



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

JONAS ELIAS CASTRO DA ROCHA

**FERTILIDADE DO SOLO E AJUSTE DE EQUAÇÕES DE VOLUME EM
PLANTIOS DE CLONES DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* NO
NORDESTE PARAENSE**

**BELEM
2011**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

CÓPIA

JONAS ELIAS CASTRO DA ROCHA

FERTILIDADE DO SOLO E AJUSTE DE EQUAÇÕES DE VOLUME EM
PLANTIOS DE CLONES DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* NO
NORDESTE PARAENSE

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia como parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em **Ciências Florestais**, para obtenção
do título de **Mestre em Ciências Florestais**.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Silva do Vale
Co-orientador: Prof. Dr. Marcos André Piedade Gama

BELÉM
2011

Rocha, Jonas Elias Castro da

Fertilidade do solo e ajuste de equações de volume em plantios de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no nordeste paraense./ Jonas Elias Castro da Rocha. - Belém, 2011.

72 f.:il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2011.

1. Solo – Fertilidade 2. Solo – Atributos químicos. 3. *Eucalyptus urophylla*. 4. *Eucalyptus grandis*. I. Título

CDD – 631.422

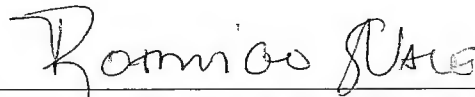
JONAS ELIAS CASTRO DA ROCHA

FERTILIDADE DO SOLO E AJUSTE DE EQUAÇÕES DE VOLUME EM
PLANTIOS DE CLONES DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* NO
NORDESTE PARAENSE

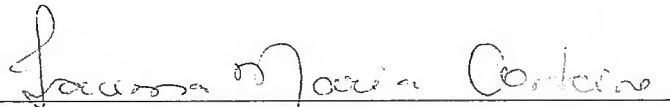
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da
Amazônia como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em **Ciências Florestais**, para obtenção do título de
Mestre.

Aprovada em: 30 de novembro de 2011

BANCA EXAMINADORA



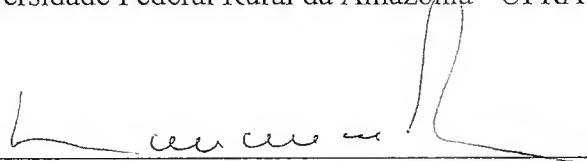
Orientador: Prof.Dr. Rodrigo Silva do Vale
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



Dra. Iracema Maria Castro Coimbra Cordeiro
Tramontina Florestal



Profª. Dra. Selma Toyoko Ohashi
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

À Deus, bem como a todos aqueles que de certa
forma colaboraram para a concretização desse sonho.

DEDICO

EPÍGRAFE

“O rio atinge os seus objetivos porque aprendeu a contornar os obstáculos”

Lao Tsé

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural da Amazônia, pela oportunidade na realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos a mim concedida.

Aos Professores Marcos André, George Rodrigues, Norberto Noronha, Rodrigo do Vale, Eduardo Saraiva, Gracialda Ferreira e a Dra Iracema Cordeiro pelas orientações, estímulo, paciência e acima de tudo pela confiança.

À Vale Florestar S/A pela possibilidade de execução desse trabalho, assim como aos colegas de trabalho: Claudio Quaresma, Humberto Vieira, Luciano Zanetti, Manoel Brun, Márcio Tocantins e Pablo Diego, pelo apoio e disposição em ajudar.

Aos coordenadores e professores dos cursos de pós-graduação da UFRA, pelo esforço em propósito de torná-la cada vez melhor.

Ao grupo de trabalho na UFRA: Alan Nahon, Deyvison Medrado, Helen Monique, Nere Leila, Otiniel Nunes e Suany Couto, pelo carinho, pela amizade, pelo auxílio nos trabalhos de campo e pela disponibilidade em ajudar sempre.

Aos meus queridos familiares: Benedito Castro, Benedita Castro, Maria Luiza, Nayana Castro, Nádia Costa, Joel Castro, Sandro Benício, Denilson Castro, Pietro Costa, Raquel Celine, Débora Castro, Vinícius Magno, que sempre estiveram do meu lado.

Aos amigos: Adriano Pimentel, Celso Oliveira, Eloy Kameyama, Helber Shibata, Huan Borges, Jefferson Vicente, Luciana Brabo, Milton Cordeiro, Osvaldo Câncio, Silvio Tadeu e Wanderson Luis. Em especial ao Gilson Matos pelo grande apoio durante todo o desenvolver do trabalho.

À Cristina Kameyama, pelo carinho e companheirismo a mim dedicado.

AGRADEÇO!

SUMÁRIO

	RESUMO.....	13
	ABSTRACT.....	14
1	CONTEXTUALIZAÇÃO	15
	REFERÊNCIAS.....	18
2	FERTILIDADE DO SOLO E PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA DE CLONES DE <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	20
	RESUMO.....	20
	ABSTRACT.....	21
2.1	INTRODUÇÃO.....	22
2.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.2.1	Caracterização da área experimental.....	24
2.2.2	Histórico da Área.....	26
2.2.3	Plantio comercial.....	27
2.2.4	Delineamento experimental e tratamentos	28
2.2.5	Coleta de dados.....	28
2.2.5.1	Variáveis dendrométricas	28
2.2.5.1.1	Modelos Matemáticos Testados.....	29
2.2.5.1.2	Crítérios de Seleção dos Modelos de Regressão.....	30
2.2.5.2	Variáveis edáficas.....	31
2.2.6	Análise Estatística	31
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
2.3.2	Ajuste da equação de volume.....	32
2.3.2	Análise multivariada.....	33
2.4	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	42
3	FERTILIDADE DO SOLO SOB COBERTURA VEGETAL COM CLONES DE <i>Eucalyptus</i> sp. E FLORESTA NATIVA.....	46
	RESUMO.....	46

	ABSTRACT.....	47
3.1	INTRODUÇÃO.....	48
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3.2.1	Caracterização da área experimental.....	49
3.2.1.1	Floresta Nativa.....	51
3.2.1.2	Reflorestamento com clones de <i>Eucalyptus</i>	53
3.2.2	Delineamento experimental e tratamentos.....	53
3.2.3	Coleta de dados.....	54
3.2.4	Análise Estatística dos dados.....	55
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
3.4	CONCLUSÃO	69
	REFERÊNCIAS	69

LISTA DE TABELAS		Pg
Tabela 1	Precipitação pluviométrica mensal (mm) da região de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.....	26
Tabela 2	Quantidade de nutrientes fornecida pelo Programa de Adubação da Vale Florestar S/A, Junho-2011.....	28
Tabela 3	Modelos matemáticos encontrados na literatura para determinação de equações de volume.....	30
Tabela 4	Medidas de precisão do ajustamento de 12 modelos de regressão para estimativa do volume de árvores em pé de dois clones de <i>Eucalyptus</i> , no Nordeste do Estado do Pará.....	32
Tabela 5	Matriz de correlação de Pearson das variáveis obtidas dos atributos do solo, de um Latossolo Amarelo no Nordeste do Estado do Pará.....	35
Tabela 6	Medidas estatísticas descritivas dos atributos químicos dos solos e dendrométrico do Clone 1 e Clone 2.....	36
Tabela 7	Auto valores e variâncias das componentes principais obtidas dos atributos químicos do solo e dendrométrico sob o Clone 1.....	37
Tabela 8	Auto valores e variâncias das componentes principais obtidas dos atributos químicos do solo e dendrométrico sob o Clone 2.....	38
Tabela 9	<i>Loadings</i> dos atributos químicos do solo e dendrométrico sob o Clone 1 e Clone 2 com as componentes principais (CPs), no Nordeste do Estado do Pará.....	39
Tabela 10	Período de coleta das variáveis edáficas e idade do povoamento, município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.....	54
Tabela 11	Quadrado médio da ANAVA de atributos químicos, na profundidade de 0 a 0,20 m, de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo em distintos períodos de avaliação, no Nordeste do Estado do Pará..	55
Tabela 12	Quadrado médio da ANAVA de atributos químicos, na profundidade de 0,20 a 0,40 m, de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo em distintos períodos de avaliação, no Nordeste do Estado do Pará.....	56
Tabela 13	Quadrado médio da ANAVA de atributos químicos, na profundidade de 0,40 a 0,60 m, de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo em distintos períodos de avaliação, no Nordeste do Estado do Pará.....	56

Tabela 14	Teores médios dos atributos químicos, na profundidade de 0 a 0,20 m, de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo em distintos períodos de avaliação, no Nordeste do Estado do Pará	57
Tabela 15	Teores médios dos atributos químicos, na profundidade de 0,20 a 0,40 m, de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo em distintos períodos de avaliação, no Nordeste do Estado do Pará.....	60
Tabela 16	Teores médios dos atributos químicos, na profundidade de 0,40 a 0,60 m, de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo em distintos períodos de avaliação, no Nordeste do Estado do Pará.....	61

LISTA DE FIGURAS		Pg
Figura 1	Localização do Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará...	24
Figura 2	Parcelas amostrais (quadrados branco), Fazenda Surpresa, Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.....	25
Figura 3	Uso da terra antes da implantação do reflorestamento com <i>Eucalyptus</i> , em um Latossolo Amarelo, Nordeste do Estado do Pará.....	27
Figura 4	Cubagem rigorosa de árvores para ajuste de equação de volume e árvores em pé de dois clones de <i>Eucalyptus</i> , no Nordeste do Estado do Pará.....	29
Figura 5	Distribuição gráfica dos resíduos do modelo de regressão de Schumacher-Hall 2 ajustado para a estimativa do volume de árvores em pé de dois clones de <i>Eucalyptus</i> , no Nordeste do Estado do Pará.....	33
Figura 6	<i>Escores</i> dos atributos químicos do solo e dendrométricos dos dois primeiros componentes CPs, no sistema de uso com o clone 1.....	40
Figura 7	<i>Escores</i> dos atributos químicos do solo e dendrométricos dos dois primeiros componentes CPs, no sistema de uso com o clone 2.....	41
Figura 8	Parcelas amostrais (quadrados branco), Fazenda Surpresa, Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.....	50
Figura 9	Vista lateral da floresta nativa da Fazenda Surpresa, Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.....	52
Figura 10	Sistema de uso anterior ao plantio de reflorestamento com clones de <i>Eucalyptus</i> , da Fazenda Surpresa, Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.....	52
Figura 11	Média do pH H ₂ O por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará....	58
Figura 12	Média do pH KCl por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará....	59
Figura 13	Média da MO por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.....	63
Figura 14	Média do P por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.....	64
Figura 15	Média do K ⁺ por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.....	65

Figura 16	Média da CTC por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.....	66
Figura 17	Média do Mg^{+2} por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.....	66
Figura 18	Média da V% por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.....	67
Figura 19	Média da SB por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.....	67
Figura 20	Média do Ca^{+2} por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.....	68

ROCHA, Jonas Elias Castro da. Universidade Federal Rural da Amazônia, novembro de 2011. **Fertilidade do solo e ajuste de equações de volume em plantios de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* no nordeste paraense.**

RESUMO

O processo de degradação florestal resulta num conjunto de problemas ambientais, como a extinção de várias espécies da fauna e da flora, as mudanças climáticas, a erosão dos solos e o assoreamento de cursos d'água. Com isso, plantios de reflorestamento contribuem para a diminuição do desmatamento de florestas nativas. Foi objetivo deste trabalho, avaliar a fertilidade do solo e suas interações com o desenvolvimento volumétrico de plantios de *Eucalyptus* sp. e estabelecer comparações entre os atributos químicos do solo de plantios de *Eucalyptus* sp. com um ecossistema de floresta nativa, na Região Nordeste do Estado do Pará. Para tanto, esse objetivo será tratado em dois capítulos seguintes (Cap 2 e Cap 3), a saber: Cap 2 - Influência da fertilidade do solo no crescimento volumétrico de clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*; e Cap 3 - Avaliação da fertilidade do solo sob cobertura vegetal com clones de *Eucalyptus* sp. e floresta nativa. O trabalho foi desenvolvido em áreas operacionais da empresa Vale Florestar SA, localizadas no município de Dom Eliseu pertencente à mesorregião do Nordeste do Estado do Pará. No Cap 2, o experimento foi implantado em delineamento inteiramente ao acaso em dois clones de eucalipto (Clone 1 – C1 e Clone 2 – C2), com dez repetições por área experimental. Coletaram-se dados dos atributos edáficos e dendrométricos, os quais foram submetidos à análise multivariada de componente principal, no qual se observou que no C1, os atributos químicos do solo que responderam maior variabilidade foram pH H₂O, pH KCl, Ca, V%, m%, H+Al, SB e Al; e no C2 foram os seguintes: K, Ca, H+Al, SB, T e m%; ainda, a correlação linear de Pearson e a análise de componente principal não mostraram interações entre os atributos químicos do solo e os atributos dendrométricos. No Cap 3, o experimento foi implantado em delineamento inteiramente ao acaso em três sistemas de uso do solo (com clones de eucalipto: Clone 1 – C1; Clone 2 – C2 e floresta nativa - FN) nos anos de 2007, 2009, 2010 e 2011, com dez repetições por área experimental, caracterizando os tratamentos fatoriais no esquema 3x4, no qual, o período de avaliação e o sistema de uso do solo influenciaram significativamente os atributos químicos estudados, assim, a fertilidade do solo foi melhor no ecossistema com floresta nativa, porém, o clone 1 expressou valores similares.

Palavras-chave: Atributos Químicos do Solo, Análise de Componente Principal e Dendrometria.

ROCHA, Jonas Elias Castro da. Federal Rural University of Amazon, november of 2011. **Soil fertility and adjust volume equations in plantations of clones of *Eucalyptus grandis* x *urophylla* in northeastern Pará.**

ABSTRACT

The process of forest degradation results in a set of environmental problems such as the extinction of many species of fauna and flora, climate change, soil erosion and siltation of waterways. Thus, reforestation plantings contribute to reducing deforestation of native forests. Objective of this study was to evaluate the fertility of the soil and their interactions with the development volumetric *Eucalyptus* sp. and comparisons among soil chemical properties of *Eucalyptus* sp. with an ecosystem of native forest in the northeastern state of Para. To achieve this goal will be addressed in two chapters (Cap 2 and Cap 3), namely: Cap 2 - Influence of soil fertility in volumetric growth of clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, and Cap 3 - Assessment of fertility soil under vegetation with clones of *Eucalyptus* sp. and native forest. The study was conducted in operational areas of the company Vale Florestar SA, located in the municipality of Dom Eliseu belonging to the middle region of the northeastern state of Pará. In Cap 2, the experiment was implemented in a completely randomized in two eucalyptus clones (Clone 1 - C1 and Clone 2 - C2), with ten replicates per experimental area. Data collected dendrometric and edaphic attributes, which were submitted to multivariate principal component analysis, in which it was observed that the C1, the soil chemical attributes respondents were more variable pH H₂O, pH KCl, Ca, V% m %, H + Al, SB and Al, and C2 were as follows: K, Ca, H + Al, SB, T%, also the Pearson linear correlation and principal component analysis showed no interactions between the chemical attributes and soil attributes dendrometric. In Cap 3, the experiment was implemented in a completely randomized in three systems of land use (with eucalyptus clones: Clone 1 - C1; Clone 2 - C2 and native forest - FN) for the years 2007, 2009, 2010 and 2011, with ten replicates per experimental area, featuring treatments in factorial scheme 3x4, in which the evaluation period and the system of land use influenced the chemical characteristics studied thus soil fertility was better in the native forest ecosystem with However, the C2 expressed a similar values.

Key words: Chemical Soil Attributes, Principal Component Analysis and Dendrometry.

1 - CONTEXTUALIZAÇÃO

A Revolução Industrial representou um marco no desenvolvimento financeiro do mundo, em contrapartida deu início ao uso de produtos e atividades devastadoras e poluidoras do meio ambiente, que hoje têm grande contribuição no cenário de desordem climática, principalmente no que tange o crescimento das emissões de gases do efeito estufa para atmosfera, que alteram os equilíbrios térmicos e climáticos do planeta (JUVENAL; MATTOS, 2002).

A partir da década de 80, o efeito estufa e o aquecimento global entraram na lista dos problemas ambientais que alertam a população mundial como risco a integridade do planeta. Esses temas apresentam uma consistente base científica indicando as ações antrópicas, com seus modelos de produção, o principal agravante desse cenário (DOMINGOS, 2007).

Nesse contexto, o Brasil apresenta a maior taxa de desmatamento do planeta e está entre os vinte países que mais emitem gases do efeito estufa no mundo. Na Amazônia, a região mais comprometida é a chamada “arco do desflorestamento” (VIEIRA et al., 2006). Segundo Hayashi et al (2011) em maio de 2011, o Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD) verificou a incidência de 165 quilômetros quadrados de desmatamento na Amazônia Legal, representando um acréscimo de 72% em relação a maio de 2010, perfazendo um total de 1.435 quilômetros quadrados acumulados entre esses dois períodos, nesse contexto, o Pará representou 39% dos casos, seguido por Mato Grosso e Rondônia com 25% e 21%, respectivamente.

O desmatamento na Amazônia pode ser atribuído à expansão econômica, principalmente pela extração de madeira e abertura de áreas para pecuária extensiva, razão pela qual é reduzida a capacidade de suporte do ambiente, quebrando assim, a fitoestabilidade do mesmo e, dessa forma, diminuindo um dos principais papéis da floresta com serviços ecossistêmicos, que é a capacidade de utilizar o dióxido de carbono em seus processos fotossintéticos (LINDELL; ÅSTRÖM; ÖBERG, 2010; GALEÃO et al., 2006; ALENCAR, 2004; MARGULIS, 2003).

Uma estratégia para reduzir a pressão sobre as florestas nativas é o fomento a atividade de reflorestamento em áreas degradadas. Dessa forma, tratando sistemicamente os aspectos ambientais, econômicos, sociais, culturais e etc, o que tende a suprir a demanda de matéria prima anteriormente extraída de ambientes nativos (GUIMARÃES et al, 2010). A sustentabilidade dessa atividade é resguardada pela legislação vigente, uma vez que, a mesma

define uma gama de normas e regras conservacionistas e preservacionistas que devem nortear o empreendimento (ALENCAR, 2004).

No Brasil, a espécie mais utilizada em reflorestamento é o eucalipto, árvore natural da Austrália, Indonésia e ilhas próximas, tais como Flores, Alor e Wetar. O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, com cerca de 600 espécies e sub-espécies, e, apresenta uma ampla plasticidade e dispersão mundial, crescendo satisfatoriamente em diferentes situações edafoclimáticas, extrapolando aquelas das regiões de origem (BRASIL, 2009). O curto prazo de produção das florestas de eucalipto, em relação aos países de clima temperado e subtropical, ajudou a colocar a indústria florestal brasileira no grupo das oportunidades de investimento de maior competitividade (RODRIGUEZ et al., 1997).

Na Amazônia brasileira o reflorestamento é realizado desde o início da década de 1980 em alguns raros empreendimentos dentro do Estado do Pará. Todavia, as peculiaridades inerentes a cada sítio requerem pesquisas direcionadas para as especificidades locais, Sendo o incremento na produtividade de madeira de eucalipto pode ocorrer em função de diversos fatores, entre eles, observa-se a fertilidade dos solos (GESSEL 1982; BALLONI, 1985), que é um aspecto relevante para o planejamento de práticas de manejo adequadas e principalmente na definição de níveis e épocas de adubação. Além disso, possibilita melhor utilização dos fertilizantes.

A eficiência do manejo da fertilidade do solo para elevar a produção varia com uma série de fatores, como sítio, espécie, tipo de preparo da área e do solo, competição com plantas daninhas, uso anterior do solo, aspectos relacionados à própria técnica de adubação, etc. (BARROS; COMERFORD, 2002).

Vale destacar que em plantações comerciais no Brasil, a interpretação da fertilidade do solo para fins de manejo é 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.

No contexto Amazônico, especificamente no Nordeste Paraense, considera-se como problema a falta de informações a respeito da fertilidade do solo e o crescimento volumétrico de diferentes clones de eucalipto e se há diferença na fertilidade do solo de florestas plantadas com dois clones de *Eucalyptus* sp. e floresta nativa, na região nordeste do Estado do Pará.

Dentro desse panorama e considerando a carência de estudos na Região Amazônica sobre as relações entre os atributos químicos do solo e o crescimento volumétrico de plantios de eucalipto, o trabalho teve a seguinte hipótese: Os atributos químicos do solo de sistema com reflorestamento influenciam no crescimento volumétrico do mesmo, assim como, sejam

similares a fertilidade do solo em floresta nativa, sendo assim possível vislumbrar a sustentabilidade desses empreendimentos.

Para constatar ou refutar a hipótese formulada este trabalho teve como objetivo geral avaliar a fertilidade do solo e suas interações com o desenvolvimento volumétrico de plantios de *Eucalyptus* sp. e estabelecer comparações entre os atributos químicos do solo de plantios de *Eucalyptus* sp. com um ecossistema de floresta nativa, na Região Nordeste do Estado do Pará, e, como objetivos específicos:

- Ajustar uma equação de volume para dois clones de *Eucalyptus* sp., com razão de estimar o volume de árvore em pé;
- Avaliar a fertilidade do solo em função do crescimento de dois clones de *Eucalyptus* sp., com a finalidade de identificar atributos químicos que possam ser limitantes ao desenvolvimento das plantas;
- Avaliar a fertilidade do solo sob cobertura vegetal com clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e floresta nativa, com a finalidade de comparar os atributos químicos como meio de indicadores de sustentabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, A.; NEPSTAD, N.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. D. C. V e FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica**. Manaus, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), 2004, p. 89.

BALLONI, E.A. Produtividade florestal. **Celulose e papel**, São Paulo, 1(3): 57-60, nov./dez. 1985.

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.

BARROS, N.F. & COMERFORD, N.B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V. & COSTA, L.M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p.487-592.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional-MI. **Relatório final do grupo de trabalho interministerial para redelimitação do Semi-árido Nordeste e do polígono das secas**. Brasília, DF, 2009.

DOMINGOS, N. P. **O Protocolo de Kyoto: a União Européia na Liderança do Regime de Mudanças Climáticas**. 2007. 136p. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo. 2007.

GALEÃO, R. R.; CARVALHO, J. O. P de; YARED, J. A. G.; MARQUES, L. C. T.; COSTA FILHO, P. P. Diagnóstico de projetos de reposição florestal no Estado do Pará. **Revista de ciências agrárias**, Belém, n. 45, p. 101-120, 2006.

GESSEL, S.P. – Site evaluation in Forest production and management. In: REUNION DE TRABAJO: EVALUACION DE LA PRODUCTIVIDAD DE SITIOS FORESTALES, Valdivia, 1982. **Actas**. Valdivia, Facultad de Ciencias Forestales, 1982. p. 326-57.

GUIMARÃES, R. Z.; OLIVEIRA, F. A.; GONÇALVES, M. L. Avaliação dos impactos da atividade de silvicultura sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 377-390, 2010.

HAYASHI, S.; SOUZA JÚNIOR, C.; SALES, M.; VERÍSSIMO, A.; **Amazônia Legal. Transparência Florestal**. 2011.

JUVENAL, T. L. & MATTOS, R. L. G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, 2002.

LINDELL, L., ASTROM, M., OBERG, T. Land-use versus natural controls on soil fertility in the Subandean Amazon, Peru. **Science of the total environment.** 408:965-975, 2010.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira.** Brasília, Banco Mundial, 2003.

RODRIGUEZ, L. C. E.; BUENO, A. R. S.; RODRÍGUEZ, F. Rotações de eucaliptos mais longas: análise volumétrica e econômica. **Scientia forestalis,** Piracicaba, n. 51, p. 56 – 65, jun. 1997.

VIEIRA, I.C.G.V. **Programa de C&T para recuperação de áreas alteradas no arco do desmatamento da Amazônia.** Sociedade Brasileira para o progresso da ciência. 108p. 2006.

2 - FERTILIDADE DO SOLO E PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA DE CLONES DE *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

RESUMO

A Região Amazônica tem sofrido fortes pressões ambientais devidas ao desmatamento para a formação de pastagens e exploração madeireira desordenadas. No entanto, plantios de áreas com espécies do gênero *Eucalyptus* pode reduzir as pressões sobre a floresta nativa. No âmbito do manejo dessas espécies florestais, o entendimento da fertilidade do solo pode favorecer informações relevantes ao manejo aplicado, com foco de incrementar desenvolvimento volumétrico de clones eucalipto. Assim, o objetivo da pesquisa foi ajustar um modelo de regressão para estimar o volume de árvores em pé de dois clones de *Eucalyptus* sp e compará-los com a fertilidade do solo, com intuito de identificar os atributos químicos que possam ser limitantes ao desenvolvimento das plantas. O experimento foi implantado em delineamento inteiramente ao acaso em dois clones de eucalipto (Clone 1 – C1 e Clone 2 – C2), com dez repetições por área experimental. Foram coletados dados dos atributos edáficos e dendrométricos, os quais foram submetidos à análise multivariada de componente principal. Instalou-se 20 parcelas experimentais, com 900 m² cada. As coletas de dados foram realizadas no ano de 2010. Entre os modelos testados o que apresentou a melhor qualidade de ajuste foi o modelo de Schumacher-Hall 2 ($LnVr = -9,66709104 + 1,59114016 \times Ln DAP + 1,15131955 Ln HT$). No clone 1, os atributos químicos do solo que responderam maior variabilidade foram pH H₂O, pH KCl, Ca, V%, m%, H+Al, SB e Al. Enquanto que, no clone 2 foram os seguintes: K, Ca, H+Al, SB, T e m%. A correlação linear de Pearson e a análise de componente principal não mostraram interações entre os atributos químicos do solo e os atributos dendrométricos.

Palavras-chave: Atributos Químicos do Solo; Reflorestamento e Dendrometria.

SOIL FERTILITY AND VOLUME PRODUCTION OF CLONES PLANTATIONS OF *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*.

ABSTRACT

The Amazon region has experienced strong environmental pressures due to deforestation for cattle pasture and logging disordered. However, planting areas with species of *Eucalyptus* can reduce pressure on native forests. Under the management of these forest species, the understanding of soil fertility can facilitate information relevant to the management applied, focusing development to increase volume of eucalyptus clones. The objective of the research was to adjust a regression model to estimate the volume of standing trees of two clones of *Eucalyptus* sp and compare them with soil fertility, aiming to identify the chemical attributes that may be limiting the development of plants. The experiment was implemented in a completely randomized in two eucalyptus clones (Clone 1 - C1 and Clone 2 - C2), with ten replicates per experimental area. Data collected dendrometric and edaphic attributes, which were submitted to multivariate principal component analysis. He settled 20 experimental plots of 900 m² each. The data collections were carried out in 2010. Among the tested models presented the best goodness of fit was the model of Schumacher-Hall 2 ($LnVr = -9,66709104 + 1,59114016 \times Ln DAP + 1,15131955 Ln HT$). In clone 1, the chemical soil respondents were more variable pH H₂O, pH KCl, Ca, V% m% H+Al, SB and Al. While in the clone 2 were as follows: K, Ca, H+Al, SB, T%. The Pearson linear correlation and principal component analysis showed no interactions between soil chemical properties and attributes dendrometric.

Key words: Chemical Soil Properties, Reforestation and Dendrometry.

2.1 INTRODUÇÃO

A Região Amazônica comporta cerca de 4.196.943 km² de área florestal, abrangendo, aproximadamente 50% do território brasileiro (IBGE, 2008). Todo processo de ocupação da Amazônia foi considerado um obstáculo ao desenvolvimento, principalmente pelas fortes pressões e transformações, devido o desmatamento para a produção pecuária, extração de madeira e minério.

Essas transformações, em sua grande parte, não tiveram compromisso com o desenvolvimento sustentável. Na pecuária e agricultura a manutenção da sustentabilidade produtiva dos solos de áreas já cultivadas foi negligenciada em certos casos, com o abandono das mesmas e abertura de novas áreas de floresta para a continuidade dessas atividades. Desse modo, ocorreu um processo de degradação florestal, resultando em problemas ambientais e sociais (LINDELL; ÅSTRÖM; ÖBERG, 2010).

Existem algumas formas de controle do desmatamento nas fronteiras agrícolas da Amazônia, entre elas podemos ressaltar uma referente ao ordenamento da paisagem em diversas escalas, começando por uma área mais restrita alcançando níveis maiores até a escala regional. Os quatro principais são: o Zoneamento Econômico-Ecológico (ZEE), que representa uma política de ordenamento territorial; o Código Florestal, que possui estabelece bases jurídicas que regulamentam o uso dos recursos naturais; a Lei de Recursos Hídricos, que cria mecanismos para o ordenamento a partir das bacias hidrográficas (ALENCAR et al., 2004); e o Plano Nacional Sobre Mudança no Clima (PNMC), que tem como iniciativa o fomento de dobrar a área de florestas plantadas no Brasil, objetivando alcançar 11 milhões de ha até 2020 de plantios prioritariamente em áreas degradadas. dentre os quais, consistindo de pelo menos 2 milhões de ha com espécies nativas (BRASIL, 2008).

Dentre essas alternativas de ordenamento territorial, o reflorestamento merece relevância, à medida que nos últimos anos tem sido observada uma crescente demanda por plantios florestais do gênero *Eucalyptus*. São árvores que ocorrem naturalmente na Austrália, Indonésia e ilhas próximas, tais como Flores, Alor e Wetar. Pertencem à família Myrtaceae, com cerca de 600 espécies e sub-espécies (BRASIL, 2009).

A adaptabilidade do eucalipto as condições edafoclimáticas do Brasil aliada ao desenvolvimento de pesquisas florestais viabilizaram os avanços em produtividade (ABRAF, 2011; CIB, 2008). Embora grandes avanços já tenham sido obtidos, principalmente nas áreas

de melhoramento genético, técnicas de multiplicação clonal, mecanização e controle de qualidade das operações florestais, ainda há muito para se conhecer sobre o comportamento e os fatores que influenciam na espécie. Nesse sentido, para que o eucalipto continue sendo uma fonte viável de madeira de qualidade é necessária à continuidade de estudos relacionados ao seu manejo (SANTANA; BARROS; NEVES, 2002).

Um dos focos das pesquisas florestais é o entendimento sobre a capacidade produtiva dos sistemas de uso do solo, caracterizada pela boa funcionalidade do solo atrelada à presença de nutrientes (MOYA et al., 2010; BALIEIRO et al., 2008; NOVAIS et al., 2007; RIGATTO et al., 2005; RIGATTO et al., 2004; RAIJ, 1991). Fator este, que em ecossistemas nativos é garantida pela ciclagem natural dos elementos químicos. Já, em reflorestamento vai depender da qualidade do solo e do manejo empregado. Nesse contexto, a qualidade do solo é uma importante ferramenta para a avaliação da capacidade produtiva dos sistemas de uso do solo, sendo avaliado através do teor de matéria orgânica, pH, saturação por alumínio, capacidade de troca cátions, disponibilidade de nutrientes e condutividade elétrica (NOVAIS et al., 2007).

Assim, a fertilidade do solo é um processo dinâmico necessário para o planejamento de todas as etapas que seguirão a condução do povoamento florestal. Laclau et al. (2010) ressaltaram que, com base em análise físico-químicas de solo é possível obter informações importantes no âmbito do manejo a ser aplicado, tais como: técnicas para o uso racional de corretivos e fertilizantes; conciliação da produtividade com os resultados econômicos e preservação do meio ambiente; a inter-relação entre os efeitos de fertilizantes e corretivos com as respostas do sistema solo/planta; aspectos básicos para melhor utilização de solos férteis e inférteis.

Dessa forma, o objetivo da pesquisa foi ajustar um modelo de regressão para estimativa do volume de árvores em pé de dois clones de *Eucalyptus* sp e avaliar seus efeitos do crescimento na fertilidade do solo, com intuito de identificar os atributos químicos que possam ser limitantes ao desenvolvimento dos povoamentos.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Caracterização da área experimental

O trabalho foi desenvolvido em área de plantio da empresa Vale Florestar S/A, localizada na Fazenda Surpresa, próxima a BR 222, no município de Dom Eliseu, que pertence à mesorregião do Nordeste do Estado do Pará (Figura 1). As coordenadas da área experimental são UTM 9530100N, 201000E, 9527000N e 20190E, sob o Fuso 23 (Figura 2).

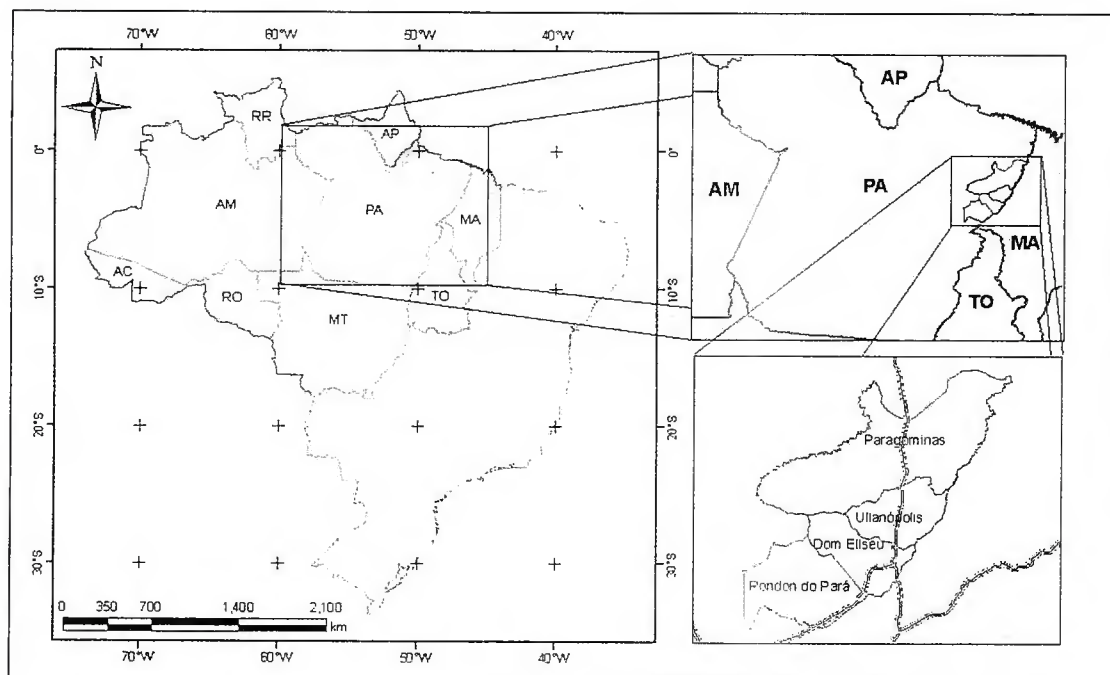


Figura 1 - Localização do Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.
Figure 1 - Location of the Municipality of Dom Eliseu, northeastern state of Para.

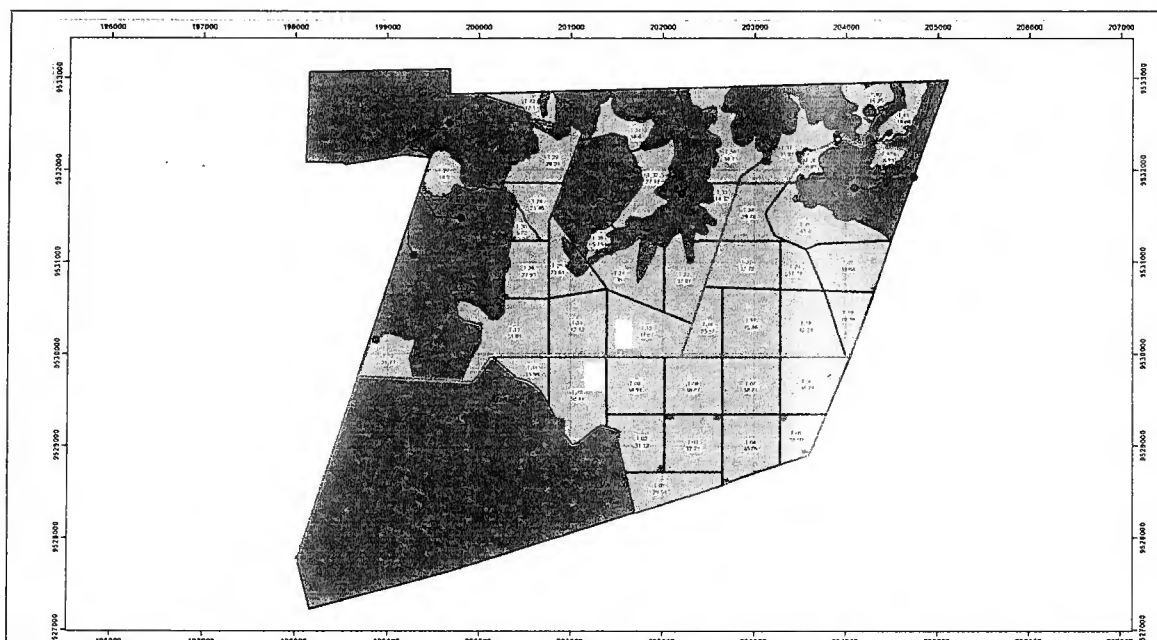


Figura 2 - Parcelas amostrais (quadrados branco), Fazenda Surpresa, Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.

Figure 2 - Sampling plots (white squares), Farm Surprise, Sun City of Dom Eliseu, northeastern state of Pará.

O solo foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado, fase relevo plano, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

O clima foi classificado de acordo com Köppen como do tipo 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 do município de Dom Eliseu é de 1638 mm, entretanto, há uma grande variabilidade espacial na região, podendo a precipitação anual média variar de 1445 à 2030 mm dentro do município (HIJMANS et al., 2005) (Tabela 1).

Tabela 1 - Precipitação mensal (mm) da região de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará, no período de 2007 a 2010.

Table 1 - Monthly rainfall in the region of Dom Eliseu, northeastern state of Para.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2007	62	327	313	410	40	30	0	0	0	43	140	160	1525
2008	297	223	597	243	202	48	0	0	0	0	145	250	2005
2009	279	480	348	467	335	45	13	18	0	5	0	237	2227
2010	175	100	219	278	173	0	35	5	0	56	100	146	1287
Média 2007-2010	203	283	379	350	188	32	12	6	0	26	96	198	1761
Média Histórica*	240	268	360	311	113	22	8	12	12	37	91	164	1638

Fonte: Fazenda BONAL - Br-222 - Km 21 - Município: Dom Eliseu - Pará.

* Média Histórica de Precipitação de janeiro de 1982 a dezembro de 2010

A estrutura geológica é representada por sedimentos Cretácicos, da Formação Itapecuru, com predominância de arenitos vermelhos, caulínicos, argilitos e calcário margoso fossilífero, com sedimentação Terciária, que constitui a Formação Barreiras, a de maior importância econômica para o Município, pois nela estão contidos expressivos chapadões bauxilíferos, completando sua estruturação com os depósitos inconsolidados do Quaternário Sub-atual e Recente (IBGE, 2008).

2.2.2 Histórico da Área

A área de estudo está localizada dentro da região do arco do desmatamento, que têm sofrido transformações ambientais, principalmente, a partir da década de 60 ocasionada pela construção da rodovia Belém-Brasília. Desta maneira, a área de estudo foi inicialmente alterada com o desmatamento através da derruba da floresta nativa e, por aproximadamente 30 anos, a posterior implantação de pastagem para a criação extensiva de gado (Figura 3). Todavia, em função do pisoteio do gado a mesma encontrava-se em elevado grau de degradação, com muitas espécies invasoras e solos compactados e adensados.



Figura 3 - Uso da terra antes da implantação do reflorestamento com *Eucalyptus*, em um Latossolo Amarelo, Nordeste do Estado do Pará.

Figure 3 - Land use before the implementation of reforestation with *Eucalyptus* in a Yellow Oxisoil, northeastern state of Para.

2.2.3 Plantio comercial

O estudo foi desenvolvido utilizando dois talhões comerciais clonais (Clone 1 – C1 e Clone 2 – C2) de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, plantados em áreas contíguas sob as mesmas condições climáticas, edáficas, época de plantio (cronológica) e manejo silvicultural (espaçamento adotado de 3 m x 3 m – 9m²). Os plantios foram realizados no mês de março e abril de 2007, respectivamente para o C1 e C2.

Para o preparo de solo foi realizada a aplicação de herbicida pós-emergente em área total, subsolagem com fosfatagem, sulcamento cruzado e combate à formiga. As quantidades de nutrientes fornecidas via adubação são apresentadas na Tabela 2 e foram divididas em quatro épocas de aplicação, a saber: subsolagem, arranque, cobertura e manutenção, sendo realizadas respectivamente no tempo 0 e 5, 30 e 360 dias após o plantio.

Tabela 2 – Quantidade de nutrientes fornecida pelo Programa de Adubação da Vale Florestar S/A, Junho-2011.

Table 2 - Amount of nutrients provided by fertilizer programs Vale Florestar S/A, June, 2011.

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn
----- kg ha ⁻¹ -----								
18,6	19,7	112,6	92,6	0,3	3,5	3,3	0,4	0,8

2.2.4 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi implantado em delineamento inteiramente ao acaso com dez repetições e parcelas experimentais de 900 m² (30 m x 30 m) de área útil, alocadas aleatoriamente em cada clone (C1 e C2), perfazendo um total de 20 parcelas, com cinco árvores mensuráveis por parcela.

2.2.5 Coleta de dados

2.2.5.1 Variáveis dendrométricas

As variáveis dendrométricas utilizadas para a avaliação de crescimento do plantio, obtenção das equações de volume e das componentes principais foram obtidas em março de 2010, ocasião em que os plantios apresentavam 36 e 37 meses de idade, com a mensuração do diâmetro a altura do peito (DAP) obtido a uma altura de 1,30 m do solo, altura total (HT) e volume real (V_r). Para esta última variável adotou-se o método de Smalian para a cubagem rigorosa (CAMPOS; LEITE, 2006), assim amostraram-se 50 árvores localizadas em áreas adjacentes as parcelas amostrais, dentro do mesmo talhão.

Para as medições foram utilizados os seguintes instrumentos: para o DAP, a fita centimetrada de 5 metros com a obtenção da circunferência (CAP) e posterior conversão para diâmetro pela divisão do valor mensurado pelo de π (3,141592654); a HT da árvore em pé foi estimada com auxílio do Hipsômetro de Blumelisse.

Para o cálculo do volume real com casca (V_r) foi utilizada a fórmula de Smalian (CAMPOS; LEITE, 2006), transformando as correspondentes circunferências (C_i) em áreas seccionais (g_i) e os respectivos comprimentos (L) das secções e da altura do fuste até o limite de 4 cm de diâmetro (Figura 4), considerado através da fórmula:

$$V_r = \frac{g_1 + (g_{n-1}) + 2*(g_2 + g_3 + g_4 + \dots + g_{n-2}) + (g_{n-1} + g_n)/2 * L_n}{3}$$

Onde:

V_r : volume real com casca da árvore i , em m^3 ;

g_i : área transversal na secção i , em m^2 ;

L_n : comprimento da última secção do fuste, em metros.

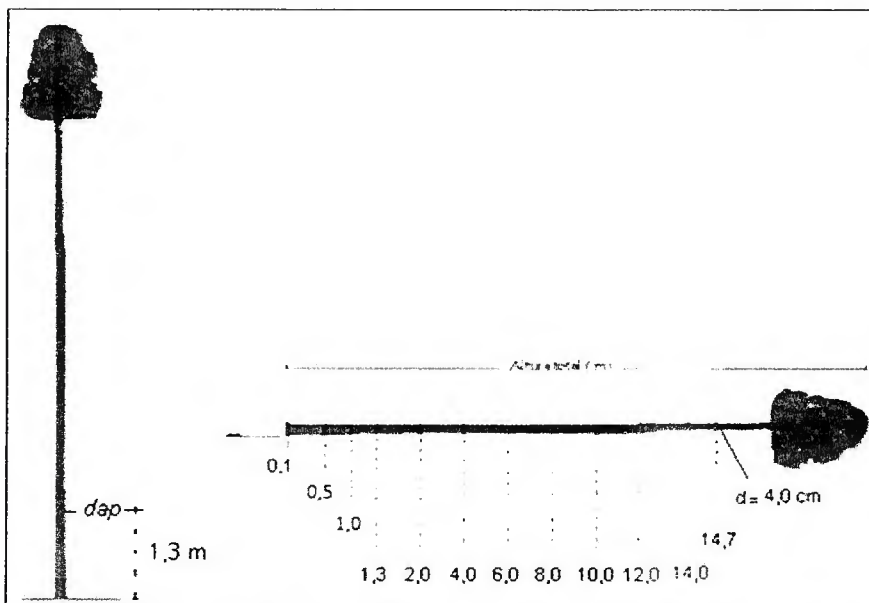


Figura 4 - Cubagem rigorosa de árvores para ajuste de equação de volume e árvores em pé de dois clones de *Eucalyptus*, no Nordeste do Estado do Pará.

Figure 4 - cubed trees to adjust the volume equation of two clones of *Eucalyptus* in northeastern Pará State.

2.2.5.1.1 Modelos matemáticos testados

Para a obtenção das equações de volume foram testados doze modelos matemáticos, sendo seis modelos de simples entrada, com $V_r = f(DAP)$, e seis modelos de dupla entrada, com $V_r = f(DAP, HT)$ (Tabela 3). Nos modelos de simples entrada utilizou-se apenas o DAP

como variável independente, de forma simples ou combinada, já nos modelos de dupla entrada utilizou-se as variáveis DAP e HT, também de forma simples ou combinada.

Tabela 3 - Modelos matemáticos para determinação de equações de volume.
Table 3 – Matemats models for determination of volume equations.

Variável independente	Modelos	Autor
DAP	$V_r = \beta_0 + \beta_1 DAP + \epsilon_i$	<i>Berkhout</i>
	$V_r = \beta_0 + \beta_1 DAP^2 + \epsilon_i$	<i>Kopecky & Gehrhardt</i>
	$V_r = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \epsilon_i$	<i>Hohenadl-Kreen</i>
	$\ln V_r = \beta_0 + \beta_1 \ln DAP + \epsilon_i$	<i>Husch</i>
	$\ln V_r = \beta_0 + \beta_1 \ln DAP + \beta_2 \times 1/DAP + \epsilon_i$	<i>Brenac 1</i>
	$\ln V_r = \beta_0 + \beta_1 \ln DAP + \beta_2 DAP + \epsilon_i$	<i>Brenac 2</i>
DAP/ HT	$V_r = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 HT + \epsilon_i$	<i>Schumacher-Hall 1</i>
	$V_r = \beta_0 + \beta_1 DAP^2 + \beta_2 d^2 HT + \beta_3 HT + \epsilon_i$	<i>Stoate</i>
	$V_r = \beta_0 + \beta_1 DAP^2 HT + \epsilon_i$	<i>Spurr 1 (variável combinada)</i>
	$\ln V_r = \beta_0 + \beta_1 \ln DAP^2 HT + \epsilon_i$	<i>Spurr 2 (log)</i>
	$\ln V_r = \beta_0 + \beta_1 \ln DAP + \beta_2 \ln HT + \epsilon_i$	<i>Schumacher-Hall 2</i>
	$\ln V_r = \beta_0 + \beta_1 \ln DAP^2 + \beta_2 \ln HT + \epsilon_i$	<i>Schumacher-Hall 3</i>

2.2.5.1.2 Critérios de seleção dos modelos de regressão

Para a escolha do melhor modelo de regressão, levaram-se em consideração alguns critérios estatísticos, como os expostos por Aguiar (2006). São eles: maior coeficiente de Determinação Ajustado (R^2_{aj}); menor erro Padrão da Estimativa (S_{yx}); menor coeficiente de Variação (CV %); menor índice de Furnival (IF); valores significativos do Teste F (Fisher) e Teste t (student); menor desvio Médio Percentual (DMP %) para criticar a não tendenciosidade na distribuição dos resíduos e o percentual de subestimativa ou superestimativa dos volumes estimados pelos modelos. Aliado a esses critérios, também foi feita a análise gráfica dos resíduos afim de verificar possíveis tendenciosidades no ajustes dos modelos.

2.2.5.2 Variáveis edáficas

A amostragem do solo para a determinação das variáveis edáficas procedeu-se no mês de março de 2010, onde, para a formação de cada amostra composta foram coletadas cinco amostras simples nas profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm e de 40 a 60 cm, com aproximadamente 500g de solo dentro das parcelas experimentais, num caminhar em “zig zag”, a fim de abranger toda área da parcela pela amostragem. Após a coleta as amostras foram enviadas ao laboratório de solos da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e, posteriormente, secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de malha e analisadas quimicamente.

Os procedimentos laboratoriais seguiram a metodologia da Embrapa (1997) para análise química dos nutrientes, nas quais foram determinados os seguintes atributos para avaliação da fertilidade do solo: pH, Acidez trocável (Al^{3+}), Acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), Matéria orgânica (C), Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P disponível, Soma das Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%). Os teores de Ca e Mg foram extraídos utilizando a solução de KCl 1 mol L^{-1} e mensuração por titulometria com EDTA 0,0125 mol. L^{-1} . Para a extração do Al trocável, utilizou-se a solução de KCl 1 mol. L^{-1} e analisado por titulometria com NaOH 0,025 mol L^{-1} . Os teores de P e K trocáveis foram extraídos com a solução de Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L^{-1} + H_2SO_4 0,0125 mol L^{-1}), e determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente. Foi verificada a acidez potencial (H+Al), através da extração obtida com $\text{CH}_3\text{COO}_2\text{Ca}$ 0,5 mol L^{-1} e determinação por titulometria com solução de NaOH 0,025 mol L^{-1} . Para a determinação de pH em água foi utilizada a proporção de 1:2,5 (solo:água). Já os parâmetros como CTC pH 7, SB, V% e m% foram calculados a partir dos teores encontrados na análise química do solo.

2.2.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos aos testes de Shapiro Wilk a 5% de probabilidade, para verificação da normalidade dos resíduos e homocedasticidade das variâncias. A análise foi realizada com uso do *software* estatístico *Statistica* versão 9.0 (STATSOFT, 2011), com o qual se realizou o ajustamento dos modelos de regressão, o cálculo das medidas estatísticas

para a precisão do ajustamento, gráfico de resíduos e o teste multivariado de análise de componentes principais (ACP) dos atributos químicos do solo e dendrométricos.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Ajuste da equação de volume

Os resultados dos modelos de equação testados demonstraram que os de dupla entrada apresentaram medidas de precisão do ajustamento mais significativas que os modelos de simples entrada (Tabela 4), expressando a relevância do emprego de mais de uma variável dendrométrica na estimativa do volume de árvores em pé. Resultados dessa natureza são comuns em outros trabalhos (BARROS; SILVA JUNIOR, 2009; ROLIM et al., 2006; SCHNEIDER et al., 1997; SILVA et al., 1984).

Tabela 4 - Medidas de precisão do ajustamento de 12 modelos de regressão para estimativa do volume de árvores em pé de dois clones de *Eucalyptus*, no Nordeste do Estado do Pará.

Table 4 - Measures of accuracy of the adjustment of 12 regression models to estimate the volume of standing trees of two clones of *Eucalyptus* in northeastern Pará State.

AUTOR	MODELO	F	R ² _{aj}	Sy/x	CV%	DMP	IF
DUPLA ENTRADA							
Schumacher-Hall 1	$V = b_0 + b_1d + b_2h + \epsilon_i$	0	0,9028	1,03	14,59	0,57	
Stoate	$V = b_0 + b_1d^2 + b_2d^2h + b_3h + \epsilon_i$	0	0,9307	0,85	12,06	-0,89	
Spurr 1 (variável combinada)	$V = b_0 + b_1d^2 h + \epsilon_i$	0	0,9242	0,90	12,67	-1,38	
Spurr 2 (log)	$\text{Ln}V = b_0 + b_1\text{Ln}d^2 h + \epsilon_i$	0	0,9442	0,04	5,14	-0,45	0,61
Schumacher-Hall 2	$\text{Ln}V = b_0 + b_1\text{Ln}d + b_2\text{Ln}h + \epsilon_i$	0	0,9804	0,04	4,79	-0,39	0,57
Schumacher-Hall 3	$\text{Ln}V = b_0 + b_1\text{Ln}d^2 + b_2\text{Ln}h + \epsilon_i$	0	0,9504	0,04	4,79	-0,39	0,57
SIMPLES ENTRADA							
Berkhout	$V = b_0 + b_1d + \epsilon_i$	0	0,9112	1,52	21,46	-2,7	
Kopezky & Gehrhardt	$V = b_0 + b_1d^2 + \epsilon_i$	0	0,9089	1,45	20,43	-3,31	
Hohenadl-Kreen	$V = b_0 + b_1d + b_2d^2 + \epsilon_i$	0	0,9298	1,45	20,38	-3,69	
Husch	$\text{Ln}V = b_0 + b_1\text{Log}d + \epsilon_i$	0	0,9235	0,08	10,09	-1,77	1,2
Brenac 1	$\text{Ln}V = b_0 + b_1\text{Log}d + b_21/d + \epsilon_i$	0	0,9229	0,08	10,11	-1,77	1,2
Brenac 2	$\text{Ln}V = b_0 + b_1\text{Log}d + b_2d + \epsilon_i$	0	0,9023	0,08	10,11	-1,77	1,2

F: valor do teste F; R²_{aj}: coeficiente de terminação ajustado; Sy/x: erro padrão; CV%: coeficiente de variação; DMP: desvio médio percentual; IF: índice de Fúrnival.

Dentre os modelos de equação testados, o modelo proposto por Schumacher-Hall 2 foi o que melhor atendeu os requisitos das medidas de precisão do ajustamento (Tabela 4) e distribuição gráfica dos resíduos não tendenciosa, como apresentada na Figura 5, onde verifica-se a distribuição regular dos resíduos sobre a linha média do gráfico. Dessa maneira, a equação ajustada foi a seguinte: $\text{Ln}Vr = -9,66709104 + 1,59114016 \times \text{Ln} DAP + 1,15131955 \text{Ln} HT$.

De forma geral os modelos logarítmicos apresentam melhores ajustes quando comparados com os modelos aritméticos, razão pela qual a logaritimização viabiliza a homogeneização das variáveis trabalhadas (FIGUEIREDO FILHO, 1983).

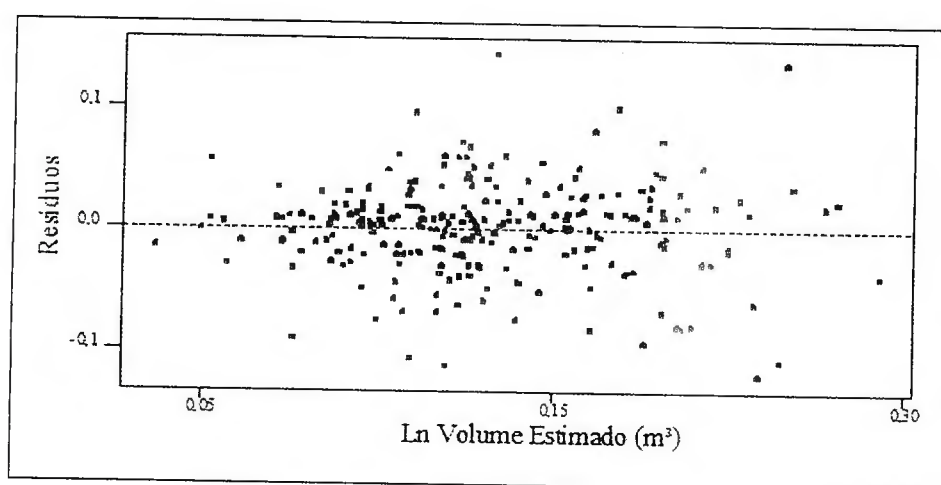


Figura 5 - Distribuição gráfica dos resíduos do modelo de regressão de Schumacher-Hall 2 ajustado para a estimativa do volume de árvores em pé de dois clones de *Eucalyptus*, no Nordeste do Estado do Pará.

Figure 5 - Distribution of the residuals of graphical regression model Schumacher-Hall 2 adjusted to estimate the volume of standing trees of two clones of Eucalyptus in northeastern Pará State.

2.3.2 Análise multivariada

A análise de componentes principais (ACP) é relevante para a compreensão de fenômenos inerentes as interações entre variáveis, sendo uma técnica sensível a correlações fracas. Para tanto, faz-se necessário compreender o grau de interação entre as variáveis apresentadas pelo coeficiente de correlação linear de Pearson (Tabela 5).

Na Tabela 5, pela matriz de correlação, é possível verificar a significância entre as variáveis edáficas, respaldando a viabilidade do uso desta técnica na análise das variáveis químicas dos solos. Todavia, observou-se uma fraca correlação entre as variáveis edáficas e os atributos dendrométricos, não permitindo estimativas da interação entre esses fatores por meio dessa análise.

As interações com maior força na matriz de Pearson foram às seguintes:

- Ca x SB: correlação linear positiva, 87%, indicando que à medida que os níveis de Ca são elevados existe uma resposta proporcional nos valores de SB. fato compreensível em razão do Ca, geralmente, ser a base trocável em maior proporção na SB.
- Al x m%: correlação linear positiva, 94%, indicando que ao elevar os níveis de Al existe uma resposta proporcional nos valores de m%, fato compreensível em razão do m% expresso a partir dos teores de Al trocável do solo;
- H+Al x CTC e H+Al x V%: Correlações lineares positivas e negativas, respectivamente. A relação entre H+Al e CTC pode ser explicada pela adsorção da acidez potencial nos sítios de troca de cátions, dessa forma, como os solos da Região Amazônica são naturalmente ácidos, a maior parte das cargas negativas dos colóides fica ocupada com a acidez potencial e, por conseguinte reduzindo o percentual das bases trocáveis (V%) na mesma.
- SB x V% e SB x m%: partindo do mesmo princípio do parágrafo supracitado, os atributos que denotam a acidez dos solos são correlacionados negativamente com os parâmetros de avaliação das bases trocáveis, em razão da competição catiônica nos sítios de troca.

Essas relações também foram observadas no trabalho realizado por Balbinot et al. (2010), quando avaliaram a fertilidade do solo em plantios puros de *Mimosa caesalpiniiifolia* e consorciados com *Eucalyptus tereticornis* e *Mimosa pilulifera*, no município de Goytacazes, RJ. Guedes (2009), também verificou essas relações em sua avaliação da fertilidade do solo no município de Paragominas, sob sistema de uso da terra com soja.

Tabela 5 – Matriz de correlação de Pearson das variáveis obtidas dos atributos do solo, de um Latossolo Amarelo no Nordeste do Estado do Pará.

Table 5 – Pearson correlation matrix of variables obtained from the soil attributes of a Yellow Oxisol in Northeast Pará State.

Variáveis	Dap		Altura		Vcc	pH H ₂ O	pH KCl	M.O g kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
	Cm	M	M	M														
Dap (cm)	1,00	0,76	0,97	0,13	0,07	0,12	0,01	0,02	0,08	0,11	-0,05	-0,20	-0,12	0,09	-0,05	0,12	-0,17	
Altura (m)	0,76	1,00	0,87	0,07	0,07	0,08	-0,03	-0,06	-0,02	0,17	-0,06	-0,22	-0,11	0,13	-0,01	0,13	-0,20	
Vr (m ³)	0,97	0,87	1,00	0,12	1,00	0,11	0,00	-0,01	0,05	0,14	-0,06	-0,22	-0,12	0,10	-0,04	0,13	-0,19	
pH H ₂ O	0,13	0,07	0,12	1,00	0,93	1,00	-0,02	0,06	0,67	0,48	-0,40	-0,38	-0,48	0,28	-0,25	0,54	-0,39	
pH KCl	0,12	0,08	0,11	0,93	1,00	0,93	-0,07	0,06	0,53	0,40	-0,23	-0,42	-0,68	0,29	-0,43	0,69	-0,42	
M.O (g kg ⁻¹)	0,01	-0,03	0,00	-0,02	0,00	-0,07	1,00	0,09	0,32	-0,01	0,03	0,07	0,24	0,02	0,23	-0,15	0,04	
P (mg kg ⁻¹)	0,02	-0,06	-0,01	0,06	0,06	0,06	0,09	1,00	0,16	-0,06	0,40	-0,14	-0,08	0,16	0,02	0,14	-0,15	
K (cmol _c dm ⁻³)	0,08	-0,02	0,05	0,67	0,48	0,53	0,32	0,16	1,00	0,54	-0,47	-0,23	0,03	0,32	0,23	0,23	-0,28	
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,11	0,17	0,14	0,48	0,40	0,40	-0,01	-0,06	0,54	1,00	-0,22	-0,46	-0,05	0,87	0,50	0,57	-0,64	
Mg (cmol _c dm ⁻³)	-0,05	-0,06	-0,06	-0,40	-0,23	-0,23	0,03	0,40	-0,47	-0,22	1,00	-0,14	-0,24	0,29	-0,04	0,30	-0,23	
Al (cmol _c dm ⁻³)	-0,20	-0,22	-0,22	-0,38	-0,42	-0,42	0,07	-0,14	-0,23	-0,46	-0,14	1,00	0,41	-0,53	0,03	-0,60	0,94	
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	-0,12	-0,11	-0,12	-0,48	-0,68	-0,68	0,24	-0,08	0,03	-0,05	-0,24	0,41	1,00	-0,17	0,79	-0,80	0,37	
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,09	0,13	0,10	0,28	0,29	0,29	0,02	0,16	0,32	0,87	0,29	-0,53	-0,17	1,00	0,47	0,71	-0,75	
CTC (cmol _c dm ⁻³)	-0,05	-0,01	-0,04	-0,25	-0,43	-0,43	0,23	0,02	0,23	0,50	-0,04	0,03	0,79	0,47	1,00	-0,27	-0,14	
V (%)	0,12	0,13	0,13	0,54	0,69	0,69	-0,15	0,14	0,23	0,57	0,30	-0,60	-0,80	0,71	-0,27	1,00	-0,72	
m (%)	-0,17	-0,20	-0,19	-0,39	-0,42	-0,42	0,04	-0,15	-0,28	-0,64	-0,23	0,94	0,37	-0,75	-0,14	-0,72	1,00	

Dap: diâmetro a altura do peito; Vcc: volume real com casca; M.O: matéria orgânica; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

As análises estatísticas apresentadas na Tabela 6 para os atributos químicos do solo e dendrométricos subsidiam as interpretações obtidas na análise multivariada, pois é possível observar que as maiores médias dos atributos dendrométricos foram encontrados no Clone 2. No caso dos atributos químicos do solo, verificou-se similaridade entre dois clones, isso demonstra que os clones avaliados não diferem quanto à demanda nutricional.

Bianchini et al. (2008), na região de Imperatriz – Estado do Maranhão, ao avaliarem a fertilidade do solo como parte do balanço nutricional no sistema solo-planta de dois clones de *Eucalyptus* sp. de alta produtividade observaram valores de pH KCl, MO, Ca, Mg, T e V próximos aos contemplados no presente estudo, sendo os mesmos de ordem de 4,9, 23g kg⁻¹, 2,9 cmol_c dm⁻³, 0,7 cmol_c dm⁻³, 6,8 cmol_c dm⁻³ e 58%, respectivamente.

Tabela 6 – Medidas estatísticas descritivas dos atributos químicos dos solos e dendrométrico do Clone 1 e Clone 2.

Table 6 – Measures Descriptive statistics of soil chemical attributes and dendrometric Clone 1.

Variáveis	Clone 1				Clone 2			
	N	Média	Mínimo	Máximo	N	Média	Mínimo	Máximo
Dap (cm)	100	14,12	11,4	18,08	100	14,28	12,51	16,17
Altura (m)	100	20,38	18,63	23,38	100	23,08	21,44	25,2
Vr (m ³)	100	0,14	0,08	0,25	100	0,17	0,12	0,21
pH H²O	100	4,93	4,23	6,31	100	4,88	4,43	5,72
pH KCl	100	4,5	4,04	5,65	100	4,41	4,1	5,26
M.O (g kg ⁻¹)	100	22,35	12,94	38,76	100	20,46	9,95	32,84
P (mg dm ⁻³)	100	1,13	0	27,68	100	2,29	0,28	8,83
K (cmol _c dm ⁻³)	100	0,09	0,02	0,18	100	0,1	0,04	0,28
Ca (cmol _c dm ⁻³)	100	2,23	0,93	3,91	100	2,25	0,93	4,09
Mg (cmol _c dm ⁻³)	100	0,56	0,19	1,58	100	0,44	0	1,33
Al (cmol _c dm ⁻³)	100	0,41	0	1,06	100	0,32	0,14	0,58
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	100	3,95	1,69	5,88	100	3,15	1,39	5,2
SB (cmol _c dm ⁻³)	100	2,88	1,37	4,36	100	2,79	1,17	4,41
T (cmol _c dm ⁻³)	100	6,83	3,97	9,77	100	5,94	3,66	8,92
V (%)	100	42,82	20,15	64,46	100	47,16	30,84	61,93
m (%)	100	13,59	0	41,98	100	10,86	4,25	22,98

Na análise de componentes principais, a variância dada por cada componente principal é expressa pelos autovalores da matriz padronizada, de maneira que o maior autovalor está associado ao primeiro componente principal (CP), o segundo maior autovalor ao segundo CP, e assim por diante, até que o menor autovalor esteja associado ao último CP, colocando os

primeiros como os mais importantes (SANTOS 2010). Sendo assim, os primeiros componentes principais gerados pela ACP explicam a maior parte da variância dos dados originais.

Como proposto por Hair (2005), adotaram-se os componentes que apresentam juntos mais de 70% da variância total. Os autovalores, as percentagens das variâncias associadas aos CPs gerados e as percentagens das variâncias acumuladas por material genético são apresentadas na Tabela 7 e 8.

O Clone 1, o primeiro, segundo e o terceiro componentes principais explicam 38,95 %, 19,98% e 16,75 % da variação dos dados, respectivamente, totalizando, juntos, 75,68% da variação encontrada (Tabela 7). Para o clone 2 (Tabela 8), assim como o clone 1, apresentou três componentes principais, com 33,98%, 28,76% e 14,39% da variação total dos dados, respectivamente para o CP1, CP2 e CP3, perfazendo um total de 77,13% da variação encontrada. A variância acumulada nos dois clones foi considerada satisfatória, quando comparada com os resultados encontrados por Carvalho Júnior et al. (2008) em pesquisa acerca de identificação de principais diferenças químicas e físicas de Argissolos da faixa atlântica brasileira, onde utilizaram os componentes principais que responderam por aproximadamente 70 % da variação dos dados.

Tabela 7 – Auto valores e variâncias dos componentes principais obtidos dos atributos químicos do solo e dendrométrico sob o Clone 1.

Table 7 – Auto values and variances of the principal components obtained from the soil chemical properties and dendrometric under a Clone 1.

CPs	Auto Valores	% Total	Auto Valor Acumulado	Variância Acumulada
CP1	5,06	38,95	5,06	38,95
CP2	2,60	19,98	7,66	58,93
CP3	2,18	16,75	9,84	75,68
CP4	1,27	9,73	11,10	85,42
CP5	0,78	6,00	11,88	91,42
CP6	0,68	5,27	12,57	96,68
CP7	0,20	1,51	12,76	98,19
CP8	0,17	1,29	12,93	99,48
CP9	0,04	0,30	12,97	99,78
CP10	0,02	0,17	12,99	99,95
CP11	0,01	0,05	13,00	100,00

CP: componente principal.

Tabela 8 - Auto valores e variâncias das componentes principais obtidas dos atributos químicos do solo e dendrométrico sob o Clone 2.

Table 8 - Auto values and variances of the principal components obtained from the soil chemical properties and dendrometric under a Clone 2.

CPs	Auto Valores	% Total	Auto Valor Acumulado	Variância Acumulada
CP1	4,42	33,98	4,42	33,98
CP2	3,74	28,76	8,16	62,74
CP3	1,87	14,39	10,03	77,13
CP4	1,07	8,20	11,09	85,33
CP5	0,87	6,67	11,96	92,00
CP6	0,48	3,69	12,44	95,70
CP7	0,33	2,54	12,77	98,24
CP8	0,17	1,32	12,94	99,56
CP9	0,03	0,25	12,98	99,81
CP10	0,02	0,16	13,00	99,97
CP11	0,00	0,03	13,00	100,00

CP: componente principal.

A importância das CPs em cada variável é analisada pela correlação entre esses fatores trabalhados, o que é viável por meio dos *loadings* (pesos) das variáveis calculados pela ACP, de maneira que, quanto maior o *loading* da variável analisada maior será a correlação com a CP associada (SANTOS, 2010). No caso dos atributos químicos dos solos e dendrométricos do clone 1, as variáveis mais importantes na distinção dos usos foram aquelas que apresentaram as maiores *loadings* com a CP1, que foram o pH H₂O, pH KCl, Ca, V%, m%, H+Al, SB e Al (Tabela 9). No caso do Clone 2, as variáveis mais importantes foram K, Ca, H+Al, SB, T e m% (Tabela 9).

Tabela 9 - *Loadings* dos atributos químicos do solo e dendrométrico sob o Clone1 e Clone 2 com as componentes principais (CPs), no Nordeste do Estado do Pará.

Tabela 9 - *Loadings chemical properties of soil and under the dendrometric Clone1 with the principal components (PCs), in northeastern Pará State.*

Variáveis	Clone 1			Clone 2		
	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
pH H ₂ O	-0,76 *	0,14 ns	-0,56 ns	-0,35 ns	0,85 *	0,16 ns
pH KCl	-0,80 *	0,34 ns	-0,42 ns	-0,04 ns	0,90 *	0,12 ns
M.O (g kg ⁻¹)	0,06 ns	-0,36 ns	-0,12 ns	-0,57 ns	-0,37 ns	-0,04 ns
P (mg dm ⁻³)	-0,16 ns	0,00 ns	0,33 ns	0,06 ns	-0,17 ns	0,52 ns
K (cmolc dm ⁻³)	-0,53 ns	-0,39 ns	-0,58 ns	-0,62 *	0,07 ns	0,36 ns
Ca (cmolc dm ⁻³)	-0,73 *	-0,57 ns	-0,08 ns	-0,96 *	-0,05 ns	-0,04 ns
Mg (cmolc dm ⁻³)	-0,02 ns	0,17 ns	0,90 *	0,27 ns	-0,19 ns	-0,86 *
Al (cmolc dm ⁻³)	0,76 *	0,03 ns	-0,27 ns	0,34 ns	-0,73 *	-0,25 ns
H+Al (cmolc dm ⁻³)	0,61 *	-0,75 *	-0,10 ns	-0,64 *	-0,68 *	0,21 ns
SB (cmolc dm ⁻³)	-0,74 *	-0,48 ns	0,37 ns	-0,89 *	-0,13 ns	-0,41 ns
T (cmolc dm ⁻³)	0,08 ns	-0,97 *	0,14 ns	-0,85 *	-0,49 ns	-0,08 ns
V (%)	-0,89 *	0,23 ns	0,24 ns	-0,22 ns	0,67 *	-0,63 *
m (%)	0,84 *	0,18 ns	-0,35 ns	0,71 *	-0,55 ns	0,12 ns
Dap (cm)	0,17 ns	-0,02 ns	0,02 ns	-0,10 ns	0,10 ns	0,06 ns
Altura (m)	0,17 ns	0,01 ns	-0,04 ns	0,04 ns	0,05 ns	0,11 ns
Vr (m ³)	0,17 ns	0,00 ns	0,00 ns	-0,04 ns	0,09 ns	0,10 ns

ns: correlação não significativa (igual ou superior a 60%); *: correlação significativa (igual ou superior a 60%); Dap: diâmetro a altura do peito; Vcc: volume real com casca; M.O: matéria orgânica; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; CP: componente principal.

Os maiores *loadings* do CP1, em ambos os clones, indicam que a fertilidade do solo está em equilíbrio no que tange a disponibilidade de Ca e a acidez do solo, esse equilíbrio é possível devido o Ca ser um cátion de elevada valência e reduzido raio iônico, que aliado a sua concentração na solução do solo, viabiliza a adsorção desse elemento nos sítios de troca de cátions, reduzindo assim, a adsorção de elementos ácidos (SPOSITO, 1989).

O cálculo dos valores (*scores*) das variáveis pela ACP permite visualizar a localização gráfica de cada um deles (SANTOS, 2010). Os atributos dendrométricos dos clones 1 e 2 ficaram distantes do círculo unitário (Figuras 6 e 7), mostrando não ter influência dos componentes principais dadas na análise, dessa forma, o desenvolvimento dendrométrico dos clones pode estar relacionado com ao *input* das fontes solúveis fornecidas pelas adubações. Esses resultados são diferentes dos encontrados por Rigatto et al. (2004) e Rigatto et al. (2005), que analisaram os efeitos dos atributos do solo sobre a produtividade de *Pinus taeda*,

e constatarem correlações significativas entre atributos K, Ca, Mg, pH CaCl₂ e a produtividade do sítio.

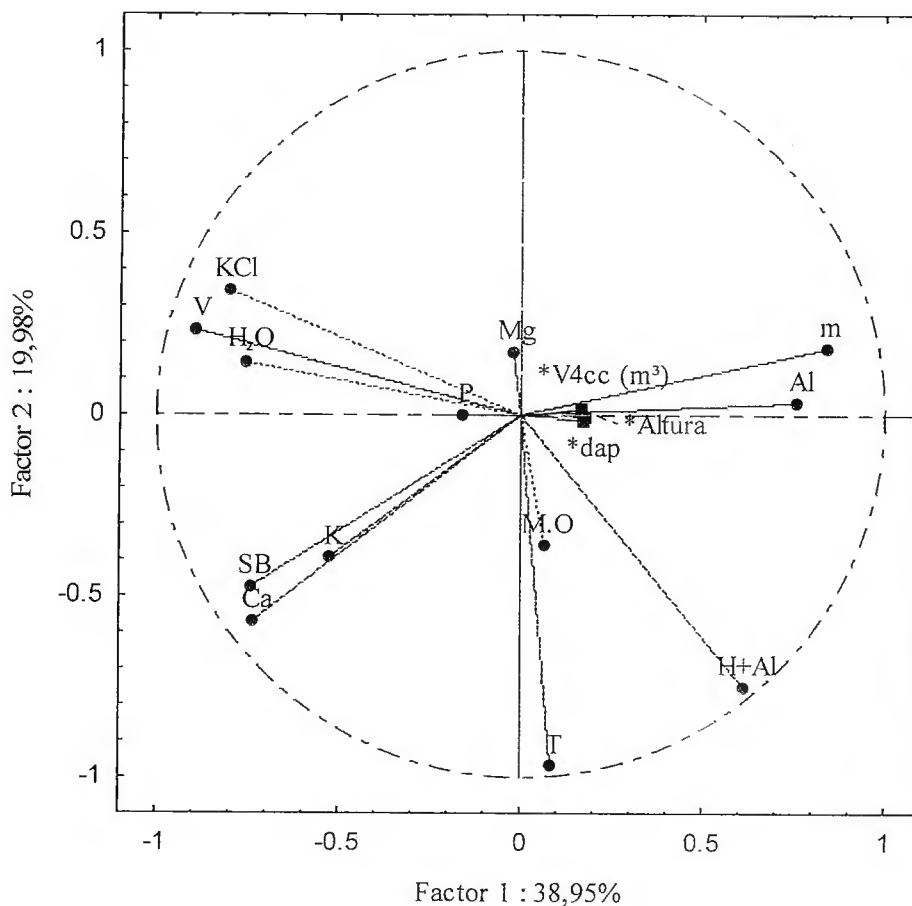


Figura 6 - Escores dos atributos químicos do solo e dendrométricos dos dois primeiros componentes CPs, no sistema de uso com o Clone 1.

Figure 6 - Scores of soil chemical properties and dendrometric CPs of the first two components in the system for use with a Clone 1.

Verifica-se na Figura 6, com a análise de componente principal do Clone 1, que as variáveis pH H₂O, pH KCl, Ca, V%, m%, H+Al, SB e Al estão próximas ao círculo unitário, indicando que as mesmas são mais representativas em relação às demais variáveis avaliadas. Observa-se, também, que para o Clone 2, as variáveis mais próximas do círculo unitário, e portanto as mais representativas são: K, Ca, H+Al, SB, T e m% (Figura 7).

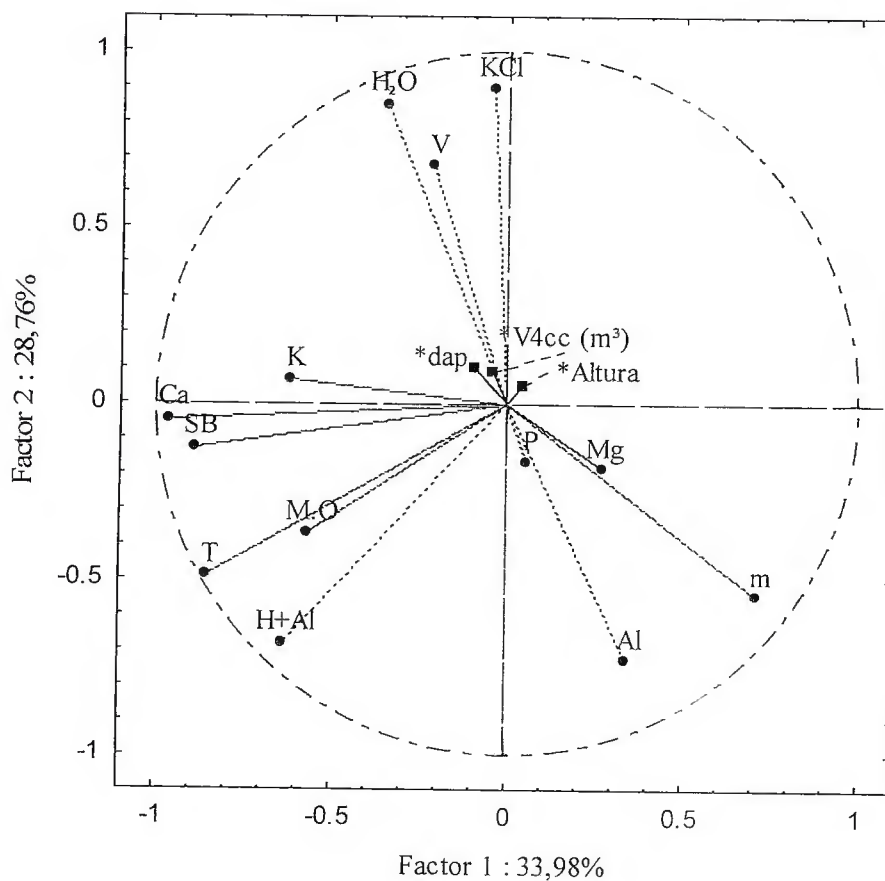


Figura 7 - Escores dos atributos químicos do solo e dendrométricos dos solos primeiros componentes CPs, no sistema de uso com o Clone 2.

Figure 7 - Scores of soil chemical properties and dendrometric CPs of the first two components in the system for use with a Clone 2.

2.4 CONCLUSÃO

- O modelo para estimar o volume com casca das árvores em pé dos clones de eucalipto com três anos de idades no Nordeste do Estado do Pará foi o de Schumacher-Hall 2 ($\ln Vr = -9,66709104 + 1,59114016 \times \ln DAP + 1,15131955 \ln HT$).

- As variáveis dendrométricas dos clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* não proporcionaram diferenças nos atributos químicos do solo, o que indica ainda que os clones não possuem diferenças quanto à demanda nutricional.

REFERÊNCIAS

- ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010 /ABRAF.** – Brasília: 2011.
- AGUIAR, L. P. **Modelagem do volume do povoamento da *Mimosa scabrella* benth em bracingais nativos da região metropolitana de Curitiba.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, 2006.
- ALENCAR, A.; NEPSTAD, N; MCGRATH, D; MOUTINHO, P; PACHECO, P; DIAZ, M. D. C. V e FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica.** Manaus, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), 2004, p. 89.
- BALBINOT, E.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; PAULINO, G. M.; LAMÔNICA, K. R. Crescimento inicial e fertilidade do solo em plantios puros e consorciados de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. **Scientia Florestales**, Piracicaba, v. 38, n. 85, p. 27-37, 2010.
- BALIEIRO, F. C.; OLIVEIRA, W. C.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; PICCOLO, M. C.; JACCOUD, C. F. Fertilidade e carbono do solo e uso da água pelo eucalipto numa topossequência em Seropédica, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.1, p.153-162, 2008.
- BARROS, P. C.; SILVA JUNIOR, A. T. Equação de volume para árvores de uma floresta tropical densa no município de Anapú, oeste do estado do Pará, Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 51, p.115-126, 2009.
- BIANCHINI, D. F.; SILVEIRA, R. L. V. DE A.; MEDEIROS, R.; GARCIA, C. H. **Demanda Nutricional e Balanço de Nutrientes em Clones de Eucalyptus da Vale.** Ano VIII. 2008 N°19.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional-MI. **Relatório final do grupo de trabalho interministerial para redelimitação do Semi-árido Nordeste e do polígono das secas.** Brasília, DF, 2009.
- BRASIL. Comitê Interministerial Sobre Mudança do Clima. **Plano Nacional Sobre Mudança do Clima – PNMC** –. Brasília, DF, 2008.
- CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas.** 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 470p. 2006.

- CARVALHO JÚNIOR, W.; SCHAEFER, C.E.G.R.; CHAGAS, C.S.; FERNANDES FILHO, E.I.R. Análise multivariada de Argissolos da faixa atlântica brasileira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, n.5, 2008.
- CIB - Conselho de Informações sobre Biotecnologia. **Guia do eucalipto. Oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. 20 p, 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p. 2006.
- FIGUEIREDO FILHO, A. **Estudos de modelos matemáticos para estimar o volume por unidade de área em uma floresta tropical úmida na Amazônia Brasileira**. 1983.150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 1983.
- GUEDES, E. M. S. **Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo argiloso e produção de soja em sistemas de manejo, no Município de Paragominas PA**. 2009. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2009.
- HAIR, J.; ANDERSON, R.; TATHAM R. **Análise multivariada dos dados**. 5. ed. Porto Alegre:Bookman, 2005. 600p
- 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.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **IBGE lança o Mapa de Biomas do Brasil e o Mapa de Vegetação do Brasil, em comemoração ao Dia Mundial da Biodiversidade**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acessado em: 15 de julho de 2008.
- LACLAU, J. P. et al. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical Eucalyptus plantations Main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. **Forest Ecology and Management**. v. 259. 1771–1785 p. 2010.
- LINDELL, L., ASTROM, M., OBERG, T. Land-use versus natural controls on soil fertility in the Subandean Amazon, Peru. **Science of the total environment**. 408:965-975, 2010.

MOYA, R.; L. ARCE, V.; P. GONZALEZ, E.; G. OLIVARES, C.; G. RIOS, V. Efecto de las propiedades físicas y químicas del suelo em algunas propiedades de la madera de Teca (*Tectona grandis*). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.6, p.1109-1118, 2010

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.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Piracicaba, SP. Ed. Ceres, Potafos, 1991.

RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATTOS, J. L. M. Influência dos atributos do solo sobre a produtividade de *Pinus taeda*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.5, p.701-709, 2005.

RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATTOS, J. L. M. Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para produção de celulose Kraft. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.267-273, 2004

ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z. do; JESUS, R. M. de; FRANÇA, J. T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazonica**. vol. 36(1) 2006: 107 – 114, 2006.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. de; NEVES, J. C. L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do Estado de São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.447-457, 2002.

SANTOS, P. R. **Atributos do solo em função dos diferentes usos adotados em perímetro irrigado do Sertão de Pernambuco**. 2010. 112p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, 2010.

SCHNEIDER, P. R.; COELHO, M. C. B.; ZANON, M. L.; FINGER, C. A. G.; KLEIN, J. E. M. Equações de volume para *Eucalyptus dunnii* Maiden, determinadas para a Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.3, p.425-428, 1997.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. C. A.; CARVALHO, M. S. P. **Equação de volume para Floresta Nacional do Tapajós**. Boletim de Pesquisa Florestal, n. 8/9, p. 50-63, 1984.

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.

SPOSITO, G. **The Chemistry of Soils.** Oxford University Press, New York, 1989. 277p.

3 - FERTILIDADE DO SOLO SOB COBERTURA VEGETAL COM CLONES DE *Eucalyptus* sp. E FLORESTA NATIVA

RESUMO

Uma forma de quantificar os impactos do reflorestamento com *Eucalyptus* é avaliar comparativamente as propriedades químicas do solo com floresta nativa. O objetivo da pesquisa é avaliar a fertilidade do solo sob cobertura vegetal com clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e floresta nativa, com a finalidade de comparar os atributos químicos como meio de indicadores de sustentabilidade ambiental. O trabalho foi desenvolvido em áreas operacionais da empresa Vale Florestar SA, localizadas no município de Dom Eliseu pertencente à mesorregião do Nordeste do Estado do Pará. O experimento foi implantado em delineamento inteiramente ao acaso com três tratamentos (com clones de eucalipto: Clone 1 – C1; Clone 2 – C2 e floresta nativa - FN) nos anos de 2007, 2009, 2010 e 2011, com dez repetições por área experimental, caracterizando os tratamentos fatoriais no esquema 3x4. Foram instaladas 30 parcelas experimentais, com 900 m² cada. O período de avaliação e a cobertura do uso do solo influenciaram significativamente os atributos químicos estudados. No geral, a fertilidade foi melhor no ecossistema com floresta nativa, porém, o clone 1 expressou valores similares.

Palavras-chave: Atributos Químicos do Solo; Reflorestamento e Sistema de uso.

SOIL FERTILITY UNDER CLONES OF *Eucalyptus* sp. PLANTATIONS AND NATIVE FOREST

ABSTRACT

One way to quantify the impacts of reforestation with *Eucalyptus* is comparatively evaluate the chemical properties of soil with native forest. The objective of this research is to evaluate the fertility of the soil under vegetation with clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* and native forest, in order to compare the chemical attributes as a means of environmental sustainability indicators. The study was conducted in operational areas of the company Vale Florestar SA, located in the municipality of Dom Eliseu belonging to the middle region of the northeastern state of Pará. The experiment was implemented in a completely randomized in three treatments (with eucalyptus clones : Clone 1 - C1; Clone 2 - C2 and native forest - NF) for the years 2007, 2009, 2010 and 2011, with ten replicates per experimental area, featuring treatments in factorial scheme 3x4. 30 plots were installed, with 900 m² each. The evaluation period and the ground cover influenced the chemical properties studied. In general, fertility was better in the ecosystem with native forest, however, the clone expressed a similar values.

Key words: Chemical Soil Attributes, Reforestation and System of Land Use.

3.1 INTRODUÇÃO

O eucalipto (*Eucalyptus* sp.) é uma espécie que ocorre naturalmente na Austrália, Indonésia e ilhas próximas, tais como Flores, Alor e Wetar. O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, com cerca de 600 espécies e sub-espécies, e apresenta uma ampla plasticidade e dispersão mundial, crescendo satisfatoriamente em diferentes situações edafoclimáticas, extrapolando aquelas das regiões de origem (BRASIL, 2009).

No ano de 2010, os plantios de eucalipto alcançaram 4,75 milhões de hectares no Brasil, representando 68,2% do total de florestas plantadas do país (ABRAF, 2010). Esse fato é consequência do desenvolvimento de pesquisas realizadas pelo setor privado e acadêmico que viram garantir a qualidade e a produtividade das florestas de eucalipto.

Uma forma de quantificar os impactos do reflorestamento com *Eucalyptus* nos atributos edáficos é avaliar comparativamente as propriedades químicas do solo sob plantios de eucalipto, floresta nativa adjacente ou outro sistema de uso (LIMA et al., 2008; SANTANA et al., 2002; ALFREDSSON et al., 1998). Nesse sentido, Garay et al. (2004) avaliaram a fertilidade do solo em plantações de *Eucalyptus grandis* e compararam com plantio de *Acacia mangium* no Norte do Estado do Espírito Santo. Esses autores comprovaram a potencialidade dos plantios de *Acacia mangium* sobre a sustentabilidade dos atributos químicos do solo.

A relevância do estudo dos atributos químicos do solo em diferentes sistemas de manejo foram apresentadas por Araújo et al. (2000), quando ao avaliarem as alterações químicas que ocorreram em um Latossolo Vermelho escuro submetido ao uso agrícola e mata nativa, observaram que dentre todos os tipos de cultivo, o reflorestamento é o que mais se aproxima de ambientes naturais em termos de qualidade do solo.

Nesse sentido, Melloni et al. (2008) trataram a fertilidade do solo como índice de qualidade do solo, e compararam a mesma sob sistemas de uso com eucalipto, araucária implantada, mata nativa e pasto, implantados em Delfim Moreira, MG, no qual observaram uma grande disparidade entre a pastagem e os demais ecossistemas, e alta similaridade entre o ecossistema eucalipto com sub-bosque desenvolvido e araucária implantada.

Corroborando para relevância do estudo de comparações entre ecossistemas, Rodrigues et al. (2008) avaliaram atributos químicos de solos sob diferentes coberturas vegetais (*Acacia auriculiformis*, *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Corymbia citriodora*) no Norte do Estado do Rio de Janeiro, e constataram que as espécies florestais, na fase inicial de

desenvolvimento vegetativo são potencialmente importantes na fertilidade do solo, em relação à floresta nativa, no que tange ao pH e à soma de bases, mesmo com redução dos teores de M.O. Da mesma maneira, Leite et al. (2010) ao avaliarem as alterações nos atributos químicos do solo manejados com floresta nativa e em reflorestamento com *Eucalyptus* em cinco regiões do Vale do Rio Doce observaram nas áreas plantadas com eucalipto reduções significativas de cálcio, magnésio, potássio trocáveis e pH e aumentos nos teores de alumínio e acidez potencial.

Dessa forma, a fertilidade do solo é definida como um processo dinâmico que pode contribuir para o planejamento de todas as etapas que seguirão a condução do povoamento vegetal. Com base em análise físico-químicas de solo são obtidas informações importantes no âmbito do manejo a ser aplicado, tais como: técnicas para o uso racional de corretivos e fertilizantes, conciliação da produtividade com os resultados econômicos e preservação do meio ambiente, a inter-relação entre os efeitos de fertilizantes e corretivos com as respostas do sistema solo/planta, promove uma melhor utilização de solos férteis e inférteis, além de, contribuir para a manutenção das principais funções do solo (LACLAU et al., 2010).

Assim, o objetivo da pesquisa foi avaliar a fertilidade do solo sob cobertura vegetal com clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e floresta nativa, com a finalidade de comparar os atributos químicos como meio de indicadores de sustentabilidade ambiental.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização da área experimental

O trabalho foi desenvolvido em áreas de plantio da empresa Vale Florestar S/A, localizadas na Fazenda Surpresa, próxima a BR 222, no município de Dom Eliseu, que pertence à mesorregião do Nordeste do Estado do Pará (Figura 1). As coordenadas da área experimental são UTM 9530100N, 201000E, 9527000N e 20190E, sob o Fuso 23 (Figura 8).

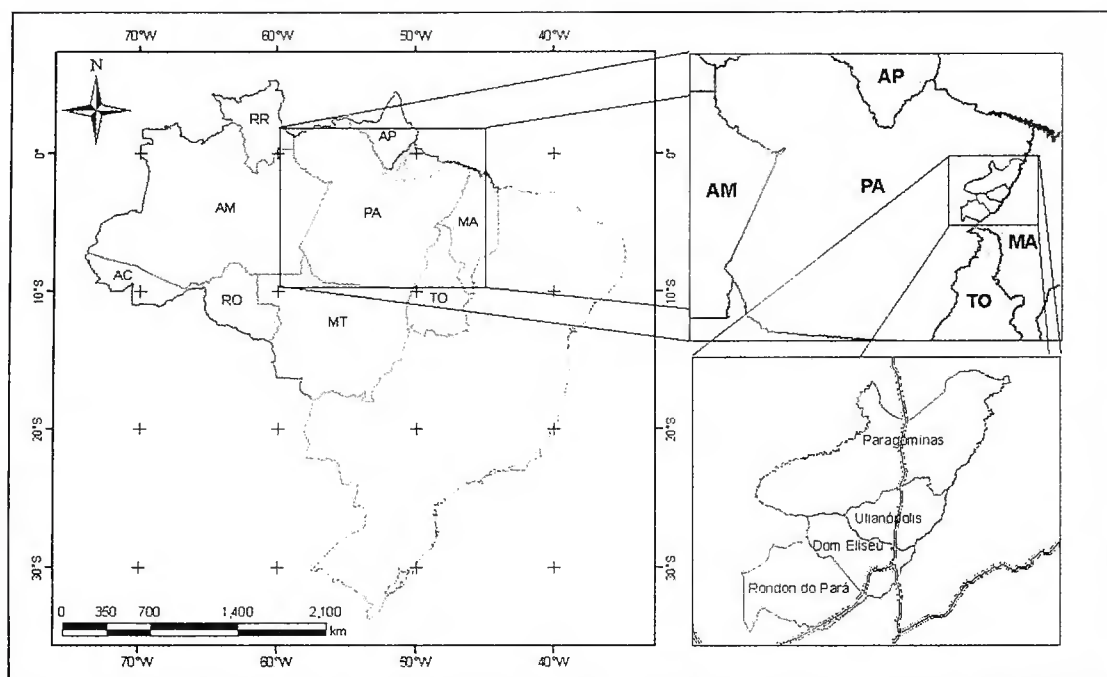


Figura 1 - Localização do Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.
Figure 1 - Location of the Municipality of Dom Eliseu, northeastern state of Pará.

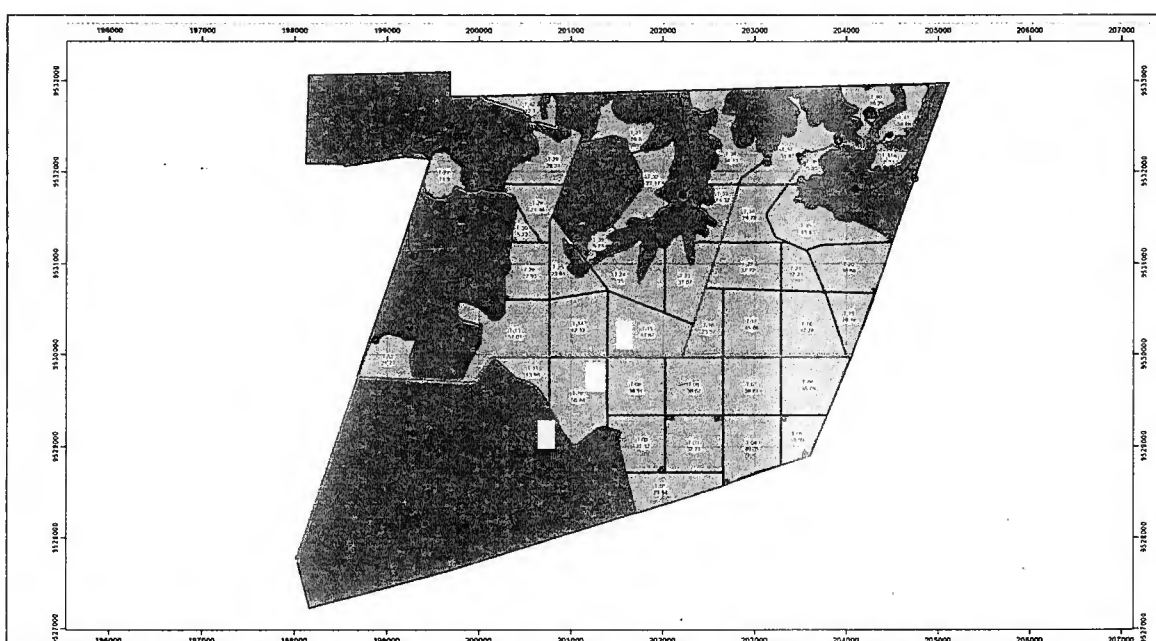


Figura 8 - Parcelas amostrais (quadrados branco), Fazenda Surpresa, Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.
Figure 8 - Sampling plots (white squares), Farm Surprise, Sun City of Dom Eliseu, northeastern state of Pará.

O solo foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico típico, textura muito argilosa, A moderado, fase relevo plano, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

O clima foi classificado de acordo com Köppen como do tipo Awi, clima tropical chuvoso, com expressivo período de estiagem, sendo o trimestre mais seco nos meses de 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 do município de Dom Eliseu é de 1638 mm, entretanto, há uma grande variabilidade espacial na região, podendo a precipitação anual média variar de 1445 à 2030 mm dentro do município (HIJMANS et al., 2005) (Tabela 1).

Tabela 1 - Precipitação pluviométrica mensal (mm) da região de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.

Table 1 - Monthly rainfall in the region of Dom Eliseu, northeastern state of Para.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2007	62	327	313	410	40	30	0	0	0	43	140	160	1525
2008	297	223	597	243	202	48	0	0	0	0	145	250	2005
2009	279	480	348	467	335	45	13	18	0	5	0	237	2227
2010	175	100	219	278	173	0	35	5	0	56	100	146	1287
Média 2007-2010	203	283	379	350	188	32	12	6	0	26	96	198	1761
Média Histórica*	240	268	360	311	113	22	8	12	12	37	91	164	1638

Fonte: Fazenda BONAL - Br-222 - Km 21 - Município: Dom Eliseu - Pará.

* Média Histórica de Precipitação de janeiro de 1982 a dezembro de 2010

A estrutura geológica é representada por sedimentos Cretácicos, da Formação Itapecuru, com predominância de arenitos vermelhos, caulínicos, argilitos e calcário margoso fossilífero, com sedimentação Terciária, que constitui a Formação Barreiras, a de maior importância econômica para o Município, pois nela estão contidos expressivos chapadões bauxilíferos, completando sua estruturação com os depósitos inconsolidados do Quaternário Sub-atual e Recente (IBGE, 2008).

3.2.1.1 Floresta Nativa

No ecossistema com floresta nativa verificou-se o predomínio de espécies invasoras (pioneiras) como o Lacre (*Vismia* sp.), além de diversas espécies herbáceas, indicando que o ecossistema encontra-se em estágios iniciais de sucessão florestal. Segundo informações verbais do proprietário da fazenda a floresta nativa tem aproximadamente 15 anos sob regime de recomposição (Figura 9).



Figura 9 - Vista lateral da floresta nativa da Fazenda Surpresa, Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.

Figure 9 - Side view of the native forest of Farm Surprise, Sun City of Dom Eliseu, northeastern state of Pará.

Antes da instalação do reflorestamento a área de estudo foi manejada com pastagem (Figura 10), na qual o proprietário utilizava calagem. Todavia, em função do pisoteio do gado a mesma encontrava-se em elevado grau de degradação, com muitas espécies invasoras e solos compactados e adensados.



Figura 10 - Sistema de uso anterior ao plantio de reflorestamento com clones de *Eucalyptus*, da Fazenda Surpresa, Município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.

Figure 10 - System for use prior to planting of reforestation with *Eucalyptus* clones, Farm Surprise, Sun City of Dom Eliseu, northeastern state of Pará.

3.2.1.2 Reflorestamento com clones de *Eucalyptus*

O estudo foi desenvolvido utilizando dois talhões comerciais clonais (Clone 1 e Clone 2) de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, plantados em áreas contíguas sob as mesmas condições climáticas, edáficas, época de plantio (cronológica) e manejo silvicultural (espaçamento adotado de 3 m x 3 m – 9m²). Os plantios foram realizados no mês de março e abril de 2007, respectivamente para o Clone 1 e Clone 2.

Para o preparo de solo foi realizada a aplicação de herbicida pós-emergente em área total, subsolagem com fosfatagem, sulcamento cruzado e combate à formiga. As quantidades de nutrientes fornecidas via adubação são apresentadas na Tabela 2, sendo as mesmas divididas em quatro operações, a saber: subsolagem, arranque, cobertura e manutenção, sendo realizadas respectivamente no tempo 0 e 5, 30 e 360 dias após o plantio.

Tabela 2 – Quantidade de nutrientes fornecida pelo Programa de Adubação da Vale Florestar S/A, Junho-2011.

Table 2 - Amount of nutrients provided by fertilizer programs Vale Florestar S/A, June, 2011.

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Zn
----- kg ha ⁻¹ -----								
18,6	19,7	112,6	92,6	0,3	3,5	3,3	0,4	0,8

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi implantado em delineamento inteiramente ao acaso com tratamentos fatoriais, no esquema 3 x 4, sendo três áreas, duas com plantios de híbridos *E. grandis* x *E. urophylla* (Clone 1 – C1 e Clone 2 – C2) e uma de floresta nativa (FN) com quatro avaliações anuais, sob as mesmas condições climáticas e sobre o mesmo tipo de solo. As parcelas experimentais, em dez repetições por cobertura vegetal, têm área de 900 m² (30 m x 30 m) cada, perfazendo um total de 30 parcelas permanentes.

3.2.3 Coleta de dados

A coleta de dados das variáveis edáficas procedeu-se em quatro épocas (Tabela 10). A amostra de solo foi coleta na forma de amostra composta (500 g), para qual foram coletadas cinco amostras simples nas profundidades de 0 a 20 cm, 20 a 40 cm e de 40 a 60 cm, dentro das parcelas experimentais, num caminhar em “zig zag”, a fim de abranger toda área da parcela pela amostragem.

Tabela 10 - Período de coleta das variáveis edáficas e idade do povoamento, município de Dom Eliseu, Nordeste do Estado do Pará.

Table 10 - Period of collection of soil variables and age of the stand, city of Dom Eliseu, northeastern state of Pará.

Coleta	Ano de Coleta	Mês	Idade	
			Clone 1	Clone 2
1 ^a	2007	Julho	4 meses	5 meses
2 ^a	2009	Agosto	29 meses	30 meses
3 ^a	2010	Março	36 meses	37 meses
4 ^a	2011	Março	48 meses	49 meses

Após a coleta as amostras foram enviadas ao laboratório de solos da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e, posteriormente, secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm de malha e quimicamente analisadas.

Os procedimentos laboratoriais seguiram a metodologia da Embrapa (1997) para análise química dos nutrientes, nas quais foram analisados ou determinados os seguintes atributos para avaliação da fertilidade do solo: pH, Acidez trocável (Al^{3+}), Acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), Matéria orgânica (C), Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P disponível, Soma das Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%). Os teores de Ca e Mg foram extraídos utilizando a solução de KCl 1 mol L⁻¹ e mensuração por titulometria com EDTA 0,0125 mol. L⁻¹. Para a extração do Al trocável, utilizou-se a solução de KCl 1 mol. L⁻¹ e analisado por titulometria com NaOH 0,025 mol L⁻¹. Os teores de P e K trocáveis foram verificados com a solução extratora de Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹), utilizando para os quais colorimetria e fotômetro de chama, respectivamente. Foi verificada a acidez potencial (H+Al), através da extração obtida com CH₃COO₂Ca 0,5 mol L⁻¹ e mensuração por titulometria com solução de NaOH 0,025

mol L⁻¹. Para a determinação de pH em água foi utilizada a proporção de 1:2,5 (solo:água). Já os parâmetros CTC pH 7, SB, V% e m% foram calculados a partir dos valores encontrados na análise química do solo.

3.2.4 Análise Estatística dos dados

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 (ANAVA), 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.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos químicos analisados indicam que a fertilidade do solo, na profundidade do perfil de 0 a 0,20 m, variou significativamente pelo teste F, com exceção do Al⁺³, H⁺+Al⁺³ e o K⁺ para a fonte de variação sistema de uso do solo (Tabela 11).

Tabela 11 - Quadrado médio da ANAVA de atributos químicos, na profundidade de 0 a 0,20 m, de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo em distintos períodos de avaliação, no Nordeste do Estado do Pará.

Table 11 - ANOVA Mean Square of chemical attributes in depth from 0 to 0.20 m, a Yellow Oxisol under different land use systems in different stages of evaluation, in northeastern Pará State.

FV	GI	pHH ₂ O	pHKCl	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%	m%
Ano	3	2,20 *	1,72 *	2379,76 *	16,2 *	0,13 *	15,99 *	7,75 *	0,10 *	10,36 *	37,87 *	23,22 *	3431,29 *	514,25 *
SU	2	0,73 *	1,46 *	143,16 *	6,79 *	0,02 ns	4,94 *	1,96 *	0,06 ns	2,48 ns	8,79 *	8,08 *	566,4 *	13,47 *
Ano*SU	6	1,35 *	0,52 *	125,23 *	2,40 *	0,11 *	6,27 *	2,57 *	0,15 *	4,21 *	14,99 *	19,49 *	1020,69 *	509,77 *
Erro	108	0,17	0,18	45,99	1,17	0,02	1,1	0,29	0,03	0,95	1,24	1,31	101,71	85,72

Onde: FV= fonte de variação; SU: sistema de uso; ns = não significativo; * Significativo (5% de probabilidade) pelo teste F; M.O: matéria orgânica; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

Na Tabela 12, as variáveis P e K na camada de 0,20 m a 0,40 m indicaram não haver diferenças estatisticamente significantes pelo teste F para todas as fontes de variação testadas.

O demais nutrientes contidos na Tabela 12 apresentaram diferenças estatísticas para todas as fontes de variação.

Tabela 12 - Quadrado médio da ANOVA de atributos químicos, na profundidade de 0,20 a 0,40 m, de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo em distintos períodos de avaliação, no Nordeste do Estado do Pará.

Table 12 - ANOVA Mean Square of chemical attributes in depth from 0,20 to 0,40 m, a Yellow Oxisoil under different land use systems in different stages of evaluation, in northeastern Pará State.

FV	GI	pH _{H₂O}	pH _{KCl}	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%	m%
Ano	3	1,37 *	2,66 *	918,02 *	9,13 ns	0,06 ns	3,34 *	5,5 *	0,14 *	7,6 *	10,14 *	2,90 ns	2396,04 *	1543,08 *
SU	2	0,79 *	1,38 *	151,59 *	2,47 ns	0,08 ns	2,65 *	1,21 *	1,18 *	13,42 *	2,72 *	11,93 *	1317,54 *	2268,89 *
Ano*SU	6	0,73 *	0,24 *	120,93 *	6,44 ns	0,03 ns	2,97 *	1,64 *	0,28 *	3,6 *	5,32 *	5,96 *	906,45 *	1089,89 *
Erro	108	0,12	0,09	21,68	6,73	0,03	0,64	0,25	0,04	0,64	0,78	1,39	116,51	175,03

Onde: FV= fonte de variação; SU: sistema de uso; ns = não significativo; *Significativo (5% de probabilidade) pelo teste F; M.O: matéria orgânica; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

Na profundidade de 0,40 m a 0,60 m verificou-se que os sistemas de uso não tiveram influência sobre as variáveis SB e Ca. Quanto ao ano de avaliação, apenas o Al⁺³ não foi estatisticamente diferentes (Tabela 13).

Tabela 13 - Quadrado médio da ANOVA de atributos químicos, na profundidade de 0,40 a 0,60 m, de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo em distintos períodos de avaliação, no Nordeste do Estado do Pará.

Table 13 - ANOVA Mean Square of chemical attributes in depth from 0,40 to 0,60 m, a Yellow Oxisoil under different land use systems in different stages of evaluation, in northeastern Pará State.

FV	GI	pH _{H₂O}	pH _{KCl}	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%	m%
Ano	3	1,05 *	2,33 *	649,59 *	2,83 *	0,03 *	3,60 *	7,32 *	0,12 ns	13,78 *	7,15 *	13,17 *	2623,64 *	655,49 *
SU	2	0,90 *	1,85 *	162,94 *	4,00 *	0,02 *	1,76 ns	2,60 *	1,00 *	17,86 *	2,20 ns	23,24 *	493,79 *	562,78 *
Ano*SU	6	1,09 *	0,63 *	82,33 *	6,07 *	0,01 *	2,51 *	2,34 *	0,22 *	4,00 *	4,24 *	19,95 *	923,61 *	872,71 *
Erro	108	0,17	0,13	28,78	0,4	0	0,94	0,22	0,05	0,6	1,14	1,7	117,64	154,52

Onde: FV= fonte de variação; SU: sistema de uso; ns = não significativo; *Significativo (5% de probabilidade) pelo teste F; M.O: matéria orgânica; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.

Considerando a profundidade de 0 a 0,20 m, onde a dinâmica de nutrientes é mais ativa devido influência da ciclagem biogeoquímica, observaram-se maiores valores de pH H₂O no solo com reflorestamento, sendo da ordem de 5,90, 5,83 e 5,56 un, respectivamente para o clone 2 no ano de 2009, clone 2 no ano de 2010 e clone 1 no ano 2007. No ano de 2011 os clones 1 e 2 apresentaram os valores de 4,65 e 4,83, respectivamente, sendo considerados os mais ácidos para a variável aqui discutida. A floresta nativa manteve-se com o pH H₂O estatisticamente igual em todo período avaliado (Tabela 14 e Figura 11).

Tabela 14 - Teores médios dos atributos químicos, na profundidade de 0 a 0,20 m, de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo em distintos períodos de avaliação, no Nordeste do Estado do Pará.

Table 14 - Average contents of chemical attributes in depth from 0 to 0.20 m, a Yellow Oxisoil under different land use systems in different stages of evaluation, in northeastern Pará State.

Ano	SU	pH		MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
		H2O	KCl											
2007	CI	5,56 ab	5,09 a	18,07 f	0,53 bcd	0,14 ab	1,65 bc	0,64 b	0,53 ab	3,92 cd	2,43 cd	6,35 bc	37,45 bcd	9,98 bcd
	C2	4,93 cd	5,04 ab	27,22 cde	0,52 bcd	0,13 ab	1,39 bc	0,22 b	0,42 abc	4,18 bcd	1,74 cd	5,92 bc	29,11 cde	20,3 abc
	FN	5,28 b	4,52 bcd	19,25 f	0,5 bcd	0,07 b	1,06 bc	0,66 b	0,59 a	4,66 bc	1,78 cd	7,45 b	23,15 e	27,6 a
2009	CI	5,16 bcd	4,53 bcd	31,21 cd	1,22 abcd	0,26 a	0,89 bc	0,26 b	0,27 c	5,57 a	1,41 cd	6,98 bc	19,79 e	18,18 abcd
	C2	5,91 a	5,07 ab	34,42 bc	1,79 ab	0,19 ab	0,65 c	0,38 b	0,29 bc	5,46 ab	1,22 d	6,68 bc	17,78 e	22,54 ab
	FN	5,35 b	4,63 abcd	32,55 bc	1,64 abc	0,24 ab	0,96 bc	0,49 b	0,31 bc	4,98 abc	1,69 cd	6,67 bc	25,23 de	15,58 abcd
2010	CI	5,08 bcd	4,28 cd	39,31 ab	1,92 ab	0,21 ab	0,92 bc	0,39 b	0,27 c	4,2 bcd	1,52 cd	5,73 c	25,33 de	19,09 abc
	C2	5,83 a	4,81 abc	42,52 a	2,5 a	0,14 ab	3,91 a	1,9 a	0,29 bc	4,19 bcd	5,95 a	10,15 a	57,44 a	5,81 d
	FN	5,09 bcd	4,2 d	43,21 a	2,05 a	0,12 ab	2,37 b	2,11 a	0,4 abc	4,81 abc	4,61 b	9,42 a	49,6 ab	8,19 cd
2011	CI	4,65 d	4,29 cd	23,86 def	0,09 d	0,07 b	2,08 bc	0,62 b	0,54 ab	4,62 abcd	2,78 cd	7,4 b	37,5 bcd	17,19 abcd
	C2	4,83 cd	4,4 cd	21,64 ef	2,1 a	0,09 ab	2,36 b	0,43 b	0,32 bc	3,39 d	2,89 c	6,28 bc	45,5 b	11,15 bcd
	FN	5,05 bcd	4,5 bcd	30,3 cd	0,3 cd	0,09 ab	2,12 bc	0,42 b	0,3 bc	3,76 cd	2,63 cd	6,38 bc	40,87 bc	10,59 bcd

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ($\alpha = 0,05$).

Onde: CI = Clone 1; C2 = Clone 2 e FN = Floresta Nativa.

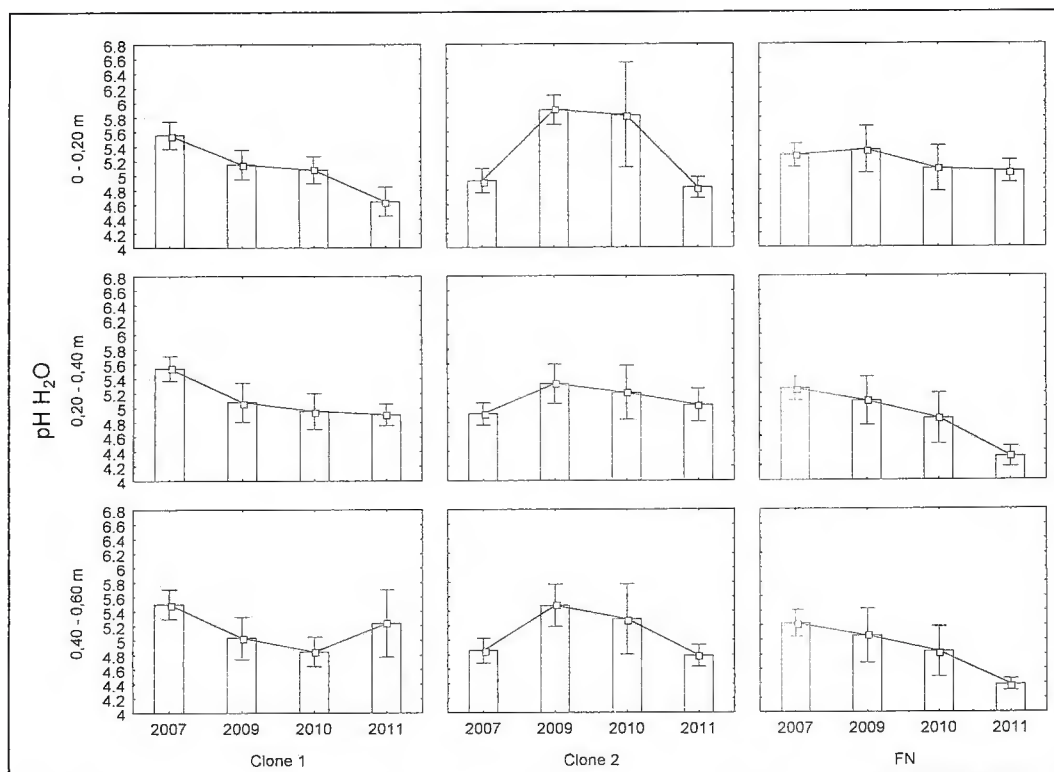


Figura 11 - Média do pH H₂O por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.

Figure 11 - Mean of pH H₂O from depth, stages of evaluation and system of land use of Yellow Oxisoil, in northeastern Pará State.

Nas profundidades de 0,20 m a 0,40 m e 0,40 m a 0,60 m, os maiores valores de pH H₂O foram observados no ano de 2007, no solo com o clone 1 e, os menores, no ano de 2011, em floresta nativa. As demais avaliações e seus referentes sistemas de manejo não diferiram estatisticamente (Tabela 15 e 16 e Figura 11).

Na profundidade de 0 a 0,20 m, verificou-se que os maiores valores de pH KCl são presentes nos sistemas de uso do solo com reflorestamento, os quais são da ordem de 5,09, 5,07 e 5,04 un, respectivamente para o clone 1 no ano de 2007, clone 2 no ano de 2009, e clone 2 no ano 2007. Já, os menores valores de pH KCl foram observados nos anos de 2010 na floresta nativa e em 2011 no clones 1, sendo de 4,20 e 4,29, respectivamente (Tabela 14 e Figura 12).

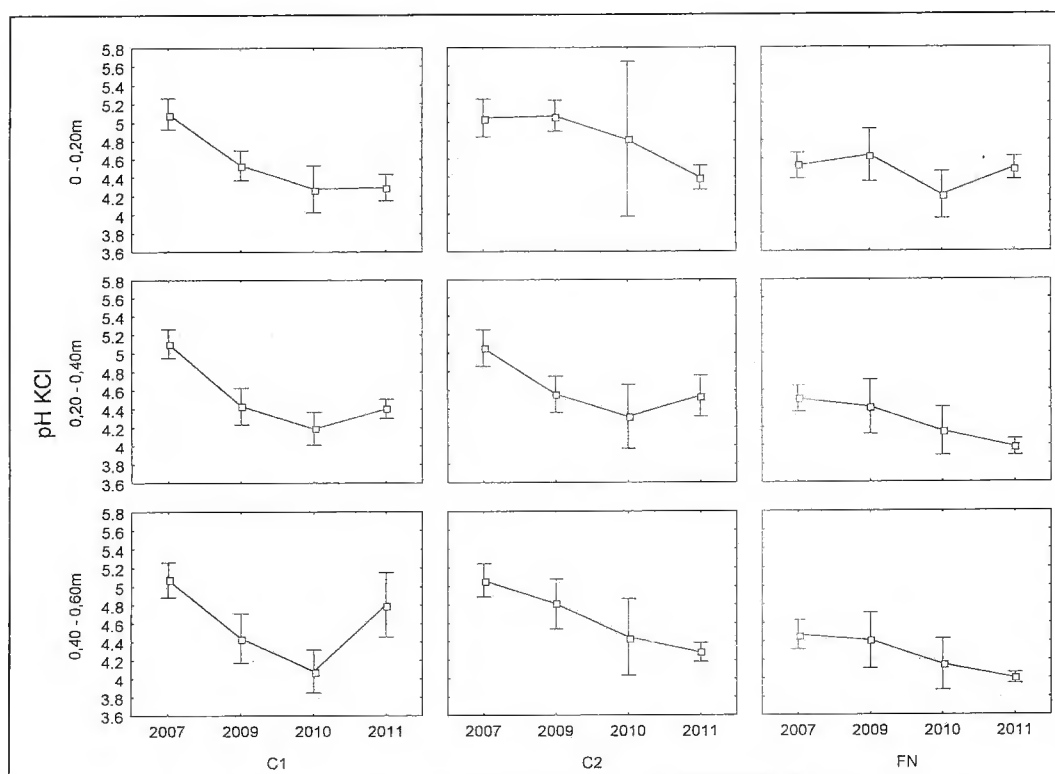


Figura 12 - Média do pH KCl por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.

Figure 12 - Mean of pH KCl from depth, stages of evaluation and system of land use of Yellow Oxisoil, in northeastern Pará State.

Nas profundidades de 0,20 m a 0,40 m e 0,40 m a 0,60 m, os maiores valores de pH KCl foram observados no ano de 2007, no sistema de uso com o clone 2 e clone 1 (Tabela 15 e 16). Os menores valores de médias foram apresentados no ano de 2011 em floresta nativa, sendo esses valores da ordem de 3,98 e 4,00 un, respectivamente para a camada do solo de 0,20 m a 0,40 m e de 0,40 m a 0,60 m. As demais avaliações e seus referentes sistemas de manejo não diferiram estatisticamente (Tabela 15 e 16 e Figura 12). Considerando todas as fontes de variações, os valores de pH H₂O e pH KCl são definidos como baixos caracterizando a elevada acidez natural dos solos da Região Amazônica (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

Tabela 15 - Teores médios dos atributos químicos, na profundidade de 0,20 a 0,40 m, de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo em distintos períodos de avaliação, no Nordeste do Estado do Pará.

Table 15 - Average contents of chemical attributes in depth from 0,20 to 0,40 m, a Yellow Oxisoil under different land use systems in different stages of evaluation, in northeastern Pará State.

Ano	SU	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
		H ₂ O	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³				cmolcdm ⁻³					%
2007	CI	5,54 a	16,76 ef	0,45 ns	0,13 ns	1,60 ab	0,46 c	0,25 c	3,87 bcd	2,19 bcd	6,07 ab	36,14 abc	10,18 d
	C2	4,91 b	25,74 bcd	0,42 ns	0,12 ns	1,27 ab	0,25 c	0,42 bc	4,04 bc	1,64 de	5,68 ab	28,86 bcd	20,59 cd
	FN	5,26 ab	18,81 def	0,48 ns	0,05 ns	0,93 bc	0,51 c	0,61 b	5,67 a	1,50 de	7,17 a	20,90 de	28,87 abc
2009	CI	5,08 b	14,62 f	0,61 ns	0,27 ns	0,21 c	0,16 c	0,38 bc	4,42 b	0,64 e	5,06 b	12,31 e	38,10 ab
	C2	5,33 ab	19,06 def	0,29 ns	0,14 ns	1,53 ab	0,51 c	0,39 bc	4,11 bc	2,18 bcd	6,29 ab	33,42 bcd	17,54 cd
	FN	5,08 b	18,32 ef	1,20 ns	0,18 ns	1,38 ab	0,13 c	0,53 bc	4,31 b	1,69 de	6,00 ab	23,79 cde	39,86 a
2010	CI	4,96 b	28,52 abc	1,03 ns	0,23 ns	1,10 abc	0,44 c	0,34 bc	3,12 cd	1,77 cde	4,89 b	31,86 bcd	23,19 bcd
	C2	5,20 ab	32,96 a	0,71 ns	0,05 ns	1,71 ab	1,39 b	0,35 bc	3,32 bcd	3,15 ab	6,47 ab	48,95 a	10,69 d
	FN	4,85 b	29,44 ab	1,32 ns	0,09 ns	1,46 ab	1,85 a	0,41 bc	3,64 bcd	3,39 a	6,43 ab	48,12 a	11,32 d
2011	CI	4,91 b	22,25 cde	2,96 ns	0,10 ns	2,20 a	0,61 c	0,32 bc	4,12 bc	2,90 abc	7,03 a	41,12 ab	10,81 d
	C2	5,03 b	19,04 def	1,96 ns	0,09 ns	2,22 a	0,29 c	0,27 c	2,92 d	2,61 abcd	5,53 ab	47,94 a	9,71 d
	FN	4,32 c	27,47 abc	0,25 ns	0,12 ns	1,08 abc	0,57 c	0,99 a	5,24 a	1,77 cde	7,01 a	24,83 cde	38,32 ab

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ($\alpha = 0,05$).

Onde: C1 = Clone 1; C2 = Clone 2 e FN = Floresta Nativa.

Tabela 16 - Teores médios dos atributos químicos, na profundidade de 0,40 a 0,60 m, de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo em distintos períodos de avaliação, no Nordeste do Estado do Pará.

Table 16 - Average contents of chemical attributes in depth from 0,40 to 0,60 m, a Yellow Oxisoil under different land use systems in different stages of evaluation, in northeastern Pará State.

Ano	SU	pH		MO g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
		H2O	KCl											
2007	CI	5,50 a	5,08 a	16,35 cd	0,47 b	0,13 ab	1,50 ab	0,50 d	0,26 c	3,88 b	2,13 abc	6,01 abc	35,47 bc	10,83 c
	C2	4,86 bc	5,06 a	26,48 a	0,46 b	0,11 abc	1,27 ab	0,21 d	0,45 bc	4,06 b	1,60 bc	5,65 bc	28,24 cd	21,91 abc
	FN	5,22 ab	4,47 bc	18,05 bcd	0,35 b	0,05 cd	0,85 b	0,57 cd	0,64 b	5,68 a	1,47 bc	7,14 ab	20,52 d	30,38 ab
2009	CI	5,04 ab	4,44 bc	12,70 d	0,52 b	0,17 a	1,91 ab	0,58 cd	0,53 bc	4,06 b	2,66 abc	6,72 abc	32,86 bcd	25,87 abc
	C2	5,48 a	4,81 ab	15,74 cd	0,40 b	0,12 abc	0,75 b	0,36 d	0,41 bc	3,92 b	1,23 c	5,16 c	23,42 cd	31,89 ab
	FN	5,05 ab	4,41 bc	15,25 cd	0,58 b	0,13 ab	1,89 ab	1,12 bc	0,63 b	3,95 b	1,14 c	7,09 ab	43,48 ab	16,98 bc
2010	CI	4,85 bc	4,09 c	24,13 ab	0,61 b	0,09 bcd	1,07 ab	1,38 b	0,47 bc	2,61 c	2,54 abc	5,15 c	49,05 a	16,15 bc
	C2	5,29 ab	4,45 bc	27,16 a	0,45 b	0,04 d	1,54 ab	1,22 b	0,31 bc	2,82 c	2,80 ab	5,62 bc	50,12 a	10,96 c
	FN	4,84 bc	4,15 c	25,68 a	0,83 b	0,07 bcd	1,19 ab	1,98 a	0,47 bc	3,30 bc	3,25 a	6,54 abc	48,95 a	13,85 c
2011	CI	5,24 ab	4,80 ab	20,95 abc	0,34 b	0,10 bcd	2,41 a	0,45 d	0,36 bc	3,09 bc	2,96 ab	6,06 abc	49,85 a	12,78 c
	C2	4,79 bc	4,28 c	20,70 abc	2,81 a	0,12 abc	2,17 ab	0,58 cd	0,37 bc	3,15 bc	2,87 ab	6,03 abc	48,05 a	11,71 c
	FN	4,38 c	4,00 c	25,26 a	0,18 b	0,04 d	1,33 ab	0,68 cd	0,94 a	5,49 a	2,04 abc	7,54 a	26,46 cd	34,06 a

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste SNK ($\alpha = 0,05$).

Onde: CI = Clone 1; C2 = Clone 2 e FN = Floresta Nativa.

No que tange à acidez do solo, verifica-se na literatura que o equilíbrio biogeoquímico existente na floresta nativa faz com que seus solos naturalmente ácidos não sejam fatores limitantes para o desenvolvimento biológico (LEPSCH, 1994; RAIJ, 1991). Para o eucalipto também não são observadas maiores restrições, pois para expressar seu máximo fisiológico, esse gênero tolera elevados níveis de acidez do solo (BARROS et al., 1990).

A razão que deve ser ressaltada no contexto de solos ácidos, principalmente nos plantios de eucalipto, é o desequilíbrio iônico entre as reações do solo e a capacidade de troca catiônica (CTC), em função da elevada acidez. Este desequilíbrio, quando não manejado pode reduzir a adsorção das bases trocáveis nos sítios de trocas dos colóides e, por conseguinte, acarretar saídas de nutrientes do sistema, principalmente o potássio, que apresenta alta mobilidade no perfil do solo (LOPES; GUILHERME, 1992; LOPES et al., 1991).

Os teores de MO na profundidade de 0 a 0,20 m foram significativamente superiores no ano de 2010 sob o clone 2 e floresta nativa, assumindo os valores de 43,21 e 42,52 g kg⁻¹, respectivamente. Todavia, os menores teores foram obtidos no ano de 2007 para o clone 1 e floresta secundária, 18,07 e 19,25 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 14).

Na profundidade de 0,20 m a 0,40 m, o maior valor de MO foi observado no ano de 2010 no solo com o clone 2 (Tabela 15). A menor média foi verificada no ano de 2009 no clone 1. Já na profundidade de 0,40 m a 0,60 m a MO expressou a maior média no ano 2010 sob o clone 2, mas esse valor não diferiu estatisticamente do clone 1 e floresta nativa desse mesmo ano e dos valores observados em todos os sistemas de uso no ano de 2011 e do clone 2 em 2007 (Tabela 16 e Figura 13).

Na camada do solo de 0 a 0,20 m a similaridade entre os sistemas de uso do solo, no que tange à matéria orgânica é um fator que corrobora para a sustentabilidade do plantio de eucalipto, quando comparada com a floresta nativa, uma vez que, essa profundidade do perfil é o ambiente onde ocorre intensa ciclagem de nutrientes advindos da matéria orgânica.

Assim, verifica-se que os teores de matéria orgânica são decrescentes ao longo do perfil, razão pela qual a oxigenação microbiológica é reduzida, alterando negativamente a mineralização da matéria orgânica e, por conseguinte a disponibilidade de nutrientes e a adição da fração coloidal para corroborar na CTC do solo (LOPES; GUILHERME, 1992).

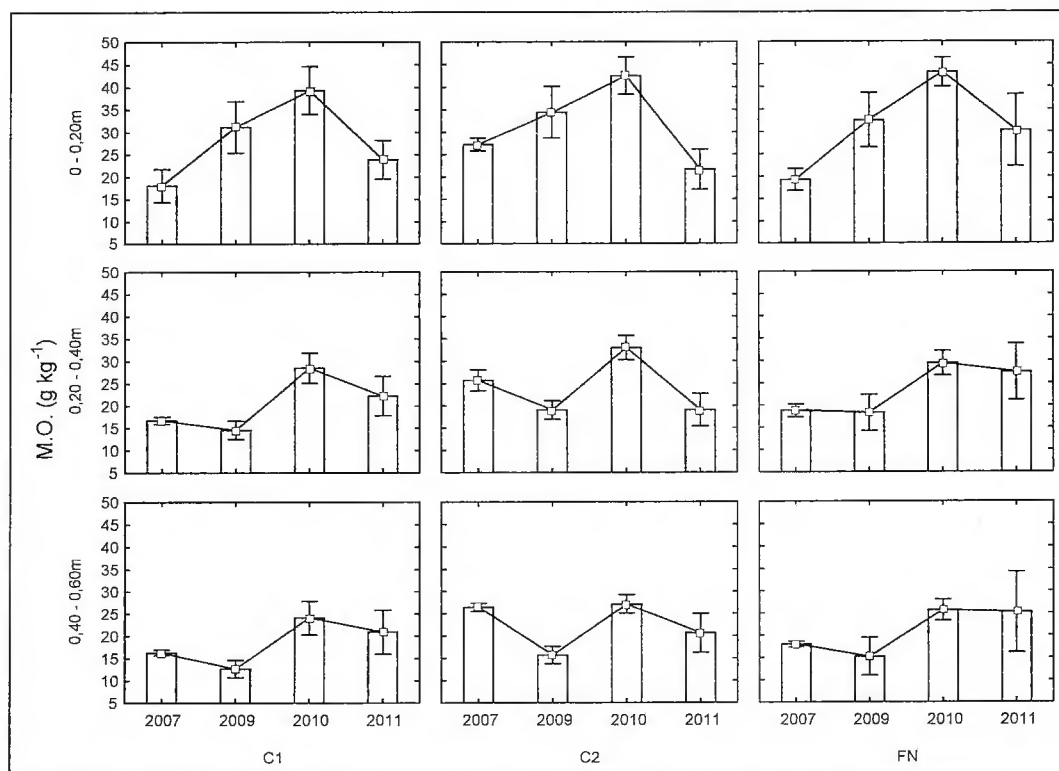


Figura 13 - Média da MO por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.

Figure 13 - Mean of OM from depth, stages of evaluation and system of land use of Yellow Oxisoil, in northeastern Pará State.

Na camada de 0 a 0,20 m, o fósforo disponível apresentou maiores teores nos anos de 2010 e 2011, nas quantidades de 2,5 e 2,1 mg dm⁻³, respectivamente, ambos sob plantio do clone 2. Nessa profundidade, o menor teor foi observado no ano de 2011 com sistema de uso com o clone 1 (Tabela 14). Esse elemento não apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos aplicados na profundidade de 0,20 m a 0,40 m, enquanto que na profundidade de 0,40 m a 0,60 m apresentou a maior média (2,8 mg dm⁻³) no ano de 2011 com o clone 2, diferindo significativamente das médias obtidas nas demais interações (Tabela 15 e 16 e Figura 14).

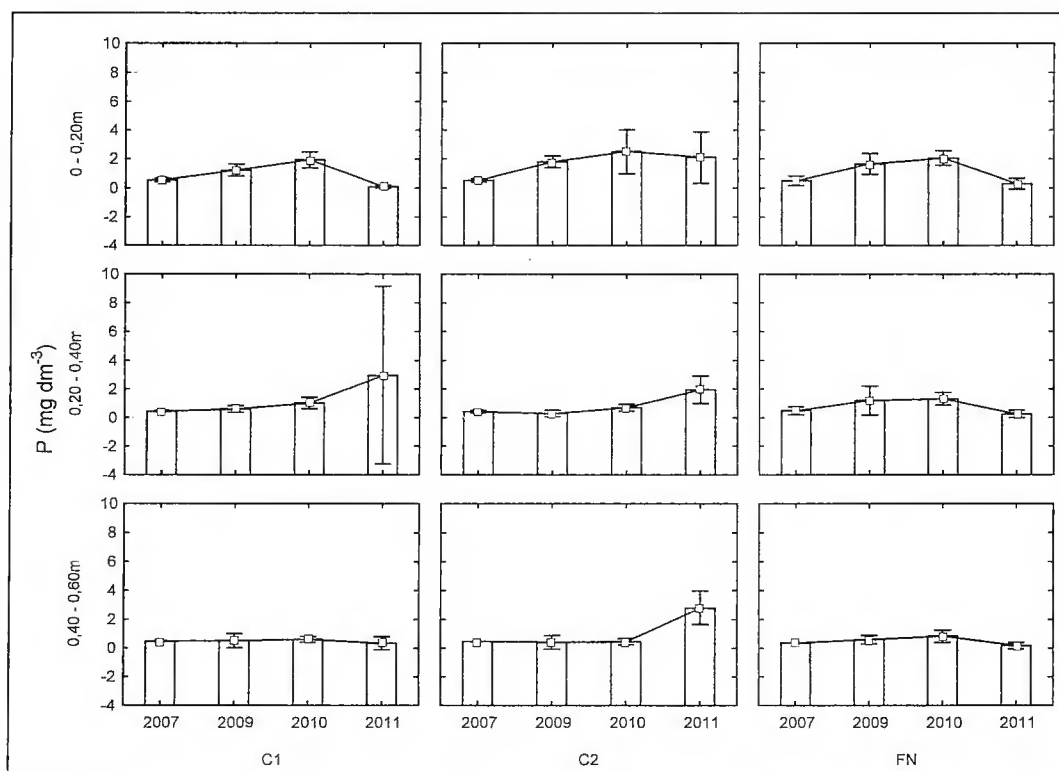


Figura 14 - Média do P por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.

Figure 14 - Mean of P from depth, stages of evaluation and system of land use of Yellow Oxisoil, in northeastern Pará State.

A similaridade estatística entre os sistemas de uso do solo, também foi observada para as variáveis P e K^+ localizadas na camada de 0,20 m a 0,40 m, fato que indica a estabilização desses elementos nessa profundidade, durante todos os períodos de avaliação (Tabela 15). De forma que, o P na forma de $H_2PO_4^-$ apresenta afinidade para adsorção na fração coloidal da matéria orgânica, razão esta que inviabiliza a fixação do mesmo pelos óxidos de ferro e alumínio (RICHTER; BABBAR, 1991; SZOTT et al., 1991; CHAUVEL et al., 1987; GALVÃO; CATE JUNIOR, 1969). Quanto à concentração de K na camada de 0,20 m a 0,40 m, acredita-se que a adsorção do mesmo nessa profundidade seja em razão da sua eletroafinidade com as cargas negativas das arestas de argilas (LOPES; GUILHERME, 1992; LOPES et al., 1991; RAIJ, 1991).

Na camada de 0 a 0,20 m, somente no Clone 1, nos anos 2009 e 2011, o potássio diferenciou-se estatisticamente apresentando, respectivamente o maior e o menor valor (Tabela 14). Na profundidade de 0,20 a 0,40 m o K^+ não foi influenciado significativamente por nenhum dos tratamentos (Tabela 15). Todavia, na camada de 0,40 a 0,60 m observou-se

uma grande variabilidade no tempo, na qual o maior valor foi de ordem de $0,17 \text{ cmolc dm}^{-3}$, no clone 1 em 2009, e o menores valores sendo encontrados nos anos de 2010 e 2011, nos sistemas de uso com clone 1 e floresta nativa (Tabela 16 e Figura 15).

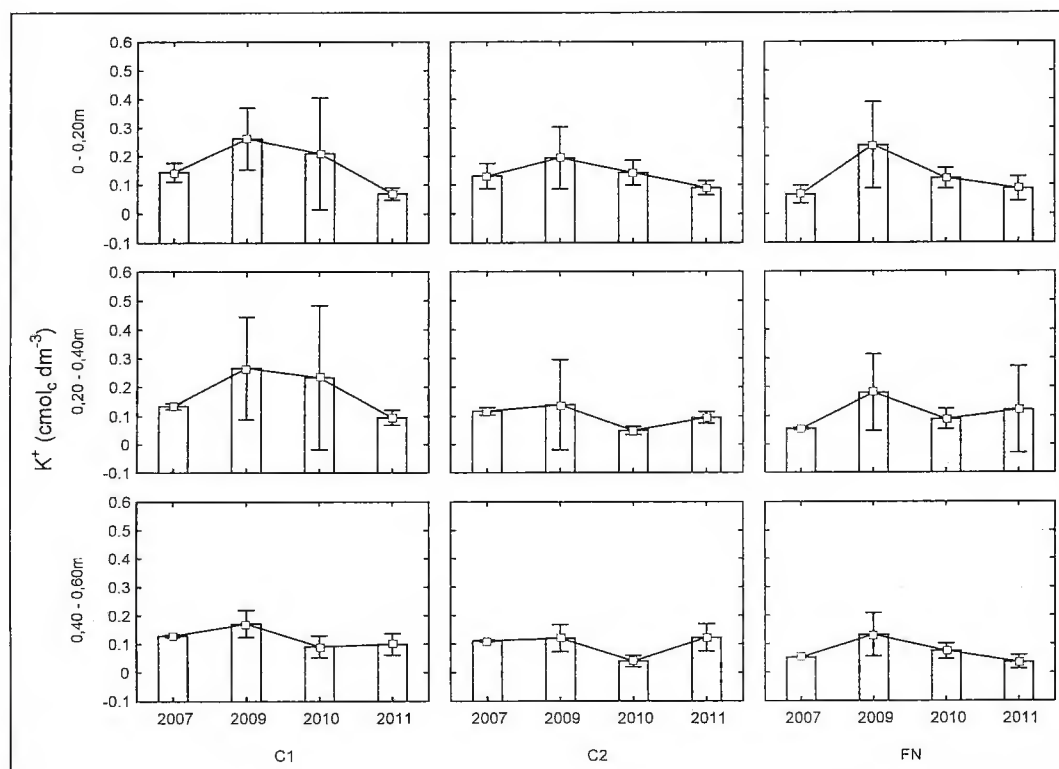


Figura 15 - Média do K^+ por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.

Figure 15 - Mean of K^+ from depth, stages of evaluation and system of land use of Yellow Oxisoil, in northeastern Pará State.

Alguns dos atributos químicos do solo que denotam sustentabilidade do manejo, tais como magnésio trocável, soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases, foram superiores no ambiente de floresta nativa, denotando a estabilidade desse ecossistema na manutenção do equilíbrio da fertilidade do solo (Figura 16, 17, 18 e 19).

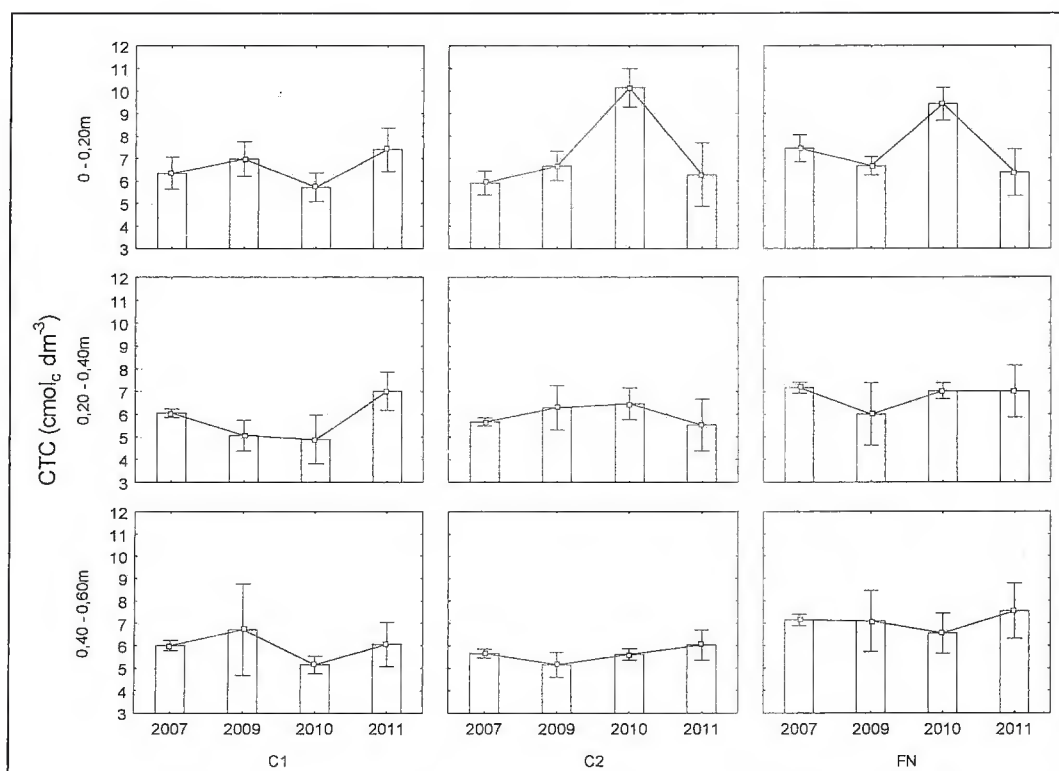


Figura 16 - Média da CTC por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.

Figure 16 - Mean of CEC from depth, stages of evaluation and system of land use of Yellow Oxisoil, in northeastern Pará State.

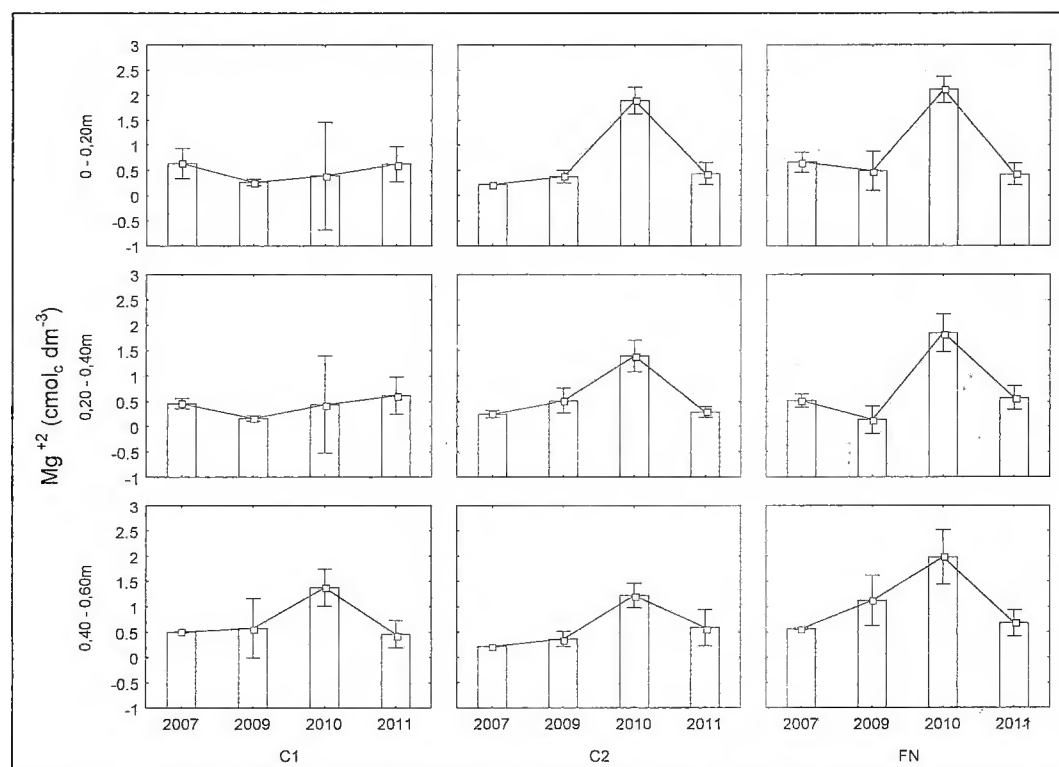


Figura 17 - Média do Mg⁺² por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.

Figure 17 - Mean of Mg⁺² from depth, stages of evaluation and system of land use of Yellow Oxisoil, in northeastern Pará State.

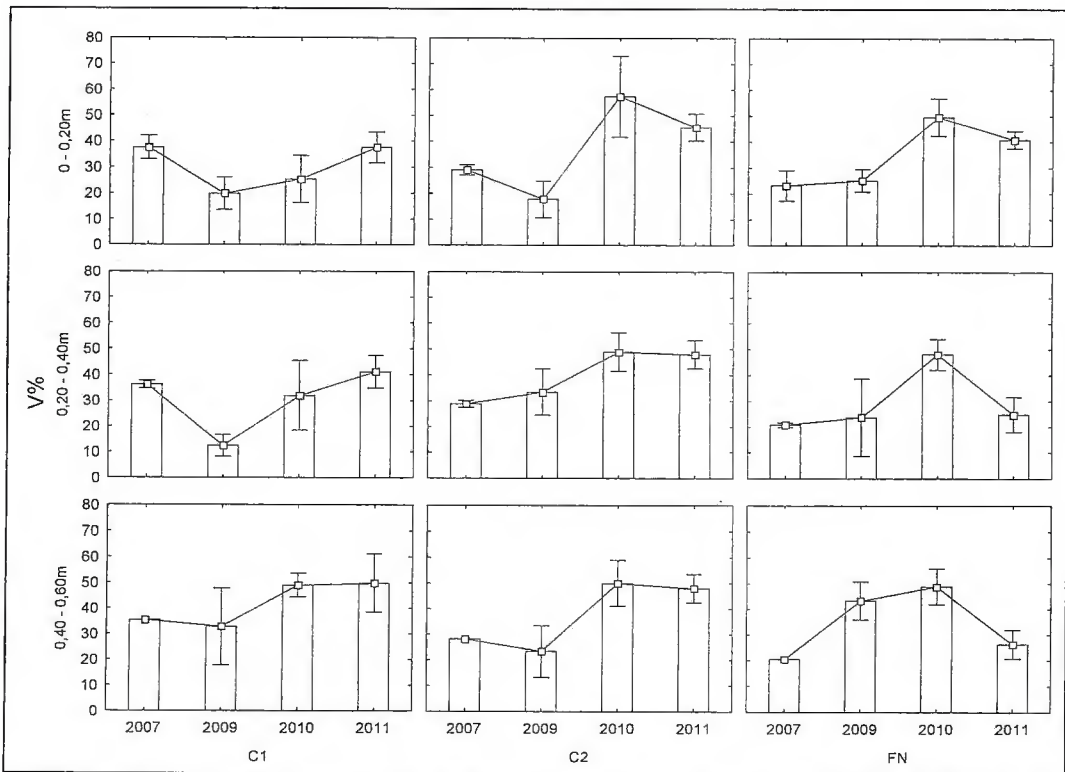


Figura 18 - Média da V% por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.

Figure 18 - Mean of V% from depth, stages of evaluation and system of land use of Yellow Oxisoil, in northeastern Pará State.

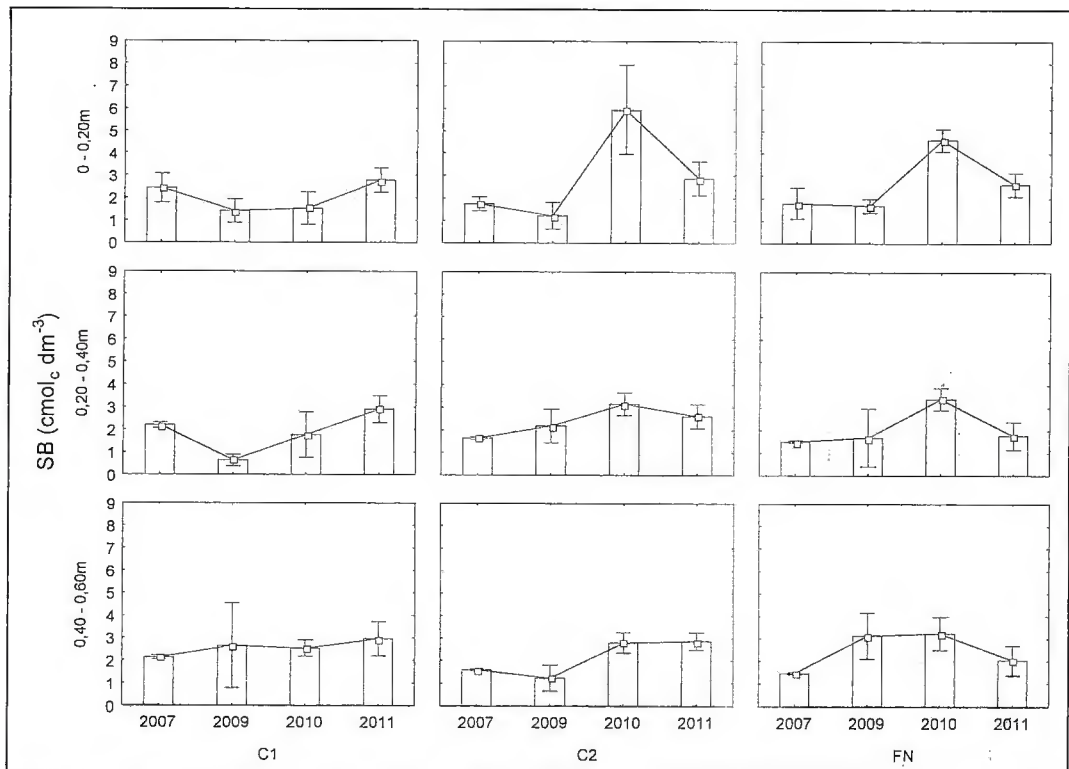


Figura 19 - Média da SB por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.

Figure 19 - Mean of SB from depth, stages of evaluation and system of land use of Yellow Oxisoil, in northeastern Pará State.

Na maior parte das interações obtidas nesse estudo, os valores das variáveis pH KCl, MO, K, Ca, Mg e T foram similares aos encontrados por Bianchini et al. (2008), com 4,9, 23g kg⁻¹, 0,12 Cmol_c dm⁻³, 2,9 Cmol_c dm⁻³, 0,7 Cmol_c dm⁻³ e 6,8 Cmol_c dm⁻³, respectivamente, sendo estes, resultados de uma pesquisa que buscou avaliar os atributos químicos do solo como subsídio no balanço nutricional no sistema solo-planta de dois clones de *Eucalyptus* sp. de alta produtividade na região de Imperatriz, Estado do Maranhão, área localizada nas adjacências do município de Dom Eliseu.

Com o decorrer dos anos de avaliação, os plantios com reflorestamento, principalmente o clone 2, denotam significativo aumento nos teores de cálcio (Figura 20) e fósforo dentro de cada profundidade. Especificamente, para as florestas plantadas com eucalipto esse input de nutrientes pode ser relacionado com a solubilização e absorção do fosfato natural reativo, que é depositado no fundo do sulco de subsolagem.

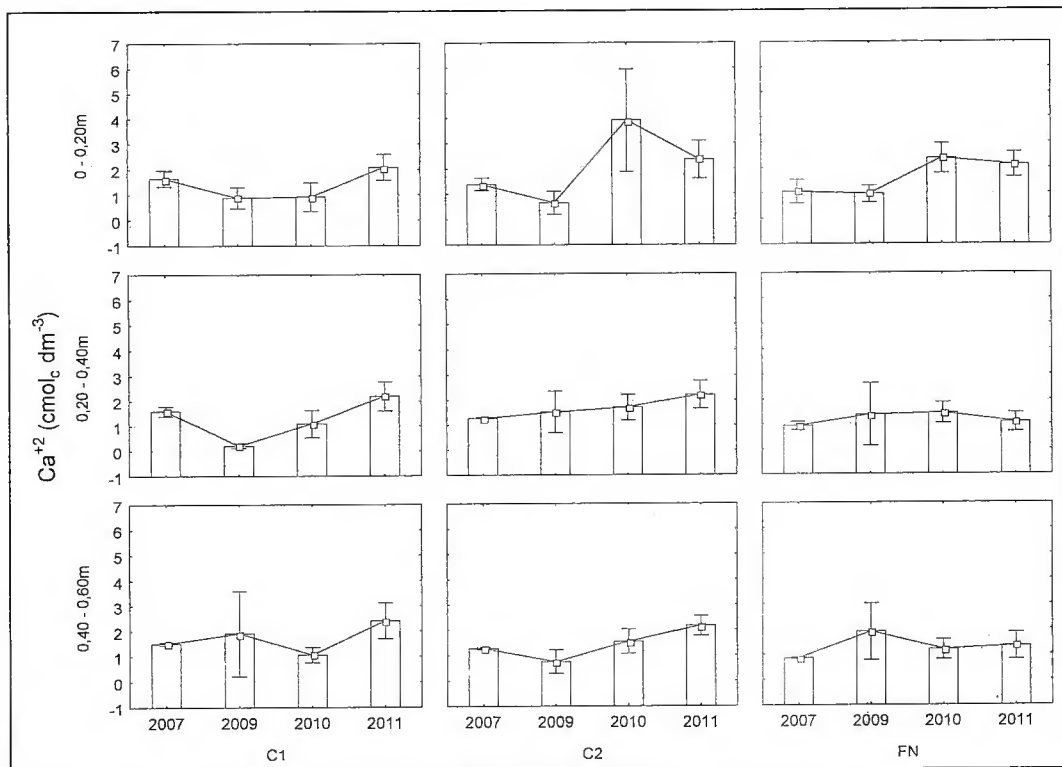


Figura 20 - Média do Ca⁺² por profundidade, período de avaliação e sistema de uso do solo de um Latossolo Amarelo, no Nordeste do Estado do Pará.

Figure 20 - Mean of Ca⁺² from deph, stages of evaluation and system of land use of Yellow Oxisoil, in northeastern Pará State.

Assim, acredita-se que à medida que a colonização radicular intercepta o insumo e o mesmo reagem quimicamente com a acidez do solo, este é assimilado na constituição química do vegetal e ciclado naturalmente pelo mesmo, tornando-se input na fertilidade do solo. Esse

cenário de ciclagem biogeoquímica também é observado em florestas nativas, sendo o principal responsável pela manutenção da dinâmica nesses ecossistemas (LACLAU et al., 2010; CUNHA et al., 2005; REIS; BARROS, 1990).

3.4 CONCLUSÃO

- No contexto geral, a floresta nativa apresenta melhor fertilidade do solo em relação aos clones de eucalipto;
- A fertilidade do solo com o Clone 2 de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* tem semelhança com a de floresta nativa.

REFERÊNCIAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF** 2011 ano base 2010 /ABRAF. – Brasília: 2011.

ALFREDSSON, H.; CONDRON, L.M.; CLARHOLM, M. & DAVIS, M.R. Changes in soil acidity and organic matter following the establishment of conifers on former grassland in New Zealand. **For. Ecol. Manag.**, 112, 233-244, 1998.

ARAÚJO, E. F.; SOUZA, A. J.; SILVEIRA, R. L. V. de A. **Método da matriz para avaliação nutricional de clones de *Eucalyptus* na região sul da Bahia.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L. Fertilização e correção do solo para plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F., NOVAIS, R.F. (Eds.). **Relação Solo-Eucalipto.** Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 127-181.

BIANCHINI, D. F.; SILVEIRA, R. L. V. DE A.; MEDEIROS, R.; GARCIA, C. H. **Demanda Nutricional e Balanço de Nutrientes em Clones de *Eucalyptus* da Vale.** Ano VIII. 2008 N°19.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional-MI. **Relatório final do grupo de trabalho interministerial para redelimitação do Semi-árido Nordestino e do polígono das secas.** Brasília, DF, 2009.

CHAUVEL, A.; LIKAS, Y.; BOULET, R. On the genesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia, Brazil. **Experientia** 43: 234-241, 1987.

CUNHA, G. M.; RODRIGUES, A. C. G.; COSTA, G. S. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no Norte Fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.353-363, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

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

GALVAO, S.J.; CATE JUNIOR, R. **Levantamento da fertilidade de solos do Nordeste.** Recife, IPEANE, 14p. 1969.

GARAY, I.; PELLENS, R.; KINDEL, A.; BARROS, E.; FRANCO, A.A. Evaluation of soil conditions in fast-growing plantations of *Eucalyptus grandis* and *Acacia mangium* in Brazil: a contribution to the study of sustainable and use. **Elsevier**. n. 27, p. 177-187, 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.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. **IBGE lança o Mapa de Biomas do Brasil e o Mapa de Vegetação do Brasil, em comemoração ao Dia Mundial da Biodiversidade.** Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acessado em: 15 de julho de 2008.

LACLAU, J. P. et al. Biogeochemical cycles of nutrients in tropical Eucalyptus plantations Main features shown by intensive monitoring in Congo and Brazil. **Forest Ecology and Management**. v. 259. 1771-1785 p. 2010.

LEITE, F.P.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Alterations of soil chemical properties by Eucalyptus cultivation in five regions in the Rio Doce Valley. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n.34, p. 821-831, 2010.

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

LIMA, A.M.N.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; MENDONÇA, E.S.; DEMOLINARI, M.S.M. & LEITE, F.P. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no vale do Rio Doce - MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:1053-1063, 2008.

LOPES, A.S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L.R.G. **Acidez do solo e calagem**. ANDA, São Paulo. 22p. Boletim Técnico N° 1, 1991.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Interpretação de análise do solo: conceitos e aplicações**. ANDA, São Paulo. 45p. Boletim Técnico N° 2, 1992.

MELLONI, R.; MELLONI, E.G.P.; ALVARENGA, M.I.; VIEIRA, F.B.M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n.32, p. 2461-2470, 2008.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Piracicaba, SP. Ed. Ceres, Potafos, 1991.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de Eucalyptus. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, Viçosa, 1990. p. 265-302.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. 359p.

RICHTER, D.D.; BABBAR, L.I. Soil diversity in the tropics. **Advances in Ecological Research** Vol. 21, Academic Press, London, 1991.

RODRIGUEZ, L. C. E.; BUENO, A. R. S.; RODRÍGUEZ, F. Rotações de eucaliptos mais longas: análise volumétrica e econômica. **Scientia forestalis**, Piracicaba, n. 51, p. 56 – 65, jun. 1997.

RODRIGUES, E.F. G.; RODRIGUES, A.C. G.; PAULINO, G.M.; FRANCO, A.A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1521-1530, 2008.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. de; NEVES, J. C. L. Eficiência de utilização de nutrientes e sustentabilidade da produção em procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sítios florestais do Estado de São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.4, p.447-457, 2002.

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.

SZOTT, L.T.; FERNANDES, E.C.M.; SANCHEZ, P.A. Soil-plant interactions in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**. 45: 127-152. 1991.