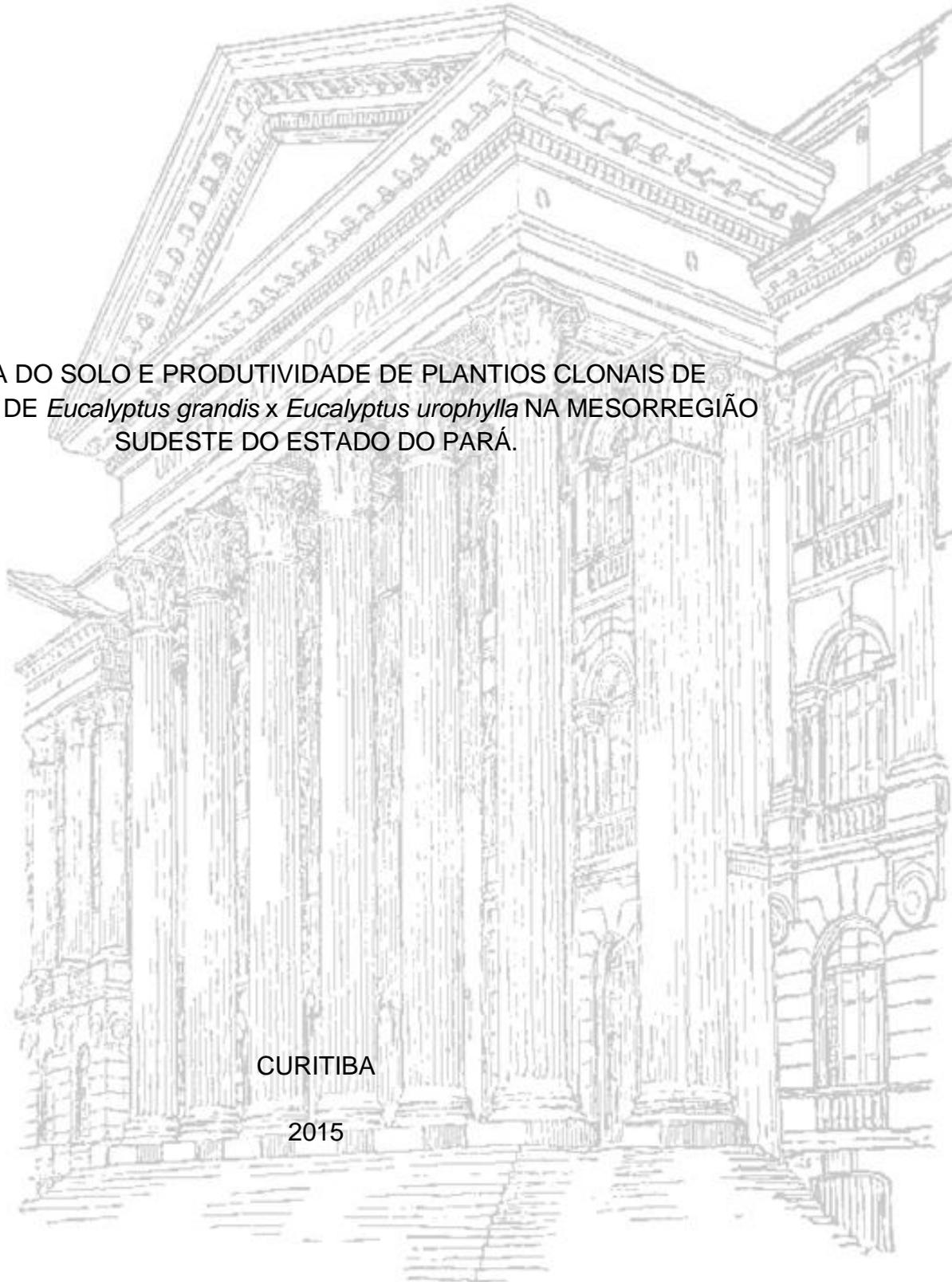


ADEMAR DE ANGELI

FÍSICA DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE PLANTIOS CLONAIS DE
HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* NA MESORREGIÃO
SUDESTE DO ESTADO DO PARÁ.

CURITIBA

2015



ADEMAR DE ANGELI

FÍSICA DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE PLANTIOS CLONAIS DE
HÍBRIDOS DE *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* NA MESORREGIÃO
SUDESTE DO ESTADO DO PARÁ

Trabalho apresentado como requisito parcial à
obtenção do grau de Especialização em
Gestão Florestal no curso de
Pós-Graduação em Gestão Florestal,
Departamento de Economia Rural e
Extensão, Setor de Ciências Agrárias,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Jonas Elias Castro da Rocha

CURITIBA

2015

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais e a minha família: Katiana, Otávio e Bernardo De Angeli.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade na realização deste curso.

Ao Mestre Jonas Elias castro, pelas orientações, estímulo, atenção e paciência.

À Vale Florestar S.A., pela confiança, investimentos e disponibilidade para execução desse trabalho, assim como aos colegas de trabalho: Jonas Castro, Adriano Soares Coelho, Carlos Garcia; e em especial a equipe de operações silviculturais: Francinaldo, Denny Gyn, José Márcio, Antônio, Gleydson, pelo apoio e disposição em ajudar.

Ao coordenador João Garzel e professores do curso de pós-graduação do PECCA-UFPR, pelos ensinamentos e pela disponibilidade em ajudar sempre.

Aos meus queridos familiares e amigos: Odila, Alberto (in memória), Adalberto, Aldevina, Katiana, Otávio e Bernardo, pela torcida na conquista desse objetivo.

Aos profissionais: Da VALE FLORESTAR S.A. que direta ou indiretamente na trajetória de minha acolhida me ajudaram nos ensinamentos ao longo da minha carreira profissional.

RESUMO

Este estudo avaliou a influência que os arranjos de cinco clones com *Eucalyptus sp.* sob dois diferentes tipos de solo. Para tanto, o experimento foi instalado em uma fazenda operacional de plantios comerciais de eucalipto com idade entre 3,3 e 3,7 anos, no município de Dom Eliseu, Estado do Pará. O delineamento experimental utilizados foi o de blocos ao acaso com tratamentos fatoriais 5 x 2, com cinco repetições, respectivamente para tipo de clone (C1; C2; C3; C4; C5) e tipo de solo (argiloso e arenoso). Totalizando 50 parcelas experimentais de 24 m x 24 m. Os resultados mostram que os solos argilosos com boa profundidade e maior quantidade de silte e argila, em comparação com solo arenoso apresentam um bom incremento nos povoamentos com *Eucalyptus sp.* Nos distintos solos analisados foram apresentados resultados satisfatórios. Podendo ser utilizados como forma de reduzir os custos das operações silviculturais e uma maior produtividade para solos argilosos; mas deve-se levar em consideração a influência da relação entre genótipo e ambiente sobre a uniformidade e produtividade dos povoamentos.

Palavra-chave: clones, atributos físicos do solo, produtividade.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVO	9
2.1 GERAL.....	9
2.2 ESPECÍFICOS.....	9
3 METODOLOGIA	10
3.1 LOCALIZAÇÃO.....	10
3.2 CLIMA.....	10
3.3 SOLO.....	11
3.4 MEDIÇÕES.....	11
3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	14
4 RESULTADOS E DISCUSÕES	15
5 CONCLUSÃO	19
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1 INTRODUÇÃO

No início do Século XX as preocupações mundiais com a redução da emissão de gases que podem causar o efeito estufa, bem como as pressões mercadológicas para a redução do desmatamento na floresta amazônica impulsionaram modificações nas tendências do mercado, voltando-se principalmente para empreendimentos de reflorestamento.

No contexto das florestas plantadas, as principais atividades econômicas de base florestal em território nacional são: os seguimentos de celulose e papel, papelão ondulado, siderurgia a carvão vegetal, móveis e painéis reconstituídos de compensados e laminados, bem como outros produtos com maior valor agregado.

No Brasil, a área total com florestas plantadas em 2012, totalizou 6.664.812 hectares, sendo 76,60% correspondente à área de plantios de *Eucalyptus* e 23,40% aos plantios de *Pinus*. A área de plantios de *Eucalyptus* totalizou 5.102.030 ha, representando crescimento de 4,5% (228.078 ha) frente ao indicador de 2011. O principal fator que alavancou esse crescimento foi o estabelecimento de novos plantios frente à demanda futura dos projetos industriais do segmento de Papel e Celulose (ABRAF, 2013).

Atualmente, no Brasil as espécies do gênero *Eucalyptus* têm sido extensivamente utilizadas em plantios florestais, por diversas razões, seja pela grande plasticidade das espécies devido à diversidade de espécie adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas, pela elevada produção de sementes e facilidade de propagação vegetativa, pelas características silviculturais desejáveis como rápido crescimento, produtividade e boa forma do fuste, em função do melhoramento genético e ao manejo, e pela adequação aos mais diferentes usos industriais com ampla aceitação no mercado (MORA; GARCIA, 2000).

Os solos são constituídos de uma mistura de partículas sólidas de natureza mineral e orgânica, também de ar e água, formando um sistema trifásico: sólido, gasoso e líquido. As partículas da parte sólida variam em tamanho, forma e composição química, sendo sua combinação o que forma a

matriz do solo. A distribuição quantitativa das partículas de areia, silte e argila, desta composição da matriz, formam a textura do solo, que é uma das características físicas mais estáveis. Esta fase sólida mineral do solo, composta de partículas de areia, silte e argila, normalmente, estão reunidas pela ação de agentes cimentantes, formando as unidades estruturais do solo, sendo os principais os minerais de argila, a matéria orgânica e os óxidos de ferro e alumínio (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

O solo é a base fundamental dos sistemas de produção florestal, portanto é necessário buscar alternativas que sejam sustentáveis ao longo do tempo, de forma que melhorem ou mantenham uma estrutura física capaz de exercer as suas funções para o crescimento e ancoragem das raízes, bem como favorecer o suprimento de água, oxigênio e nutrientes (BLAINSKI et al., 2008). Assim, para manter um solo produtivo, bem como adequar determinadas características de manejo, as intrínsecas interações entre materiais genéticos e o meio edáfico podem promover maiores produtividades.

De acordo com Assis et al. (1999) as empresas reflorestadoras, de maneira geral, estão muito empenhadas no desenvolvimento de técnicas que visem o aumento da produtividade e a redução dos custos operacionais, sendo contemplados estudos que envolvam a adoção de novos espaçamentos e, principalmente, de diferentes arranjos de plantio.

Cabese destacar que em plantações comerciais no Brasil, as interpretações de produtividades do solo para fins de manejo são na maioria das vezes generalizada, embasada em condições edáficas dos estados de Minas Gerais e São Paulo (BARROS et al., 2000). Portanto, são raros os estudos dessa natureza na Região Amazônica.

Dentro desse panorama e considerando a carência de estudos na Região Amazônica sobre as relações entre os atributos físicos do solo e o crescimento volumétrico de plantios de eucalipto, o trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre os atributos físicos do solo e o incremento médio anual em volume de cinco plantios clonais de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, na Mesorregião Sudeste do Estado do Pará.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

Comparar o Incremento Médio Anual dos clones de híbridos de eucalipto em solos com textura argilosa e arenosa em diferentes fazendas em estudo na região norte do Brasil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Lançar parcelas no campo, onde os clones e solos são identificados com a devida identificação do presente levantamento.

Detalhar e analisar a quantidade e demarcação das áreas dos sítios em estudo.

Mensurar através de inventário contínuo o volume estimado das parcelas.

Demonstrar a importância da análise dos levantamentos do inventário com o volume de madeira para os diferentes clones analisados ao melhor tipo de solo.

3 METODOLOGIA

3.1 LOCALIZAÇÃO

O estudo foi desenvolvido em área de plantio de eucalipto em escala comercial no município de Dom Eliseu, pertencente à mesorregião do Sudeste do Estado do Pará (Figura 1).

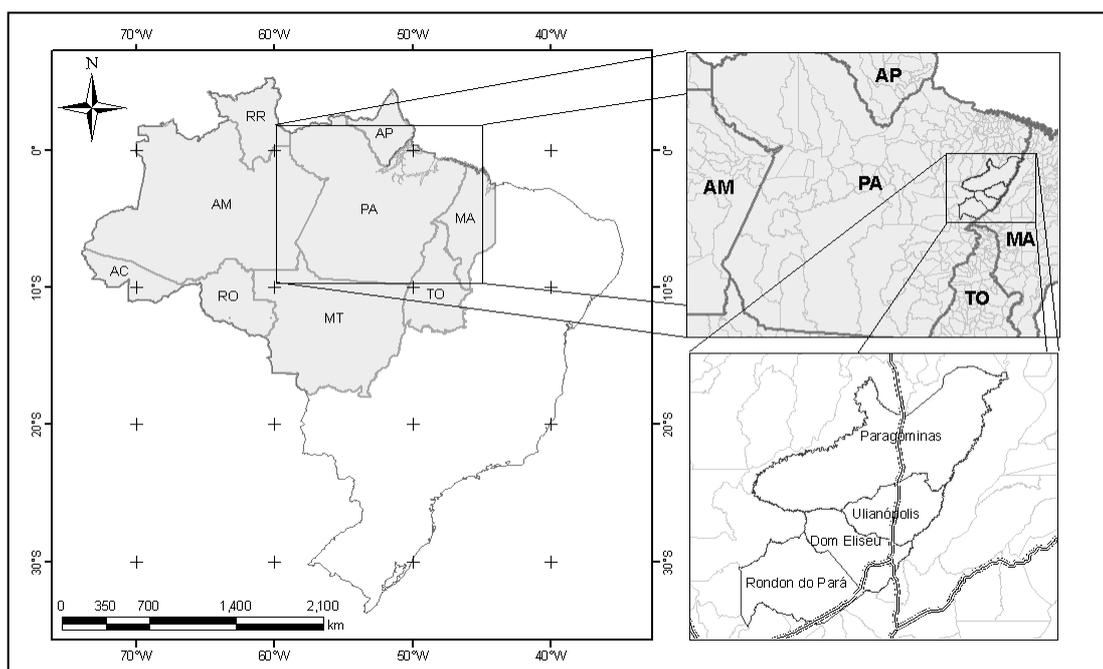


Figura 1 - Localização do Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.

3.2 CLIMA

O clima de Dom Eliseu, segundo Köppen é o Aw, clima tropical chuvoso, com expressivo período de estiagem, sendo o trimestre mais seco nos meses de julho, agosto e setembro e o trimestre mais chuvoso nos meses de fevereiro, março e abril (SIPAM, 2009). A temperatura média anual está em torno de 25° C e as médias das mínimas diárias, em cerca de 20° C. A precipitação anual média é de 1638 mm, entretanto, há uma grande variabilidade espacial na região, podendo a precipitação anual média variar de 1445 a 2030 mm dentro do município (HIJMANS et al., 2005).

3.3 SOLO

Os solos que comporão o objeto de estudo desta pesquisa foram classificados como Latossolo Amarelo distrófico típico, textura muito argilosa, e Latossolo Amarelo distrófico típico, textura arenosa de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, proposto pela Embrapa (2006) (Figura 2a e 2b, respectivamente).



Figura 2. Solos utilizados no experimento.

3.4 MEDIÇÕES

Para o presente trabalho, foram lançadas e mensuradas 50 parcelas permanentes, que foram mensuradas no mês de novembro do ano de 2013, quando os plantios estavam com idade entre 3,3 e 3,7 anos. As parcelas foram de tamanho retangular com um comprimento médio de 24,05m por uma largura média de 21,07m, correspondendo a sua

totalidade devidamente esquadrejada. Estas dimensões foram propostas visando abranger 7 linhas de plantio, sendo 8 covas para cada linha, totalizando um número de 56 covas por parcela.

Inicialmente todas as árvores da parcela tiverem os diâmetros mensurados a uma altura de 1,30 m do solo (dap), lembrando sempre de usar um gabarito de 1,30 m. Mediram-se todas as árvores com dap maior ou igual a 4,00 cm de diâmetro ou cap maior ou igual a 12,5 cm. No caso de covas com mais de um fuste (bifurcadas), mediu-se sempre do maior para o menor dap.

Foram abatidas seis (6) árvores-amostra por estrato para cada classe de diâmetro com amplitude de dois (2) centímetros, sendo distribuídas em locais de alta, média e baixa produtividade.

Após abater as árvores-amostra, mensurou-se os diâmetros com casca e a espessura da casca nas posições de altura do solo (em metros) igual a 0,1; 0,5; 1,0; 1,3; 2,0; 4,0; e assim sucessivamente de dois em dois metros até o diâmetro com casca igual a 4,0 centímetros de acordo com a Figura 3.

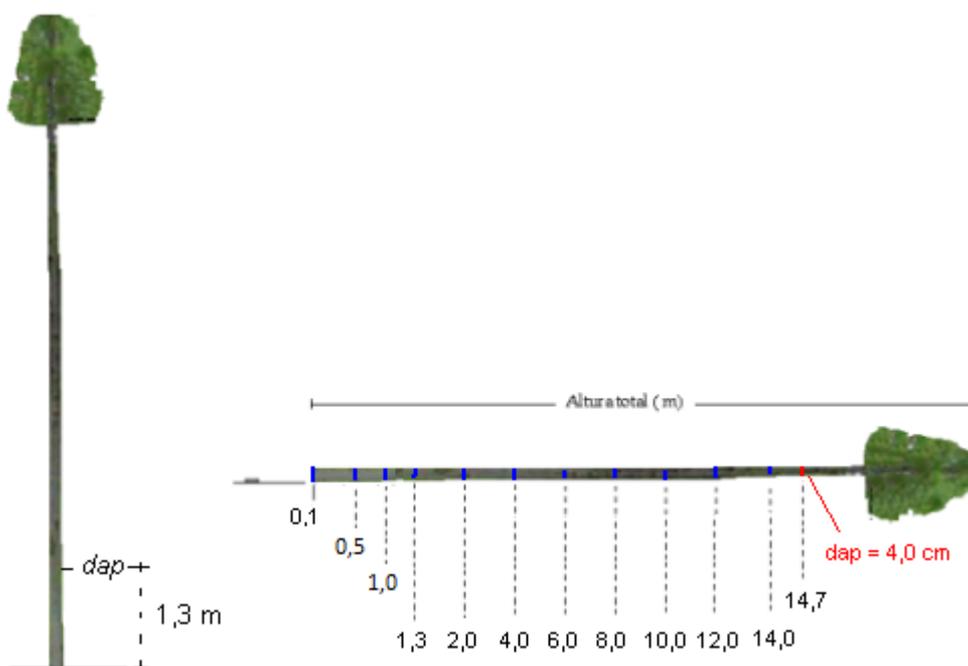


Figura 3. Esquema de cubagem de árvores-amostra.

O volume total de cada árvore foi calculado pela soma dos volumes parciais de cada secção da árvore cubada. O volume de cada secção foi calculado pela fórmula de Smalian, conforme descrito por Soares (2007).

Para estimar o volume com casca até 6 cm de diâmetro no topo do fuste (V6cc) em m³ utilizou-se o modelo proposto por Schumacher e Hall (1937) na sua forma original (modelo 1). Optou-se pelo modelo não-linear, pois este apresenta melhores ajustes do que a forma linearizada. O ajuste foi realizado pelo software Statistica 8.0 através do método dos mínimos quadrados e algoritmo Levenberg-Marquardt.

$$\text{Modelo 1: } V_{6cc} = \beta_0 * DAP^{\beta_1} * Ht^{\beta_2} + \varepsilon$$

Onde:

Ht = altura total, em m;

V6cc = volume com casca até 6 cm de diâmetro no topo do fuste, em m³;

DAP = diâmetro a 1,3 metros de altura do solo, em cm;

Bi = parâmetros do modelo a serem estimados, sendo i = 0, 1 e 2;

ε = erro aleatório.

Para inferir sobre o incremento médio anual em volume esperado para o sétimo ano (IMA7) das árvores em pé utilizou-se o modelo ajustado *Schumacher Hall* para calcular a produção futura e, por conseguinte dividindo-a pela sua respectiva idade em anos. A equação com os parâmetros estimados ficou da seguinte forma:

$$\ln(\hat{V}) = \frac{(-55,5068772088 * 4,6388578469 + 8,56667870787 * (\ln(I) * \ln(S))^{1,70860388994})}{(4,6388578469 + (\ln(I) * \ln(S))^{1,70860388994})}$$

$$r^2 = 96,01 (\%)$$

em que:

\hat{V} = volume estimado na idade I desejada, em m³/ha;

ln = Logaritmo neperiano;

I = idade, em meses;

S = Índice de Sítio.

O índice de sítio é definido como sendo a “altura média das árvores dominantes de um povoamento em uma idade-índice”. A classificação por índices de sítio constitui um método prático e consistente de avaliação da qualidade do local, pois todos os fatores de crescimento são refletidos de modo interativo no crescimento em altura, o qual está correlacionado com o crescimento em volume. Outra vantagem é a classificação ser feita por uma expressão numérica que pode ser utilizada como variável independente nos modelos de crescimento e produção e altura em nível de povoamento total.

No desenvolvimento das equações de índice de sítio pelo método da curva guia, o modelo que melhor se adaptou aos dados foi o *Schumacher* (Modelo 2), a saber:

$$\text{Modelo 2 : } \text{Ln (Hd)} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{1}{I} \right) + \varepsilon$$

Em que:

Hd = média das alturas dominantes por parcela, em metros;

I = idade, em meses;

Ln = logaritmo neperiano;

β_0 e β_1 = parâmetros a serem estimados; e

ε = erro aleatório.

3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizados foi o de blocos ao acaso com tratamentos fatoriais 5 x 2, com cinco repetições, respectivamente para tipo de clone (C1; C2; C3; C4; C5) e tipo de solo (argiloso e arenoso). Totalizando 50 parcelas experimentais de 24 m x 24 m.

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro Wilk a 5% de probabilidade, para verificação da normalidade dos resíduos, e de homocedasticidade das variâncias. As variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o programa estatístico Statistica 9.0 (STATSOFT, 2011), e quando significativos, foram comparadas a médias pelo teste de SNK ao nível de 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os tratamentos apresentam diferenças estatisticamente significantes pela análise de variância do IMA7 para os efeitos isolados de solo e de clone (Tabela 1)

Tabela 1: Análise de Variância do IMA 7.

FATOR DE VARIAÇÃO	GL	QM	F
Intercept	1	116997,4	4191,996
SOLO	1	5000,6*	179,171
CLONE	4	184*	6,591
SOLO*CLONE	4	23,1	0,826
RESÍDUO	40	27,9	

Onde: GL = grau de liberdade, QM = quadrado médio, F = valor do teste F e * significativo (5% de probabilidade) pelo teste F.

Os valores de IMA7 para os solos argiloso foram superiores aos dos vislumbrados nos solos arenosos (Tabela 2 e Figura 4). Essa situação pode ser referenciada pela a capacidade que os solos argilosos têm em reter nutrientes e água. Para Novais et al. (2007), uma das razões que favorecem o desenvolvimento de plantios nesses tipos solos é que devido a sua capacidade de retenção de água as plantas são menos afetadas durante o período de estiagem, funcionando como armazenador de água e permitindo assim à translocação dos nutrientes necessários aos processos metabólicos. Segundo Gonçalves et al. (2004), por essas características os solos argilosos estão entre os mais manejados no Brasil em plantios de reflorestamento.

Já, nos solos arenosos a retenção de nutrientes e água é desfavorável em razão das suas características físicas e morfológicas (LEPSCH, 1994; RAIJ, 1991). Estes solos secam mais rapidamente porque são porosos e permeáveis. Os espaços (poros) entre os grãos são maiores o que possibilita a passagem da água com mais facilidade entre eles e alcançando profundidades maiores. E nesta movimentação da água

para as camadas mais profundas, ela carrega junto os nutrientes essenciais às plantas. Por isto, são solos que apresentam pobreza de nutrientes. Ainda, os solos arenosos denotam limitações em relação à fertilidade natural, pois possuem pH ácido, pobreza em nutrientes, baixos teores de matéria orgânica, baixa capacidade de troca de cátions, deficiências de cálcio, e toxidez por alumínio nas camadas mais profundas. Assim, as plantas encontram dificuldade para desenvolverem um ótimo sistema radicular em extensão e em profundidade, causando sérios problemas na produção das culturas, além da toxidez do alumínio.

Pelo teste SNK pode-se observar que o C5 foi superior aos demais clones para os dois tipos de solo (Tabela 2 e Figura 4), entretanto, este clone apresentou valores superiores no solo argiloso, evidenciando uma boa adaptabilidade desse material sob essas condições edáficas. Já, o C4 apresentou menores valores nos dois tipos de solo quando comparado com os demais materiais genéticos.

Tabela 2: Aplicação do Teste SNK aos valores de IMA 7 médios.

Clone	Solo	
	Argiloso	Arenoso
C1	58,95 Aab	43,84 Ba
C2	59,18 Aab	36,40 Bab
C3	56,90 Aab	34,69 Bb
C4	53,23 Ab	32,93 Bb
C5	63,60 Aa	44,00 Ba

Médias seguidas de letras iguais nas linhas e nas colunas não diferem entre si pelo teste SNK ($\alpha = 0,05$).

Onde: C1 = Clone 1; C2 = Clone 2; C3 = Clone 3; C4 = Clone 4 e C5 = Clone 5.

Na figura 4 fica evidenciado que para os solos com um teor mais elevado de argila, os plantios respondem proporcionalmente ao IMA7, razões movidas pelas interações entre as características edafoclimáticas com os tratos culturais manejados durante os 7 anos.

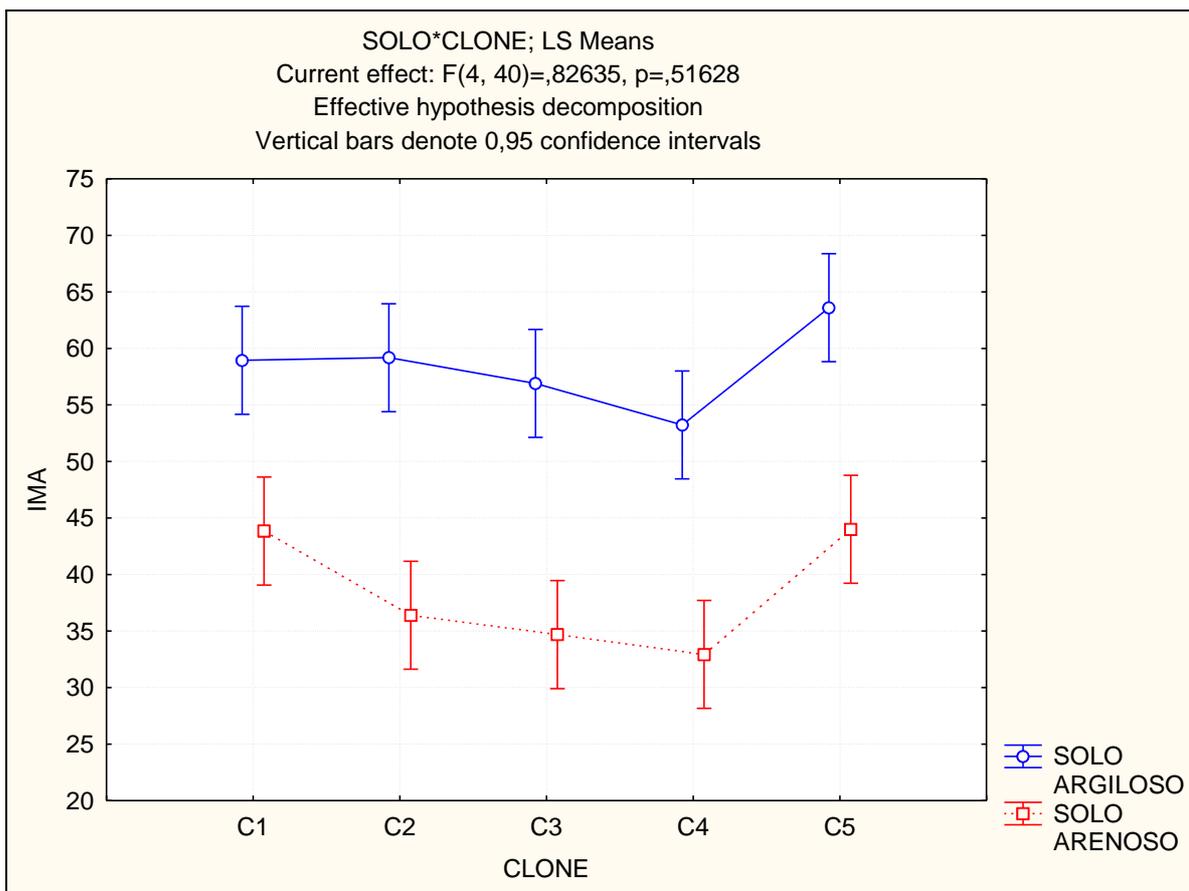


Figura 4: IMA7 nos diferentes tipos de solo e clones.

Como se pode verificar na Tabela 2 e Figura 4, nas condições do estudo, os solos argilosos são os solos mais aptos para reflorestamento. Todavia, com o avanço dos plantios de soja e milho, esses tipos de solos tem cada vez menos disponibilidade para o reflorestamento, cabendo-se assim, a necessidade crescente de pesquisas dessa natureza para encontrar genótipos mais adaptados às diversas condições ambientais.

A diferença significativa para o clone C4 aos demais está evidenciada na figura 4, mostrando que não apenas o solo pode influenciar no volume de madeira IMA 7, mas é de fundamental significância o material genético em questão.

O clone C5 se apresenta diferenciado dos demais por ser um material genético mais adaptado as condições da região em estudo, com um IMA 7 bem expressivo.

Para os solos argilosos todos os clones apresentaram suas peculiaridades diferenciadas, portanto devemos aproveitar essas

vantagens para introduzir os melhores materiais genéticos alcançando produtividades maiores nesses ambientes.

Numa avaliação de capacidade de produção a ser mantida ao longo do tempo, é necessário um monitoramento contínuo e para isso alguns fatores de indicadores são utilizados. Os indicadores são classificados no tempo, em dinâmicos - aqueles que estiverem causando maior limitação no crescimento da floresta em determinado momento; e no espaço, em locais - aqueles específicos para determinado local. Também há uma classificação baseada em características químicas e físicas do solo, como teor de nutrientes e densidade do solo, bem como aqueles relacionados mais especificamente com a matéria orgânica do solo e com a fauna e flora (os bioindicadores) (STAPE et al., 2005).

5 CONCLUSÃO

Existem diferenças estatísticas entre os tipos de solos e clones testados, onde os solos argilosos apresentaram um melhor incremento médio anual em volume aos 7 anos para todos os clones avaliados. O clone 5 e o clone 4 apresentaram, respectivamente o melhor e o pior incremento médio anual em volume aos 7 anos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - Anuário estatístico da ABRAF 2013 - ano base 2012. Brasília, 2013, 142p. Acesso em 30.06.2014. disponível em <http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>

ASSIS, R. L., FERREIRA, M. M., MORAIS, E. J., FERNANDES, L. A. produção de biomassa de *E. urophylla* S. T. Blake sob diferentes espaçamentos na região do cerrado de Minas Gerais. Revista *Árvore*, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 151-156, 1999.

BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. (Ed.). *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, 2000. 427p. p. 269-286.

BLAINSKI, E.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; GUIMARÃES, R. M. L. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo a penetração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p.975-983, 2008.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. *Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas*. Piracicaba, São Paulo, 1997. 132p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p. 2006.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J.L; LACLAU, J.P.; SMETHURST, P.; GAVA, J.L. Silvicultural effects on the productivity and Wood quality of eucalypt plantations. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.193, p.45-61, 2004.

HIJMANS, J.R.; CAMERON, S.E.; PARRA, J.L.; JONES, P.G.; ANDY JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*. v.25, p.1965–1978, 2005.

LEPSCH, I. F.. Solos- Formação e Conservação. 5ª. ed. São Paulo: Melhoramentos. v. 1. 157 p. 1994.

MORA, A.L.; GARCIA, C.H. A cultura do Eucalipto no Brasil. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 112p.,2000.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1017 p. Viçosa, MG. 2007.

SIPAM. Sistema de Proteção da Amazônia. Zoneamento climático do Estado do Pará. Centro Técnico e Operacional de Belém- Pará: SIPAM, 30f. 2009.

STATSOFT, INC. STATISTICA (data analysis software system), Version 9.0.South America: Statsoft, 2011.

STAPE, Menezes, Agna Almeida, 1971- Produtividade do eucalipto e sua relação com a qualidade e a classe de solo / Agna Almeida Menezes. – Viçosa: UFV, 2005 98f. : il. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, 2005.