forest stands, geostatistics, kriging.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil dos países mais desenvolvidos do setor florestal do mundo. Devido à alta produtividade e o menor custo de produção em comparação com outros países, resultante dos avanços tecnológicos e condições edafoclimáticas favoráveis à produção (Santos et al., 2017). A área de árvores plantadas para fins industriais no Brasil totalizou 7,84 milhões de hectares e lidera o ranking mundial de produtividade florestal, atingindo 6,2% do PIB industrial em 2016, sendo o eucalipto o principal gênero plantado (IBÁ, 2017). O cultivo do gênero *Eucalyptus* predomina nas regiões tropicais devido seu potencial produtivo e sofre influência de fatores como a constituição genética, preparo de solo, adubação, tratamentos silviculturais, idade, local de plantio e as interações dos diversos fatores, o que pode afetar diretamente a qualidade e o uso final da madeira (PROTÁSIO et al., 2014; MOULIN et al., 2015).

O desenvolvimento das espécies florestais é influenciado pelos sistemas de preparo de solo, que alteram os atributos físicos do solo, como; densidade, macroporosidade, microporosidade e resistência do solo a penetração (SILVA et al., 2011). A adubação química e orgânica tem a capacidade de alterar as propriedades químicas e biológicas do solo, influenciando a produção nos plantios florestais (BONINI et al., 2015).

No sistema de preparo convencional (G) do solo ocorre o revolvimento o corte e a inversão de leiva aumentando a degradação da matéria orgânica, o volume de poros, e a redução da densidade (LISBOA et al., 2012).

Já no sistema de plantio direto (C) o revolvimento ocorre apenas nas dimensões do sulco de plantio, e comparativamente ao SPC a cobertura de resíduos orgânicos é decomposta em menor velocidade, o maior acúmulo desses resíduos promove o aumento do teor de carbono orgânico total do solo (SALES et al., 2016), além de preservar a estrutura e a umidade do solo. A subsolagem (S) atua em profundidade no solo, realizando o trincamento da estrutura do solo, favorecendo a infiltração de água e reduzindo a resistência do solo a penetração das raízes (FENG et al. 2018).

A avaliação do desenvolvimento das culturas florestais é realizada a partir de mensurações de características dendrométricas que permitem a tomada de decisões sobre manejos independentes (HAKAMADA et al., 2015). Desta forma é possível mensurar o desenvolvimento da cultura através do preparo de solo, adubação e material genético, a escolha do melhor sistema de preparo, adubação e clone contribuem aumentando a produção e maximizando os retornos financeiros.

A variabilidade espacial estuda como ocorre a variação das características, que é de forma vertical e horizontal no espaço do solo, nas propriedades da planta, entre outros. O entendimento da variabilidade exige uma maior quantidade de informações, as quais podem ser obtidas a partir de operações de amostragem

Para avaliar o desenvolvimento e produção do eucalipto pode-se utilizar a geoestatística que é uma ferramenta voltada para prover informações em suporte da agricultura e floresta de precisão, realizando a caracterização e a modelagem espacial e temporal, das quais resultam a produção de mapas precisos para bases de informação da área de produção, permitindo monitorar a produtividade do plantio (MCBRATNEY et al., 2005; BARRIOS et al., 2015).

Com o intuito de aumentar a produtividade florestal, objetivou-se com este estudo avaliar a variabilidade espacial de clones de eucalipto em função do preparo de solo e adubações.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. ÁREA DE ESTUDO**

O experimento foi conduzido em área experimental com *Eucaliptus grandis* x *Eucaliptus urophylla* em área pertencente à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, com coordenada central, (12°65'29" latitude sul e 39°07'88" de longitude oeste) altitude média de 220 metros, o clima da região segundo Koppen (1984) é classificado como As (tropical com ocorrência de inverno chuvoso). O solo foi classificado como Latossolo Amarelo Álico distrocoeso (EMBRAPA, 2006). O Plantio foi realizado em setembro de 2013.

## 2.2. PARCELAS

As parcelas foram constituídas por 20 plantas, distribuídas em quatro linhas com cinco árvores, em espaçamento de 3,0x3,0 metros. As medições da altura e circunferência ocorreram aos 36 e 48 meses, determinadas com o auxílio de fita métrica e hipsômetro a laser da marca Laser Technology, modelo TRUPULSE 200B, respectivamente. O diâmetro a altura do peito (DAP) foi obtido a partir da circunferência. Os tratamentos variaram em função do material genético, preparo do solo e adubação.

## 2.3. MATERIAL GENÉTICO

Os clones foram oriundos de duas empresas florestais, ambas localizadas no estado da Bahia, sendo híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla*. O clone (1) referente à empresa com sede no município de Alagoinhas e clone (2) de empresa com sede no município de Eunápolis.

## 2.4. PREPARO DO SOLO

Os preparos de solo mecanizados foram: convencional, (uma aração, duas gradagens) identificado pela letra G, plantio reduzido (subsolagem a 0,57m de profundidade), representado pela letra S e plantio direto (C30 - cova a 0,3m, e 0,4m de diâmetro e C60 – cova a 0,6m de profundidade e 0,40m de diâmetro).

## 2.5. ADUBAÇÕES

A adubação orgânica (O), foi realizada com esterco bovino, sendo 6,38 litros por planta com base no teor de fósforo, a densidade do esterco foi de 0,51 mg cm<sup>-3</sup>.

A adubação química foi de 136g de NPK (10-30-10) e a adubação de cobertura de 84g (duas doses de 42g) de NPK (20-0-20).

As adubações (química e orgânica) foram distribuídas nas covas no sistema convencional e plantio direto, já para o preparo reduzido foi distribuído em linha da haste do subsolador, atendendo a prática adotada pelas empresas florestais. A quantidade de fertilizante foi aplicada de acordo a necessidade da cultura, com base em análise química e orgânica do solo e adubo orgânico.

## 2.6. ESTIMAÇÃO VOLUMÉTRICA

Para a estimação do volume foi utilizado o modelo de dupla entrada proposto por Naslund (Equação 1). Este modelo foi utilizado devido à característica de dupla entrada, pois uma equação de mono entrada não seria representativa em termos geoestatísticos.

$$V = \beta_0 + \beta_1dap^2 + \beta_2dap^2HT + \beta_3dapHT^2 + \beta_4^2 + \varepsilon \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: V = volume, em m<sup>3</sup>; dap = diâmetro (cm) a 1,3 m de altura. ht = altura total da árvore, em m;  $\beta_i$  = coeficiente determinados por regressão.

## 2.7. VARIABILIDADE ESPACIAL

Nas análises das distribuições espaciais e semivariogramas, foi utilizado o software GS+, versão 5.1 (ROBERTSON, 1998). Para modelar os padrões espaciais do volume por meio da determinação das semivariâncias utilizou-se a (Equação 2), considerou-se o posicionamento geográfico dos indivíduos georreferenciados nas unidades amostrais no campo e o posterior cômputo das distâncias (h) e das diferenças numéricas da variável (Z) na malha de pontos.

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

Em que:  $\mathbf{h}$  = semivariância da variável  $Z(x_i)$ ;  $\mathbf{h}$  = vetor de distância euclidiana; e  $N(\mathbf{h})$  = número de pares de pontos medidos  $Z(x_i)$  e  $Z(x_i + \mathbf{h})$ , separados por uma distância  $\mathbf{h}$ .

O índice de dependência espacial (IDE) foi classificado de acordo Bhunia e Chattopadhyay (2018), definido a partir dos parâmetros baseado no tamanho relativo do efeito pepita e patamar. Sendo; dependência espacial forte  $\leq 25\%$ ; dependência espacial moderada entre 26% e 74% e dependência espacial fraca quando o IDE  $\geq 75\%$ . Este índice possibilita a comparação do tamanho relativo do efeito pepita entre os atributos dendrométricos dado pela (Equação 3):

$$\text{IDE} = \frac{y(h)_{\text{pepita}}}{y(h)_{\text{total}}} * 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que: IDE - Índice de dependência espacial,  $\gamma(h)$  pepita - semivariância do efeito pepita e  $\gamma(h)$  total - semivariância total ou patamar.

Os parâmetros utilizados para a escolha do melhor modelo (esférico, exponencial, quadrático, linear e não linear) foram o alcance (Ao), índice de dependência espacial (IDE), patamar (Co) e efeito pepita (Co+C), observados nos semivariogramas.

Para a geoestatística é necessário que os variogramas e patamares apresentem modelos definidos, permitindo assim aceitar a hipótese intrínseca (ISAACS e SRIVASTAVA, 1989). Após a realização e análise do semivariograma foram gerados os mapas de variabilidade espacial para as variáveis: altura, diâmetro e volume, evidenciando através da escala de cinza nos mapas das características em estudo

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. PARÂMETROS

Os resultados referentes aos parâmetros do ajuste teórico do semivariograma para as variáveis; altura, diâmetro e volume encontram-se na Tabela 1. O modelo que melhor se ajustou foi o exponencial para a altura, diâmetro e volume, a relação entre o efeito pepita (CO) e patamar (CO+C), resultou no índice de dependência espacial (IDE) que apresentou média de 50% para as variáveis, sendo considerado moderado. O IDE não variou com o aumento da idade, evidenciando que não ocorreram oscilações espaciais nas características avaliadas, mantendo assim, um desenvolvimento homogêneo, o alcance médio de 6.3 metros é maior que a distância entre os pontos amostrais, validando o modelo utilizado.

*Tabela 1: Parâmetros dos modelos geoestatísticos selecionados para as variáveis; diâmetro, altura e volume de E. grandis x E. urophylla aos 36 e 48 meses de idade.*

*Table 1: Parameters of geostatistical models selected for the variables; diameter, height and volume of E. grandis x E. urophylla at 36 and 48 months of age.*

Período	Variável	Modelo	Co*	Co+C*	Ao (m)	IDE(%)
36 Meses	Diâmetro	Exponencial	7,740	15,490	6,3	50,0
	Altura	Exponencial	13,180	26,370	6,3	50,0
	Volume	Exponencial	0,001	0,002	6,3	50,3
48 Meses	Diâmetro	Exponencial	11,110	22,230	6,3	50,0

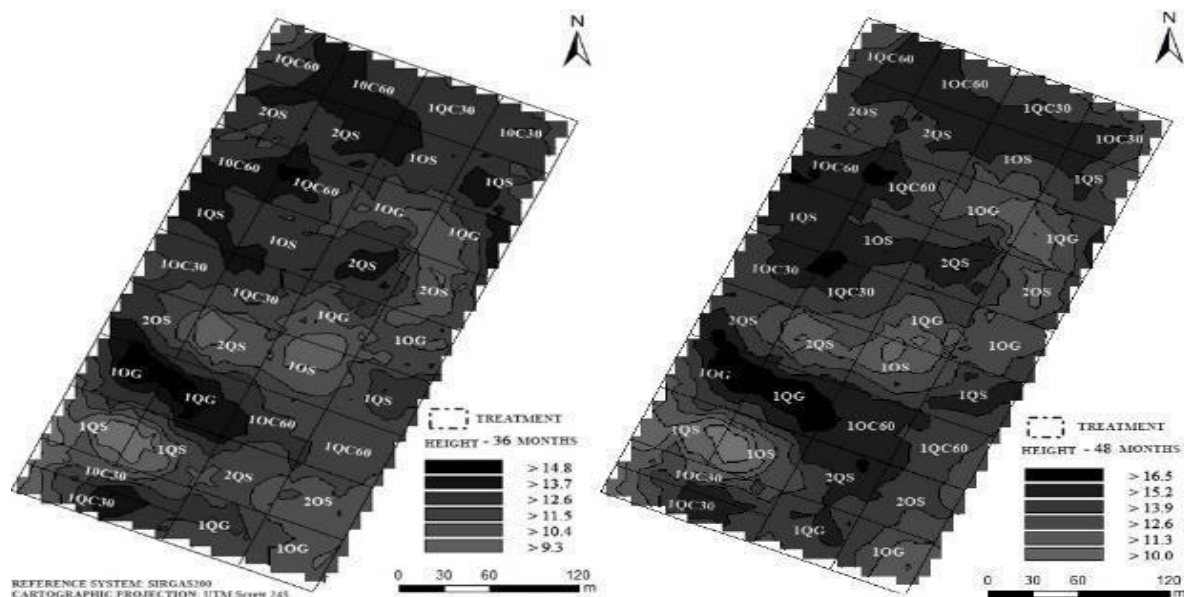
Altura	Exponencial	17,560	35,130	6,3	50,0
Volume	Exponencial	0,002	0,004	6,3	50,1

Fonte: Autor. Co - Efeito Pepita; Co+C – Patamar; Ao – Alcance; IDE – Índice de dependência espacial; (\*) Centímetros para diâmetro, metro para altura e metros cúbicos para volume.

Source: Author. Co - Pepita Effect; Co + C - Porch; Ao - Reach; IDE - Spatial dependency index; (\*) Centimeters for diameter, meter for height and cubic meters for volume

### 3.2. ALTURA

O preparo convencional e a subsolagem obtiveram melhores resultados para altura, observado pela área de tonalidade forte de acordo a escala de cinza (Figura 1). Aos 48 meses manteve-se o mesmo padrão, explicada pela manutenção e crescimento homogêneo do eucalipto. As adubações químicas e orgânicas obtiveram desenvolvimentos similares. O clone 1 proporcionou maiores áreas com indivíduos de maiores alturas em relação ao clone 2.



1= clone 1, 2= clone 2, Q= adubação química, O= adubação orgânica, S= Subsolagem, G= preparo convencional, C30= plantio direto cova a 0.3m, C60= cova plantio direto a 0.6m.

1 = clone 1, 2 = clone 2, Q = chemical fertilization, O = organic fertilization, S = Subsoiling, G = conventional tillage, C30 = no-till tillage at 0.3m, C60 = no-till tillage till 0.6m.

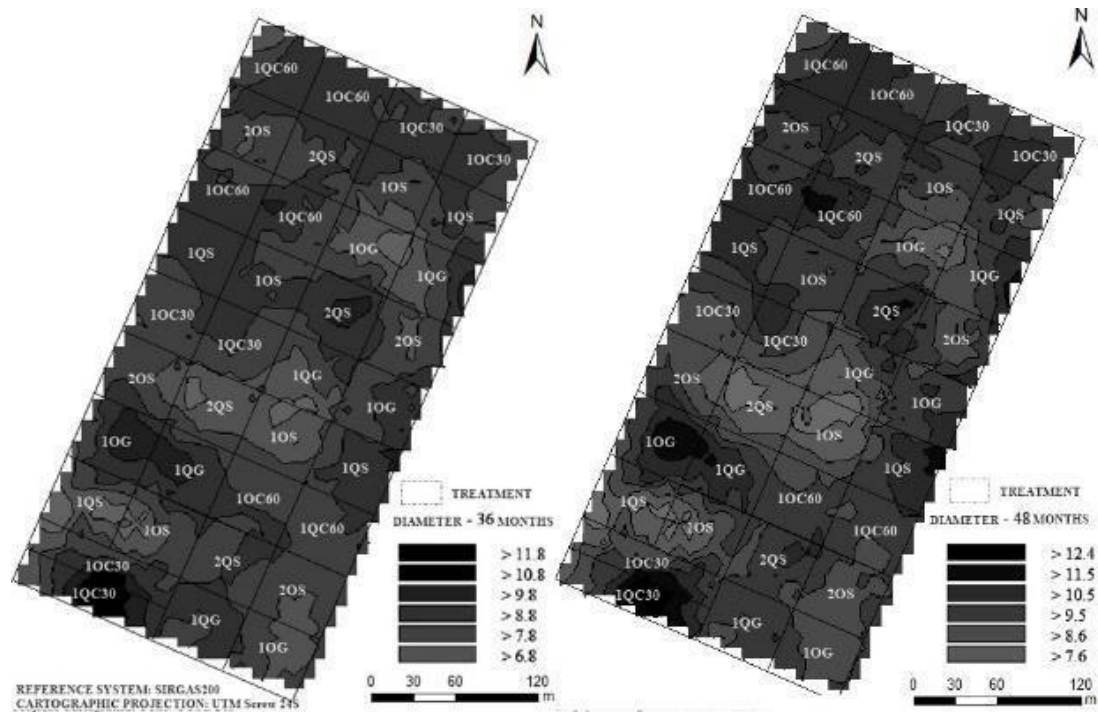
**Figura 1:** Fonte: Autor. Distribuição espacial da altura (m) aos 36 e 48 meses de idade em povoamento de *E. grandis* x *E. urophylla*.

**Figure 1.** Source: Author. Spatial distribution of height (m) on stands of *E. grandis* x *E. urophylla* at 36 and 48 months of age.



### 3.3. DIÂMETRO

O preparo de solo convencional e subsolagem obtiveram os melhores valores de diâmetro aos 36 e 48 meses de acordo a (Figura 2), apresentando o mesmo padrão da altura, evidenciando a influência do preparo de solo em profundidade, que favorece melhor o desenvolvimento das raízes.



1= clone 1, 2= clone 2, Q= adubação química, O= adubação orgânica, S= Subsolagem, G= preparo convencional, C30= plantio direto cova a 0.3m, C60= cova plantio direto a 0.6m.

1 = clone 1, 2 = clone 2, Q = chemical fertilization, O = organic fertilization, S = Subsoiling, G = conventional tillage, C30 = no-till tillage at 0.3m, C60 = no-tillage till 0.6m.

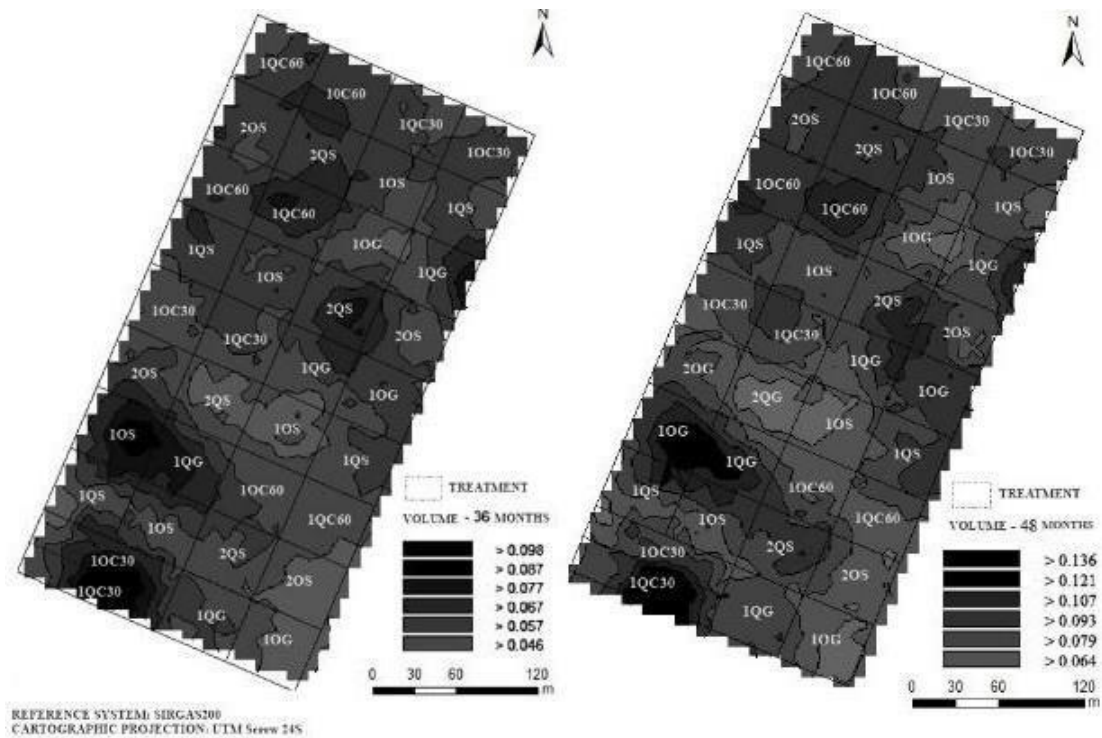
**Figura 2.** Fonte: Autor. Distribuição espacial do diâmetro (cm) a altura do peito em povoamento de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 36 e 48 meses de idade.

**Figure 2.** Source: Author. Spatial distribution of the diameter (cm) the height of the chest in *E. grandis* x *E. urophylla* stands at 36 and 48 months of age.

### 3.4. VOLUME

Para a distribuição espacial do volume (Figura 3), tanto o preparo de solo convencional quanto a subsolagem apresentaram desenvolvimentos similares para 36 e 48 meses. O volume médio de madeira foi de 79,1 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. O incremento corrente anual (ICA) entre 36 e 48 meses

foi de  $26,4 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  e o incremento médio anual (IMA) de  $19,8 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ .



1= clone 1, 2= clone 2, Q= adubação química, O= adubação orgânica, S= Subsolagem, G= preparo convencional, C30= plantio direto cova a 0.3m, C60= cova plantio direto a 0.6m.

1 = clone 1, 2 = clone 2, Q = chemical fertilization, O = organic fertilization, S = Subsoiling, G = conventional tillage, C30 = no-till tillage at 0.3m, C60 = no-tillage till 0.6m.

**Figura 3.** Distribuição espacial do volume ( $\text{m}^3$ ) aos 36 e 48 meses em povoamento de *E. grandis* x *E. urophylla*

**Figure 3.** Spatial distribution of volume ( $\text{m}^3$ ) at 36 and 48 months in stands of *E. grandis* x *E. urophylla*

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1. PARÂMETROS GEOESTATÍSTICOS

As variáveis evidenciaram dependência espacial moderada (entre 26% e 74%). Resultado semelhante foi observado por Pelissari et al., (2014), na avaliação de *Tectona grandis* L aos cinco anos de idade. Entretanto, Santos et al., (2017), e Reis et al., (2016), encontraram fraca dependência espacial na avaliação de povoamentos de eucalipto, sendo que a maior variabilidade espacial neste estudo está relacionada as diferenças de preparo de solo, adubações, maior amostragem e maiores alcances, obtendo um IDE mais forte e continuidade

espacial, respectivamente.

O alcance (6,3 m) foi maior que a distância entre os pontos (3,0 m), evidenciando a continuidade espacial das amostras (Tabela 1), valor semelhante ao encontrado por Akhavan et al., (2015), validando a malha amostral adotada e número de pontos adotados. A interpolação mostrou-se aplicável para a tomada de decisões, gerando mapas com variações precisas, podendo aplicar manejos independentes em diferentes áreas.

#### 4.2. ALTURA

O preparo de solo convencional se destacou dos demais, apresentando maiores áreas com indivíduos de classes maiores (Figura 1), fato explicado pela maior mobilização do solo, resultando em maior infiltração de água, maior aeração, que incide em maior desenvolvimento em altura em relação aos demais preparos de solo (DEDECEK et al., 2007; GONÇALVES et al., 2017). Resultando em aumento da porosidade total, promovendo maior capacidade das raízes se desenvolverem e conseqüentemente aumentando suas características dendrométricas. Resultado semelhante foi encontrado por Melo et al., (2018), em estudo sobre o desenvolvimento de eucalipto em função do preparo do solo.

De acordo a (Figura 1) não foi observado diferenças entre as adubações, resultado que corrobora com Ribeiro et al., (2015). Evidenciando que o eucalipto não manifestou diferenças entre as formas de adubações, sendo o custo o principal agente de escolha.

#### 4.3. DIÂMETRO

Tanto a subsolagem quanto o preparo convencional apresentaram indivíduos de alta classe diamétrica, sendo similares. O maior diâmetro está relacionado à maior infiltração de água nos macroporos, ocasionando maior desenvolvimento em diâmetro das plantas, segundo Gonçalves et al., (2016). Os maiores diâmetros (Figura 2) são explicados pelo maior revolvimento do solo na camada arada e em profundidade na subsolagem, rompendo a camada coesa, favorecendo o desenvolvimento da cultura, a subsolagem e aragem são preparos que apresentam maior porosidade total em relação ao plantio direto, devido ao revolvimento do solo e trincamento da estrutura do solo em profundidade, favorecendo o desenvolvimento (SZYMCZAK et al., 2014). Os resultados do preparo de solo foram similares aos encontrados por Prevedello et al., (2014), evidenciando desenvolvimento do eucalipto em regiões e solo diferentes.

#### 4.4. VOLUME

O preparo de solo G forneceu maiores áreas com alto volume em relação as demais, isso devido a relação entre a altura e o diâmetro, portanto locais onde apresentaram maiores alturas e DAP, irão apresentar maior volume (Figura 3). O volume médio por área foi superior ao encontrado por Lundgren et al., (2017) em plantio de eucalipto no estado de Pernambuco. Os maiores valores deste estudo estão relacionados pela maior precipitação e atributos de solo. Os valores de ICA e IMA foram maiores que os encontrados por Lopes et al., (2017), os maiores resultados encontrados neste estudo estão relacionados ao material genético, clima e solo. A similaridade entre o preparo convencional e a subsolagem no diâmetro se manteve no volume, sendo o custo do preparo o fator de maior influência para a escolha da operação.

#### 5. CONCLUSÃO

Constatou-se alta variabilidade espacial das características de altura, diâmetro e volume de *E. grandis x E. urophylla*. O alcance foi maior que a distância entre os pontos, os índices de dependência espacial foram classificados como moderados. Os materiais genéticos apresentaram diferenças, o clone de origem do município de Alagoinhas foi superior e as adubações apresentaram desenvolvimentos similares. O preparo de solo convencional forneceu condições físicas do solo que favoreceu indivíduos de maiores volumes.

#### REFERÊNCIAS

Akhavan, R., Kia-Daliri, H., & Etemad, V. Geostatistically estimation and mapping of forest stock in a natural unmanaged forest in the Caspian region of Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 13(1), 61-76. 2015.

Barrios PG, Bidegain MP, Gutiérrez L. Effects of tillage intensities on spatial soil variability and site-specific management in early growth of *Eucalyptus grandis*. *Forest Ecology And Management*. 2015. v. 346, p.41-50.

Bonini CSB, Alves MC, Montanari R. Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. 2015. v. 19, n. 4, p.388-393.

## *Brazilian Journal of Development*

Bhunias GS, Shit PK, Chattopadhyay R. Assessment of spatial variability of soil properties using geostatistical approach of lateritic soil (West Bengal, India). **Annals Of Agrarian Science**. 2018. p.1-8.

Dedecek RA, Curcio GR, Rachwal MFG, Simon AA. Efeitos de sistemas de preparo do solo na erosão e na produtividade da acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). *Ciência Florestal*. 2007. v. 17, n. 3, p. 205-215.

EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa do solo. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. EMBRAPA, 2006. 306 p.

Feng, X., Hao, Y., Latifmanesh, H., Lal, R., Cao, T., Guo, J., ... & Zhang, W. Effects of Subsoiling Tillage on Soil Properties, Maize Root Distribution, and Grain Yield on Mollisols of Northeastern China. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 4, p. 1607-1615, 2018.

Gonçalves SB, Lopes ES, Fiedler NC, Cavalieri KMV, Stahl J, Drinko CHF. Efeito da profundidade de trabalho na qualidade da operação de subsolagem para implantação florestal. *Revista Árvore*. 2016. v. 40, n. 1, p. 29-37.

Gonçalves SB, Lopes ES, Fiedler NC, Cavalieri KMV, Stahl J. Resistência do solo a penetração em diferentes profundidades de subsolagem. **Nativa**. 2017. v. 5, n. 3, p.224-229.

Hakamada, RE, Stape JL, Lemos CCZ, Emanuel A, Almeida A, Silva LF. Uso do inventário florestal e da uniformidade entre árvores como ferramenta de monitoramento da qualidade silvicultural em plantios clonais de eucalipto. **Scientia Forestalis**. 2015. v. 43, n. 105, p.27-39.

Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ. (Brasil). Ano base 2016. **Relatório 2017**. Brasília, 2017. 80 p.

Isaaks EH, Srivastava, RM. Applied geostatistics. Oxford: Oxford University 1989. 561p.

Köppen W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Econômica. México. 1948. 479p.

Li DQ, Jiang SH, Cao ZJ, Zhou W, Zhou CB, Zhang LM. A multiple response-surface method for slope reliability analysis considering spatial variability of soil properties. Engineering Geology. 2015. p. 60-72.

Lisboa, B. B.; Vargas, L. K.; Silveira, A. de O.; Martins, A. F.; Selbach, P. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, p.33-43, 2012.

Lopes ED, Laia ML, Santos AS, Soares GM, Leite RWP, Martins NS. Influência do espaçamento de plantio na produção energética de clones de *Corymbia* e *Eucalyptus*. **Floresta**. 2017. v. 47, n. 1, p.95-104.

Lundgren WJC, Silva JAA, Ferreira RLC. Estimação do Volume de Eucaliptos por Krigagem e Cokrigagem no Semiárido Pernambucano. **Floresta e Ambiente**. 2017. v. 24, p.1-12.

Mcbratney AB, Whelan BM, Ancev T, Bouma J. Future directions of Precision Agriculture. Precision Agriculture. 2005. v. 6, n. 1, p. 1-17. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-005-0681-8>

Melo IN, Leite ES, Souza DR, Nobrega JCA, Santos JS, Dias CN. Variabilidade espacial e temporal no crescimento de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* sob diferentes preparos de solo, adubações e materiais genéticos. Agronomia: elo da cadeia produtiva. Atena, 2018, v. 2, p 277-292.

Moulin JC, Arantes MDC, Vidaurre GB, Paes JB, Carneiro ACO. Efeito do espaçamento, da idade e da irrigação nos Componentes químicos da madeira de eucalipto. Revista Árvore. 2015. v. 39, n. 1, p. 199-208.

## *Brazilian Journal of Development*

Pelissari AL, Filho AF, Caldeira SF, Machado AS. Geoestatística aplicada ao manejo de povoamentos florestais de teca, em períodos pré-desbaste seletivo, no estado do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Biometria*. 2014. v. 32, n. 3, p. 430-444.

Prevedello J, Vogelmann ES, Kaiser DR, Fontanela E, Reinert DJ, Reichert JM. Agregação e matéria orgânica de um argissolo sob diferentes preparos do solo para plantio de Eucalipto. *Pesquisa Florestal Brasileira*. 2014. v. 34, n. 78, p. 149-158.

Protásio TP, Neves TA, Reis AA, Trugilho PF. Efeito da idade e clone na qualidade da madeira de *Eucalyptus* spp visando à produção de bioenergia. *Ciência Florestal*. 2014. v. 24, n. 2, p. 465- 477.

Reis AA, Mello JM, Raimundo MR, Júnior FWA, Oliveira MS, Souza JMF. Estratificação de um povoamento de eucalipto por interpoladores geoestatísticos e sensoriamento remoto. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***. 2016. v. 51, n. 10, p.1751-1761.

Ribeiro EP, Magalhães JL, Rodrigues AA, Rodrigues DA, Frazão MA, Rodrigues CL. Análise inicial do super clone de eucalipto adubado com lodo de efluente suíno. *Pesquisa Florestal Brasileira*. 2015. v. 35, n. 84, p. 399-407.

Robertson GP. *GS+: geostatistics for the environmental sciences: GS+ user's guide*. Plainwell: Gamma Design Software, 1998. 152p.

Sales, R. P.; Portugal, A. F.; Moreira, J. A. A.; Kondo, M. K.; Pegoraro, R. F. Qualidade física de um latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. ***Revista Ciência Agronômica***, v. 47, p.429-438, 2016.

Santos LN, Fernandes HC, Silva RMF, Silva ML, Souza AP. Avaliação de custos do *harvester* no abate e processamento de madeira de eucalipto. ***Revista Árvore***. 2017. v. 41, n. 5, p.1-9.

Santos MC, Roveda M, Zanon MLB, Filho AF, Roik M, Pacheco JM, Scavinski V. Inventário Florestal Utilizando Técnicas de Silvicultura de Precisão em Povoamentos de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Floresta e Ambiente**. 2017. v. 24, p.2-9.

Silva AR, Júnior MSD, Leite FP. Avaliação da intensidade de tráfego e carga de um forwarder sobre a compactação de um Latossolo Vermelho-amarelo. *Revista Árvore*. 2011. v.35, n.3, p.547-554.

Szymczak DA, Brun EJ, Reinert DJ, Frigotto T, Mazzalira CC, Lúcio AD, Marafija J. Compactação do solo causada por tratores florestais na colheita de *Pinus taeda* L. na região sudoeste do Paraná. **Revista Árvore**. 2014; v. 38, n. 4, p.641-648.