



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**SUANY COUTO TEIXEIRA**

**FERTILIDADE DO SOLO, EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES E  
PRODUÇÃO DE PLANTIOS DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES  
ESPAÇAMENTOS, EM DOM ELISEU, PARÁ.**

**BELÉM**  
**2014**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**SUANY COUTO TEIXEIRA**

**FERTILIDADE DO SOLO, EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES E  
PRODUÇÃO DE PLANTIOS DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES  
ESPAÇAMENTOS, EM DOM ELISEU, PARÁ.**

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

Área de concentração: Manejo de Ecossistemas e Bacias Hidrográficas

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Marcos André Piedade Gama

**BELÉM**  
**2014**





---

Teixeira, Suany Couto

Fertilidade do solo, eficiência de utilização de nutrientes e produção de plantios de eucalipto em função de diferentes espaçamentos, em Dom Eliseu, Pará. / Suany Couto Teixeira. - Belém, 2014.

75 f.; il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2014.

1. Eucalipto – nutrição - eficiência 2. Eucalipto - produção 3. Reflorestamento 4. Eucalipto - plantação - densidade 5. Solo - fertilidade I. Título

---

CDD – 583.766



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**SUANY COUTO TEIXEIRA**


**FERTILIDADE DO SOLO, EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES E  
PRODUÇÃO DE PLANTIOS DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES  
ESPAÇAMENTOS, EM DOM ELISEU, PARÁ.**

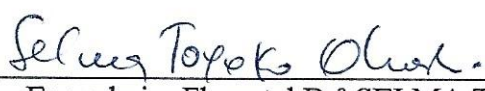
Dissertação apresentada à Universidade Federal da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, como requisito a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais. Área de concentração: Manejo de Ecossistemas e Bacias Hidrográficas.


Data da Aprovação: 28 de Agosto 2014.

Banca Examinadora

  
Engenheiro Florestal Dr. FRANCISCO DE ASSIS OLIVEIRA  
Orientador

  
Engenheira Florestal Dr<sup>a</sup> LÍVIA GABRIG TURBAY RANGEL VASCONCELOS  
1º Examinador

  
Engenheira Florestal Dr<sup>a</sup> SELMA TOYOKO OHASHI  
2º Examinador

  
Meteorologista Dr<sup>a</sup> VANDA MARIA SALES DE ANDRADE  
3º Examinador

Aos meus pais, ANTÔNIO LÚCIO (*in memoriam*) e ROSILENE,

À meus irmãos ANTÔNIO LÚCIO e SUELLEN e minhas  
sobrinhas EMILLY GABRIELE e ANA BEATRIZ,

À AN TOMAR NUNES.

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Á Deus pelo dom da vida e ter me concedido determinação para a realização deste trabalho;

Á meu pai Antônio Lúcio Dias (*in memoriam*), que infelizmente não está neste momento tão especial para mim, mas que sempre me apoiou e continua me abençoando. Á minha mãe Rosilene Couto pelo infinito carinho e sempre estar ao meu lado nos momentos bons e ruins.

A meus irmãos Antônio Lúcio Couto e Suellen Couto, por estarem ao meu lado e me mostrar que sempre poderei contar com eles. Á minhas sobrinhas Emilly Gabriele e Ana Beatriz por tornarem a minha vida muito mais feliz. A minha cunhada Darcilene Souza e sobrinha de coração Alice Souza, por fazerem parte de minha vida.

Ao querido Antomar Nunes, pelo companheirismo, pois estar sempre ao meu lado me ajudando e dando força em tudo que preciso.

Aos meus avós Benedito Pereira e Darialva Dias, todos os meus tios e primos, por acreditarem no êxito do meu trabalho.

Á minhas grandes amigas Franciane Santos e Edilene Ipiranga por estarem comigo desde a infância e serem um grande apoio sempre.

Á Universidade Federal Rural da Amazônia por todas as oportunidades a mim oferecidas.

Á coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo auxílio financeiro.

A coordenação do programa de Mestrado em Ciências Florestais, pela aceitação do projeto. Em especial a Milena Rodrigues, por toda a ajuda sempre que possível.

Ao professor Dr. Francisco de Assis Oliveira, pela orientação deste trabalho.

Ao professor Dr. Marcos André Piedade Gama pela coorientação e todo apoio nesta pesquisa e todos os anos de orientação desde a graduação.

Ao professor Dr. Norberto Cornejo Noronha, pelo apoio e amizade.

Aos meus colegas de mestrado que me proporcionaram o ganho de novos amigos. Em especial a Andreza Souto, Ana Nascimento, Hirailene Barros, Bruna Garcia, Nere Leila, pelo grande companheirismo.

Á Nere Leila Ribeiro, que está comigo nesta caminhada desde a graduação e sempre compartilhou momentos importantes. Sua ajuda foi imprescindível para a realização deste trabalho.

A empresa VALE FLORESTAR S/A, pelo apoio na realização da pesquisa e consentimento dos trabalhos em sua área de plantio.

Ao Engenheiro Florestal Jonas Elias de Castros pelo apoio logístico e viabilização dos trabalhos em campo.

Ao Engenheiro Agrônomo Gilson Matos, pela sua amizade, pelas dúvidas sanadas e apoio com correções do trabalho.

Ao Técnico Florestal Daniel Santos pelo apoio na coleta dos dados de campo. E aos trabalhadores de campo e motosserrista da empresa Emflors, por também terem me ajudado neste trabalho.

A equipe de estagiários, Alberto Brasil, Kalleo Dias, Duane Azevedo, Larissa Carvalho, Ana Júlia Mourão, Luane Dias, Luana, Jessica, Brenda Pantoja, Gabriela Oliveira, Thiago Pantoja, Wesley Achilles, Joberta Cardoso, pela convivência na sala de estudo e parceria em trabalhos científicos.

À Liliane Cunha e Desirée Jastes, pelo apoio nas análises de densidade da madeira.

Aos técnicos de Laboratório Júlio Cesar e Fábio Mouro e demais funcionários do Laboratório de Química do Solo da Universidade Federal Rural da Amazônia, pelo apoio nas análises laboratoriais.

Enfim a todos que me ajudaram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

**MUITO OBRIGADA!**



*Você não sabe que resultados virão de sua ação.  
Mas se não fizer nada, não existirão resultados.*

***Mahatma Gandhi***



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Altura e diâmetro a altura do peito de clones de eucalipto em função de diferentes espaçamentos, aos 18 meses de idade, no Município de Dom Eliseu, Pará.....	28
Figura 2: Biomassa total ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de clones de eucalipto em função de diferentes espaçamentos, aos 18 meses de idade, no município de Dom Eliseu, Pará.....	30
Figura 3: Porcentagem de biomassa de lenho, casca, folhas, galhos verdes e secos, em relação a biomassa total de clones de eucalipto, em função de diferentes espaçamentos, no município de Dom Eliseu, Pará.....	31
Figura 4: Biomassa total (kg), por árvore, de clones de eucalipto, em função de diferentes espaçamentos, no município de Dom Eliseu, Pará.....	42
Figura 5: Volume de madeira ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu Pará.....	58
Figura 6: A – volume de madeira de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará; B - volume de madeira de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes materiais genéticos, no Município de Dom Eliseu, Pará.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Atributos químicos do solo da área experimental nas profundidades 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, em Dom Eliseu, Pará.....	22
Tabela 2: Valores médios de altura total (H) de plantios de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função dos diferentes espaçamentos, no Município de Dom Eliseu, Pará.....	26
Tabela 3: Valores médios de diâmetro a altura do peito (DAP) de plantios de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes clones, no Município de Dom Eliseu, Pará.....	27
Tabela 4: Valores médios de diâmetro a altura do peito (DAP) de plantios de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos, no Município de Dom Eliseu, Pará.....	27
Tabela 5: Biomassa (kg há <sup>-1</sup> ) de folhas, galhos (secos e verdes), lenho e casca de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.....	29
Tabela 6: Eficiência de utilização de Nutrientes (kg de biomassa/kg de nutriente) nas folhas de clones de eucalipto, em função do espaçamento de plantio, aos 18 meses de idade, no Município de Dom Eliseu, Pará.....	33
Tabela 7: Eficiência de utilização de Nutrientes (kg de biomassa/kg de nutriente) nos galhos secos de clones de eucalipto, em função do espaçamento de plantio, aos 18 meses de idade, no Município Dom Eliseu, Pará.....	34
Tabela 8: Eficiência de utilização de Nutrientes (kg de biomassa/kg de nutriente) nos galhos verdes de clones de eucalipto, em função do espaçamento de plantio, aos 18 meses de idade, no Município Dom Eliseu, Pará.....	35
Tabela 9: Eficiência de utilização de Nutrientes (kg de biomassa/kg de nutriente) no lenho de clones de eucalipto, em função do espaçamento de plantio, aos 18 meses de idade, no Município Dom Eliseu, Pará.....	37
Tabela 10: Eficiência de utilização de Nutrientes (kg de biomassa/kg de nutriente) na casca de clones de eucalipto, em função do espaçamento de plantio, aos 18 meses de idade, no Município Dom Eliseu, Pará.....	39
Tabela 11: Coeficiente de Utilização Biológica (kg de biomassa do tronco/kg de nutriente no tronco) de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.....	60
Tabela 12: Atributos químicos das camadas 0- 20 cm e 20 – 40 cm do solo sob plantio de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, no município de Dom Eliseu, Pará.....	63
Tabela 13: Micronutrientes das camadas 0- 20 cm e 20 – 40 cm do solo sob plantio de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.....	64



Tabela 14: P e Cu na camada 0- 20 cm do solo sob plantio de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.....65

Tabela 15: Médias de H + Al na cama 0 -20 cm do solo sob plantio de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, no município de Dom Eliseu, Pará.....67

Tabela 16: Cu na camada 20 – 40 cm do solo sob plantio de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade. em função de diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.....68

## Sumário

<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>Referências</b>	<b>15</b>
<b>2. BIOMASSA E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES DE CLONES DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTIO, EM DOM ELISEU, PARÁ</b>	<b>18</b>
<b>Resumo</b>	<b>18</b>
<b>Abstract</b>	<b>19</b>
<b>2.1. Introdução</b>	<b>20</b>
<b>2.2. Materiais e métodos</b>	<b>21</b>
2.2.1. Localização geográfica e implantação das áreas experimentais	21
2.2.2. Coleta dos dados dendrométricos	23
2.2.3. Quantificação da biomassa aérea	23
2.2.3.2. Cálculo da biomassa	24
2.2.4. Determinação dos teores e conteúdos de nutrientes	25
2.2.6. Determinação da eficiência de utilização de nutrientes (EUN)	25
2.2.8. Análise estatística dos dados	25
<b>2.3. Resultados</b>	<b>26</b>
2.3.1. Crescimento	26
2.3.2. Biomassa aérea	28
2.3.3. Eficiência de utilização de nutrientes	32
□ <i>Eficiência de utilização de Nutrientes na folha</i>	32
□ <i>Eficiência de utilização de Nutrientes nos Galhos Secos</i>	33
□ <i>Eficiência de utilização de nutrientes nos galhos verdes</i>	34
□ <i>Eficiência de utilização de Nutrientes no Lenho</i>	36
□ <i>Eficiência de Utilização de Nutrientes na Casca</i>	38
<b>2.4. Discussão</b>	<b>40</b>
2.4.1. Crescimento	40
2.4.2. Biomassa aérea	41
2.4.3. Eficiência de utilização de nutrientes	44
<b>2.5. Conclusões</b>	<b>46</b>
<b>Referências</b>	<b>46</b>

<b>3. EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES, PRODUÇÃO DE MADEIRA E FERTILIDADE DO SOLO EM FUNÇÃO DE ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO DE EUCALIPTO, EM DOM ELISEU, PARÁ</b>	<b>51</b>
<b>Resumo</b>	<b>51</b>
<b>Abstract</b>	<b>52</b>
<b>3.1. Introdução</b>	<b>53</b>
<b>3.2. Materiais e métodos</b>	<b>55</b>
<b>3.3. Resultados e discussões</b>	<b>57</b>
3.3.1. Volume	57
3.3.2. Coeficiente de utilização biológica (CUB)	60
3.3.3. Fertilidade do solo	63
<b>3.4. Conclusões</b>	<b>68</b>
Referências	69
<b>4. CONCLUSÕES GERAIS</b>	<b>75</b>



## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O eucalipto foi introduzido no território brasileiro sem grande expressividade, com a sua utilização, basicamente, para decoração ornamental (SEREGHETTI, 2012). Porém, no início do século XX, Edmundo Navarro trouxe para o país as primeiras mudas de eucalipto que seriam utilizadas para reflorestamento com finalidade comercial (LIMA, 1996). Impulsionado pelo apoio governamental que buscava alternativas para minimizar a forte pressão que as áreas de florestas nativas estavam sofrendo pela exploração irracional de seus recursos, o gênero *Eucalyptus* tornou-se o mais expressivo nos programas de reflorestamento no Brasil em virtude da sua excelente adaptação as condições microclimáticas do país (BELTRAME et al., 2012).

Historicamente, os plantios de eucalipto foram concentrados nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, porém, esta realidade tem sido alterada e as regiões Centro Oeste, Norte e Nordeste também estão aumentando expressivamente as suas áreas de plantio com esta cultura (SANTANA et al., 2008; ABRAF, 2013). Realidade que trouxe a necessidade de pesquisas que embasem o manejo destas áreas para a melhor produção de biomassa dos povoamentos.

O interesse crescente pelo cultivo de espécies do gênero eucalipto é decorrente da plasticidade de utilização da sua biomassa, que pode ser empregada para os mais diversos usos como lenha, postes, dormentes, lâminas, mourões e expressivamente para a produção de carvão vegetal, papel e celulose (VILAS BÔAS, MAX E MELO, 2009). Diante disso é de suma importância que seja realizada o monitoramento da produção de biomassa dos plantios florestais, pois a quantificação da biomassa dos diferentes compartimentos das árvores permite, entre outras coisas, o acompanhamento do desenvolvimento e estado nutricional do plantio, informações que são utilizadas como base para a definição das atividades de manejo que potencializem a produtividade das áreas plantadas, de acordo com a sua finalidade (MELLO E GONÇALVES, 2008).

O cultivo de florestas clonais de eucalipto foi intensificado devido à necessidade de se estabelecer florestas com indivíduos que tenham um desenvolvimento o mais homogêneo possível, com capacidade adaptativa a diversas condições de solo e clima, resistência a pragas e doenças, eficiência em termos nutricionais, melhor aproveitamento da fertilidade do solo, entre outros aspectos, para que, assim, a produção de biomassa da área seja potencializada (ROSADO et al., 2012). Para tanto, é necessário que sejam selecionados materiais genéticos mais adaptados às condições bioedafoclimáticas de cada região onde são cultivados (XAVIER E SILVA, 2010).



Na silvicultura, um dos principais parâmetros que auxilia a seleção de materiais genéticos superiores de eucalipto é a eficiência de utilização de nutrientes (EUN). Segundo Amaral et al. (2011), a EUN expressa a capacidade das espécies em transformar em biomassa os nutrientes absorvidos do solo, variando a sua intensidade de acordo com as suas necessidades e metabolismo. E consiste na quantificação da biomassa produzida pela unidade de cada nutriente absorvido (BARRETO et al., 2007). Para Guimarães (1993), são encontradas diferenças de eficiência nutricional entre diferentes procedências, progênies e clones.

O conhecimento da eficiência nutricional das espécies permite que os materiais mais eficientes sejam cultivados em áreas com condições ambientais adversas, como o baixo nível da fertilidade do solo, e deve ser considerada para a aplicação de uma adubação mais adequada de acordo com as condições da área (CALDEIRA et al., 2004; KIMARO et al., 2007; PINTO et al., 2011). Assim, em plantios estabelecidos com clones mais eficientes na transformação de nutrientes em matéria seca, há um melhor aproveitamento dos adubos aplicados, implicando, principalmente, na fase de maior demanda por nutrientes, isto é, no desenvolvimento inicial do plantio (BARROS, et al., 1990).

Além das características genéticas das espécies a EUN pode ser influenciada por fatores como as condições ambientais das áreas de plantio, bem como, por técnicas utilizadas na implantação e manejo da floresta, como por exemplo, o espaçamento de plantio estabelecido (LAFETAR, 2012).

O espaçamento adotado nos plantios florestais, afeta a estrutura da floresta qualitativa e quantitativamente, pois interfere no crescimento e morfologia dos indivíduos o que implicará diretamente na determinação das práticas de manejo nas áreas, na forma como a exploração será conduzida, bem como, no próprio momento em que essa exploração deverá acontecer, ou seja, a idade de corte (BALLONE, 1983).

Nas florestas de crescimento rápido, como as de eucalipto, devido a maior competição pelos recursos do meio em termos hídricos, de fertilidade do solo e luminosidade, por exemplo (LELES, 1998), o efeito do espaçamento de plantio é sentido com mais intensidade (RONDON, 2002). Sendo a competição entre os indivíduos mais intensa quando os plantios são estabelecidos com uma maior densidade populacional (LELES et al., 2001). A escolha do espaçamento a ser adotado deve objetivar o desenvolvimento ótimo de cada indivíduo, sem que o espaço de cultivo seja desperdiçado (CHIES, 2005).

Estudos têm demonstrado a diferença na eficiência de utilização de nutrientes de clones de eucalipto, em relação às variações genéticas, ambientais e a intervenções antrópicas



nas áreas de plantio (SILVA, POGGIANI, COELHO, 1983; SANTANA, BARROS, NEVES, 2002; SAFOU-MATONDO et al., 2005; FARIA et al., 2008). Pesquisas como estas e outras que avaliam a elaboração, implantação e manejo das florestas plantadas, são consideradas expressivas ferramentas que auxiliam as empresas reflorestadoras quanto às tomadas de decisões na condução dos povoamentos. Porém, a maioria destes trabalhos, no território brasileiro, contempla a realidade das regiões mais tradicionais na eucaliptocultura, provocando uma carência de informação deste tipo nas áreas inseridas mais recentemente na atividade de silvicultura, como alguns estados da Amazônia, por exemplo, o Pará.

Dessa forma, a hipótese deste trabalho é: os clones de eucalipto apresentaram diferença na eficiência de utilização de nutrientes, produção de biomassa, volume, bem como alteraram a fertilidade do solo dos povoamentos, quando estabelecidos em diferentes espaçamentos de plantio.

Esta pesquisa tem por objetivo avaliar o crescimento, produção de biomassa, eficiência de utilização de nutrientes, volume e fertilidade do solo, em plantios jovens de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos, no município de Dom Eliseu, Pará.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário estatístico da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas 2013: ano base 2012**. Brasília, DF, 2013. 130 p.

AMARAL, J. F. T.; MARTINEZ, H. E. P.; LAVIOLA, B. G. FILHO, E. I. F.; CRUZ, C. D. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.4, p.621-629. 2011.

BALLONI, E.A., SIMÕES, J.W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **IPEF**. Série Técnica, 3. p. 1-26, 1980.

BARRETO, V. C. M.; SILVEIRA, R. L. V. A.; TAKAHASHI, E. N. Eficiência de uso de boro no crescimento de clones de eucalipto em vasos. **Scientia Florestalis**, n.76, p.21-33, 2007.

BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG, Folha de Viçosa, 1990. 430p.



BELTRAME, R. B.; BISOGNIN, D. A.; MATTOS, B. D.; CARGNELUTTI FILHO, A. HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A.; SANTOS, G. A. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.6, p.791-796, Jun. 2012.

CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SUMACHER, M.V. Eficiência do uso de micronutrientes e sódio em três procedências de acácia – negra ( *Acaciamearnsii* de Wild). **Revista Árvore**, Viçosa, v, 28, n. 1, p. 39 – 47. 2004.

CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da Madeira serrada de *Pinus taeda***. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2005.

FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; CUNHA, V. L. P.; MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes de genótipos de *Eucalyptus spp.*, no Vale do Jequitinhonha, MC. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n.3, p.369-379. 2008.

GUIMARÃES, H.S. **Variabilidade genética para eficiência nutricional em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus citriodora***. 1993. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1993.

KIMARO, A. A.; TIMMER, V. R.; MUGASHA, A. G.; CHAMSHAMA, S. A. O.; KIMARO, D. A. Nutrient use efficiency and biomass production of tree species for rotational woodlot systems in semi-arid, Tanzania. **Agroforest Syst** (2007) 71:175–184

LAFETÁ, B. O. **Eficiência nutricional, área foliar e produtividade de plantações de eucalipto em diferentes espaçamentos estimados com redes neurais artificiais**. Dissertação (Mestrado). Faculdade Ciências Agrárias. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina. Minas Gerais. 2012.

LELES, P. S. S. et al. Relações hídricas e crescimento de árvores de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado. **Revista Árvore**, v. 22, n. 1, p. 41-50, 1998.

LELES, P. S. S.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MORAIS, E. J. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, n.59, p. 77 – 87. 2001.

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Ed. Da USP. 1996. 302p.

MELLO, S. J. M.; GONÇALVES, J. L. M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.1, p.101-111. 2008.

PINTO, S. I. C.; FURTINI NETO, A. E.; NEVES, J. C. L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 35: 523-533, 2011.



RONDON, E. V. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium Amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na Região de Mata. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v.26, n.5, p.573-576, 2002.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.47, n.7, p.964-971. Jul. 2012.

SAFOU-MATONDO, R.; DELEPORTE, P.; LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P. Hybrid and clonal variability of nutrient content and nutrient use efficiency in Eucalyptus stands in Congo. **Forest Ecology and Management**. 2005 (2005) 193–204.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; 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. 2002. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 447–457.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B.; NOVAIS, R. F. Estimativa de biomassa em plantios de eucalipto no Brasil. 2008. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, p.697-706,

SEREGHETTI, G. C. Biomassa inicial do híbrido *Eucalyptus urophyllavs. Eucalyptus grandis* em diferentes espaçamentos. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 2012.

VILLAS BÔAS, O.; MAX, J. C. M.; MELO, A. C. G. Crescimento comparativo de espécies de Eucalyptus e Coymbia no Município de Marília, SP. **Revista Instituto Florestal**, v.21, n.1, p.63-72. 2009.

XAVIER, A.; SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Nota Técnica**. Agronomía Costarricense. 34(1): 93-98. 2010.



## 2. BIOMASSA E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES DE CLONES DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTIO, EM DOM ELISEU, PARÁ.

### RESUMO

O crescimento, produção de biomassa e eficiência de utilização de nutrientes de clones de *E. grandis*, *E. grandis* x *E. urograndis* e *E. platyphylla* em função de diferentes espaçamentos de plantio (3m x 2m, 3m x 3m, 3m x 3,5m e 3m x 4m), aos 18 meses de idade, no Município de Don Eliseu, Pará, foram avaliados em delineamento em blocos ao acaso com arranjo fatorial 3 x 4. Em cada parcela experimental foram medidos a altura total e o diâmetro a altura do peito (DAP) de todos os indivíduos da área útil, e posteriormente, abateu-se uma árvore com diâmetro médio representativo, na qual procedeu-se a quantificação de sua biomassa acima do solo (folhas, galhos secos e verdes, lenho e casca), com posterior amostragem para determinação do peso seco e análise química. A eficiência de utilização de nutrientes foi determinada através da relação entre a quantidade de biomassa produzida (kg) por conteúdo de nutriente (kg). A maior média de altura (8,38m), foi encontrada nas áreas com maior adensamento de plantio, não sendo verificada diferença significativa entre os clones. O diâmetro foi maior nos plantios menos densos (7,86 cm) e *E. grandis* apresentou desenvolvimento de diâmetro inferior aos demais (6,74 cm). Em geral a alocação de biomassa seguiu a ordem lenho>galhos verdes>folhas>casca>galhos secos com maior produção encontrada nos plantios com menor espaçamento. *E. urograndis* produziu maior biomassa de galhos secos e lenho. *E. platyphylla* apresentou a menor produção de matéria seca de folhas e os três materiais genéticos não diferiram quanto à produção de biomassa da casca. Em geral, o fósforo e o cálcio foram os nutrientes utilizados, respectivamente, com maior e menor eficiência independente do clone e espaçamento considerados, exceto nas folhas onde o menor valor de eficiência nutricional foi observado para o nitrogênio. Na maioria das avaliações a maior eficiência de utilização de nutrientes foi encontrada nas áreas com menor espaçamento de plantio. Os materiais genéticos diferiram quanto à eficiência de utilização dos diferentes nutrientes de acordo com o compartimento avaliado e o espaçamento que foram estabelecidos.

**Palavras-chaves:** Monitoramento nutricional, reflorestamento, manejo.



## BIOMASS AND NUTRIENT USE EFFICIENCY IN EUCALYPTUS CLONES BASED ON PLANTATION DENSITY IN DOM ELISEU, PARÁ.

### ABSTRACT

Growth, biomass production and nutrient use efficiency in *E. grandis*, *E. grandis* x *E. urograndis* and *E. platyphylla* clones, based on different plantation spacing of 18 months of age, in Dom Eliseu city, Pará, they were evaluated in a delineation of random blocks with factorial arrangement 3 x 4. In each experimental plot, were measured total height and diameter at breast height (DBH) of all individual on the useful area and, subsequently, was removed a tree with representative average diameter, in which it was proceeded with the quantifying biomass above the ground (leaves, dry and green twigs, wood and bark), with a subsequent sampling to determine the dry weight and chemical analysis. The nutrient use efficiency was determined through the comparison between biomass produced (kg) and nutrient content (kg). The highest average height (8,38m), was found in areas with higher density plantation, which was not observed significant differences between clones. The diameter was higher in less dense plantations (7.86 cm), and *E. grandis* represented a lower development of diameter compared to the others (6.74 cm). In general, the biomass allocation followed the order wood > green twigs > leaves > bark > dry twigs with the best production founded in plantations with smaller spacing. *E. urograndis* produced more biomass of dry twigs and wood. *E. platyphylla* had the lowest dry material production of leaves and the three genetic material was not different related to production of bark biomass. In general, phosphorus and calcium nutrients were used, respectively, with greater efficiency and less efficiency independently of clone and spacing considered, except in the leaves where the lowest value of nutritional efficiency was observed to the nitrogen. In most assessments, the greater nutrient use efficiency was found in areas with the less planting space. Genetic materials were different in efficiency of utilization of different nutrients according to the length that was valued and the established spacing.

**Keywords:** volumetrics, nutritional monitoring, forest fertilization.



## 2.1. Introdução

As espécies do gênero *Eucalyptus* são as mais utilizadas no estabelecimento de florestas plantadas no Brasil. No ano de 2012 a área total de plantios de eucalipto no território brasileiro alcançou aproximadamente 5.102,030 milhões de hectares, o que representou um acréscimo de 4,5% em relação à área estabelecida no ano anterior (ABRAF, 2013). Este crescimento, condicionado pela constante demanda por produtos de base florestal ocorreu, também, devido à expansão dos plantios de eucalipto para regiões com pouca expressividade na produção de florestas plantadas, como os estados do Norte e Nordeste (Santana et al., 2008). O estado do Pará, por exemplo, detém atualmente uma área de aproximadamente 159,657 mil ha de plantio de eucalipto (ABRAF, 2013).

No Brasil, diversos fatores limitam a alta produtividade dos povoamentos florestais, no entanto, na região amazônica um dos mais limitantes é a baixa fertilidade natural da maioria dos solos, o que torna a implantação dos plantios mais onerosa. Outro fator importante é que as espécies florestais, como as do gênero eucalipto, apresentam diferenças quanto à absorção, translocação e utilização dos nutrientes necessários ao seu desenvolvimento, fato que proporciona a necessidade da seleção de materiais genéticos mais adaptados às condições de cada região de plantio (Stahl et al., 2013). Diante disso são importantes os estudos que visam a definição da eficiência de utilização de nutrientes (EUN) dos diferentes materiais genéticos por região de plantio.

A EUN expressa à capacidade das espécies em absorver nutrientes disponibilizados no solo e utilizá-los de acordo com a sua necessidade e capacidade metabólica, estando condicionada a eficiência dos processos de absorção e translocação desenvolvidos pelas plantas (Amaral et al., 2011), consiste na quantificação da biomassa produzida pela unidade de cada nutriente absorvido (CHAPIM, 1980). A diferenciação das espécies em relação à eficiência nutricional está condicionada a capacidade evolutiva dos genótipos em ambientes com características distintas, ocorrendo em nível de espécies, procedências, progênes e clones (GUIMARÃES, 1993).

O conhecimento da EUN de determinado material genético possibilita que o mesmo seja estabelecido em solos com propriedades químicas adversas, com a manutenção do seu potencial produtivo (Safou-matondo et al., 2005), bem como, possibilita o estabelecimento de adubações adequadas à necessidade nutricional de cada espécie. Materiais genéticos que se desenvolvem de forma satisfatória em solos com fertilidade deficiente são mais evoluídos em



termos de eficiência nutricional que aqueles que apresentam produtividade significativa em quando estabelecidos em solos com ricos em nutrientes.

No planejamento de implantação de um povoamento florestal, considerando a maior produtividade, a escolha dos espaçamentos adequados é, também, um dos principais fatores a ser considerado, pois a maior ou menor densidade populacional interfere diretamente nas variáveis altura, diâmetro, biomassa e volume do povoamento (Sereghetti, 2012), refletindo no retorno financeiro da atividade. Além disso, o arranjo de plantio pode alterar a EUN dos materiais genéticos utilizados (Lafetá, 2012). Este autor encontrou maior eficiência de utilização dos macronutrientes quando os indivíduos foram plantados em espaçamento 3m x 3m do que em áreas de 3m x 0,5m, 3m x 1m, 3m x 1,5m e 3m x 2m. Observaram ainda que no maior espaçamento a ordem de EUN foi  $P > Mg > S > K > N > Ca$ , e nas demais densidades de plantio o posicionamento de N e K foram invertidos.

O espaçamento de plantio dever ser determinado em função das condições locais do povoamento e de sua finalidade, uma vez que a em plantios mais densos pode ocorrer uma competição maior entre os indivíduos e, se forem adotados espaçamentos muito amplos os recursos ambientais podem ser utilizados abaixo da capacidade da área, o que resultará na diminuição da produtividade florestal. A escolha do espaçamento a ser adotado deve objetivar o desenvolvimento ótimo de cada indivíduo, sem que o espaço de cultivo seja subutilizado (Chies, 2005). Assim, torna-se evidente que em áreas de fronteira florestal os estudos relacionados à densidade do povoamento e sua influência no crescimento e EUN são importantes na definição dos principais materiais genéticos e das práticas de manejo a serem adotadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, a produção de biomassa e EUN de clones de eucalipto aos 18 meses de idade, sob diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.

## **2.2. Materiais e métodos.**

### **2.2.1. Localização geográfica e implantação das áreas experimentais.**

A pesquisa foi implantada em área de plantio comercial pertencente à empresa Vale Florestar S. A, localizada no Município de Dom Eliseu ( $4^{\circ} 17' 36''$  S e  $47^{\circ} 33' 15''$  W), na Mesorregião Sudeste Paraense e Microrregião de Paragominas. O clima do Município é caracterizado como Aw segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de



aproximadamente 25°C e regime pluviométrico entre 2.250 mm e 2.500 mm, com maior concentração de chuvas no período de Janeiro a Junho. A umidade relativa do ar é de aproximadamente 85% (SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E FINANÇAS – SEPOF, 2011).

O solo da área experimental foi caracterizado como Latossolo Amarelo textura argilosa (EMBRAPA, 2006). Os atributos químicos do solo (Tabela 1) foram determinados a partir da coleta de amostras de terra nas camadas de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, previamente a instalação do experimento.

**Tabela 1:** Atributos químicos do solo da área experimental nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, em Dom Eliseu, Pará.

Profundidade (cm)	pH		C <sub>org</sub>	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+A	SB	T	V	m
	H <sub>2</sub> O	KCl	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%				
0 - 20	5,18	4,34	14,53	25,06	1,09	0,02	1,1	0,05	0,28	3,8	1,17	4,97	23,54	19,31
20 - 40	5,10	4,18	9,29	16,01	0,45	0,02	0,67	0,57	0,47	3,24	1,26	4,50	28,00	27,17

C<sub>org</sub>: Carbono orgânico; M.O: Matéria orgânica; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Al: Alumínio; H+Al: Acidez potencial; SB: Soma de bases; T: Capacidade de troca de cátions a pH7; V: Saturação por bases; m: Saturação por alumínio.

A área de estudo era anteriormente coberta por pasto e, previamente a implantação do experimento, foi realizada roçada mecânica para rebaixamento da vegetação e coleta de amostras de solo a 0 – 20 cm e 20 – 40 cm de profundidade. Em seguida realizou-se subsolagem a profundidade de 0,50 a 0,60 m, com a aplicação simultânea 450 g ha<sup>-1</sup> de fosfato natural reativo com: 33% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, 10% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sol em ácido cítrico e 37% CaO no sulco de plantio. Posteriormente aplicou-se, mecanicamente, calcário dolomítico na superfície, na dosagem de 500 kg ha<sup>-1</sup>, de acordo com a necessidade da área. O plantio das mudas de eucalipto foi efetuado, manualmente, em março de 2012, obedecendo aos espaçamentos (tratamentos) pré-estabelecidos. Posteriormente, as mudas foram adubadas com NPK 06-30-06 + 0,5%B 0,3%Zn 0,3%Cu (com Superfosfato Triplo), até 29 dias e uma adubação de manutenção com aplicação de NPK 15-00-30 + 1%B 0,3%Zn 0,3%Cu (com Sulfato de Amônio), em filete e em superfície, 75 dias após o plantio. Até o período de coleta de dados, foram realizadas seis aplicações de herbicidas, três roçagens em área total e três combate a pragas e doenças. A aplicação de fosfato, calcário e adubações NPK foram recomendadas de acordo com Novais et al., 1986; Gonçalves, 2004; Silveira, 2002.

O experimento foi delineado em blocos ao acaso em arranjo fatorial 3 x 4, com três clones de eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* e



*Eucalyptus platiphylla* F. Muell) e quatro diferentes espaçamentos (3 x 2 m, 3 x 3 m, 3 x 3,5 m, 3 x 4 m), totalizando doze tratamentos experimentais dispostos em três repetições, perfazendo um total de 36 parcelas. Estas apresentam dimensão de 576 m<sup>2</sup> (24 x 24 m), com o número de indivíduos diferenciado de acordo com o espaçamento utilizado.

#### 2.2.2. Coleta dos dados dendrométricos.

Em Setembro de 2013 (18 meses após o plantio), foram coletados os dados dendrométricos altura total (H) e diâmetro a altura do peito (DAP). O valor de H, em metro (m) foi determinado com a utilização de um clinômetro digital, que mede a altura pela angulação da base e do topo das árvores, tomando como referência a distância do operador. Para a obtenção do DAP mediu-se a Circunferência a Altura do Peito (CAP) dos indivíduos com o auxílio de uma fita métrica graduada em centímetros, a aproximadamente 1,30 m do solo, com a posterior transformação ( $DAP = CAP / \pi (\approx 3,14)$ ).

#### 2.2.3. Quantificação da biomassa aérea.

##### 2.2.3.1. Amostragem cubagem das árvores.

A quantificação da biomassa florestal, foi realizada também em setembro, pelo método destrutivo, segundo metodologia proposta por Santana et al., 2002, no qual, a partir do inventário, selecionou-se uma árvore representativa do valor médio do DAP dos indivíduos de cada parcela, totalizando 36 árvores amostradas. Assim, foram derrubadas três árvores por cada tratamento avaliado. Em seguida as árvores selecionadas foram derrubadas, separando-se os componentes: folhas, galhos verdes, galhos secos, casca e lenho.

Após a derruba e retirada das folhas e galhos, foi realizada uma nova medida da altura total dos troncos. Para esse componente também mediu-se os diâmetros com casca na sua base, a 0,50 m, 1,30 m, 2,0 m e a partir daí de dois em dois metros ou menos, quando necessário, até o diâmetro mínimo de quatro centímetros. Em seguida retiraram-se discos com aproximadamente 2,5 cm de espessura de cada área onde os valores de diâmetros foram medidos, seguindo a metodologia de cubagem rigorosa de Smalian (Campos e Leite, 2006). Nesses discos foram determinados os pesos úmidos no momento da coleta no campo, com o



auxílio de balança digital com capacidade máxima de 30 kg. A espessura da casca foi medida para que assim fosse determinado, também, o volume sem casca.

As folhas, galhos verdes e secos e a casca foram pesados em campo para a verificação do peso fresco total, sendo retiradas amostras de 200g de cada compartimento, para a determinação do peso seco e análise química para a obtenção dos teores de nutrientes. Uma amostra do 'pó-de-serra' liberado no momento do seccionamento do tronco foi coletada para a determinação do teor de nutrientes deste componente (esse pó foi retirado pelo corte do motosserra sem óleo na corrente - seccionando o tronco). A determinação dos nutrientes nos diferentes compartimentos e da densidade da madeira nos discos foi realizada na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), nos Laboratórios de Análise de Tecido Vegetal e de Propriedades da Madeira, respectivamente.

#### 2.2.3.2. Cálculo da biomassa

Em laboratório as amostras de folhas, galhos e cascas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura em torno de 65°C, até peso constante, para posterior determinação dos respectivos pesos secos, em balança de precisão de 0,01g. De posse destes valores, a biomassa destes compartimentos foram determinadas pela equação proposta por Soares et al. (2011):  $PS(c) = PU(c) \times PS(a) / PU(a)$ , na qual: PS(c) = biomassa (kg); PU(c) = peso úmido total obtido em campo (kg); PU (a) = peso úmido das subamostras levadas ao laboratório (kg) e PS (a) = peso seco das subamostras (kg).

Para a determinação da biomassa do tronco também se utilizou a equação proposta por Soares et al. (2011), porém com a utilização de dados de volume e densidade deste compartimento:  $PS(c) = V \times DMBT$ , na qual: PS(c) = biomassa da madeira (kg); V = volume de madeira, obtido pela cubagem rigorosa (m<sup>3</sup>); DMBT = densidade dos disco (kg m<sup>-3</sup>). Posteriormente, foi calculada a biomassa por hectare de cada compartimento das árvores, multiplicando o valor médio (repetições) da matéria seca de cada compartimento pelo número de árvores de um hectare (Santana et al., 2008), sendo o número de árvores por hectare variável de acordo com o espaçamento considerado (1.667, 1.111, 952 e 833 árvores ha<sup>-1</sup> para as áreas com espaçamento 3m x 2m; 3m x 3m; 3m x 3,5m e 3m x 4m, respectivamente).



#### 2.2.4. Determinação dos teores e conteúdos de nutrientes.

Após secas e pesadas, as amostras de folhas, galhos verdes, galhos secos, casca e pó-de-serra', foram moídas em moinho do tipo Willey e analisadas no Laboratório de Análise de Tecido Vegetal da UFRA, para a obtenção dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio(K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Todos os nutrientes, exceto o N, foram determinados segundo a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), pelo qual o extrato obtido por digestão nitroperclórica foi utilizado para quantificação dos teores de P (por colorimetria), K (por fotometria de chama), além de Ca e Mg (por espectrometria de absorção atômica). O teor de N foi obtido por digestão sulfúrica e determinado pelo método de Kjeldahl.

O conteúdo de nutrientes nos diferentes componentes das árvores foi determinado pelo produto entre os valores dos teores de nutrientes, encontrados na análise nutricional, e a biomassa em cada compartimento (Faria et al.,2008; Santana et al., 2008).

#### 2.2.6. Determinação da eficiência de utilização de nutrientes (eun).

A eficiência de utilização de nutrientes (EUN) foi calculada tomando-se como base a razão entre a biomassa e o conteúdo de nutriente em cada componente da árvore, com a aplicação da equação, conforme Caldeira et al. (2004):

$$EUN = \frac{\text{kg de matéria seca produzida}}{\text{Kg de nutriente utilizado}}$$

#### 2.2.8. Análise estatística dos dados.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com a utilização do programa STATISTICA 9.1. O estudo de normalidade dos dados foi realizado pelo teste de Shapiro-Wilk quando necessário realizou-se a transformação até que os dados apresentassem distribuição normal. Logo após, foi realizada a análise de variância com o teste F (5%) e em seguida, quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%).



## 2.3. Resultados.

### 2.3.1. Crescimento.

A análise de variância (ANOVA) aplicada aos dados de altura demonstrou que houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas para o fator espaçamento, diferente do que ocorreu para o fator clone e para interação clone e espaçamento. Dessa forma, observou-se que os valores de altura foram significativamente diferentes entre os arranjos 3m x 2m e 3m x 4m, com as melhores médias para os plantios mais adensados (Tabela 2).

**Tabela 2:** Valores médios de altura total (H) de plantio de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função dos diferentes espaçamentos, no município de Dom Eliseu - Pará.

Espaçamento (m)	H (m)
3 x 2	8,38 a
3 x 3	7,94 ab
3 x 3,5	7,72 ab
3 x 4	7,37 b
Média	7,85
CV%	13,02

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Para a variável DAP o teste F detectou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para os efeitos isolados de clones e espaçamentos. Diante disso, os valores de DAP no plantio de *E. grandis* foram inferiores ( $p < 0,05$ ) aos demais materiais genéticos avaliados neste estudo (Tabela 3). Em relação aos efeitos isolados da densidade de plantio, observou-se que os valores médios de DAP foram diferentes ( $p < 0,05$ ) entre os plantios com espaçamentos de 3m x 2m, 3m x 3m e 3 x 4m (Tabela 4), com o maior valor encontrado nas áreas de menor densidade de plantio.

**Tabela 3:** Valores médios de diâmetro a altura do peito (DAP) de plantio com eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes clones, no município de Dom Eliseu, Pará.

Clone	DAP (m)
<i>E. grandis</i>	6,742 b
<i>E. urograndis</i>	7,388 a
<i>E. platyphylla</i>	7,344 a
Média	7,15
CV%	15,74

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 4:** Valores médios de diâmetro a altura do peito (DAP) do plantio de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função dos diferentes espaçamentos, no município de Dom Eliseu, Pará.

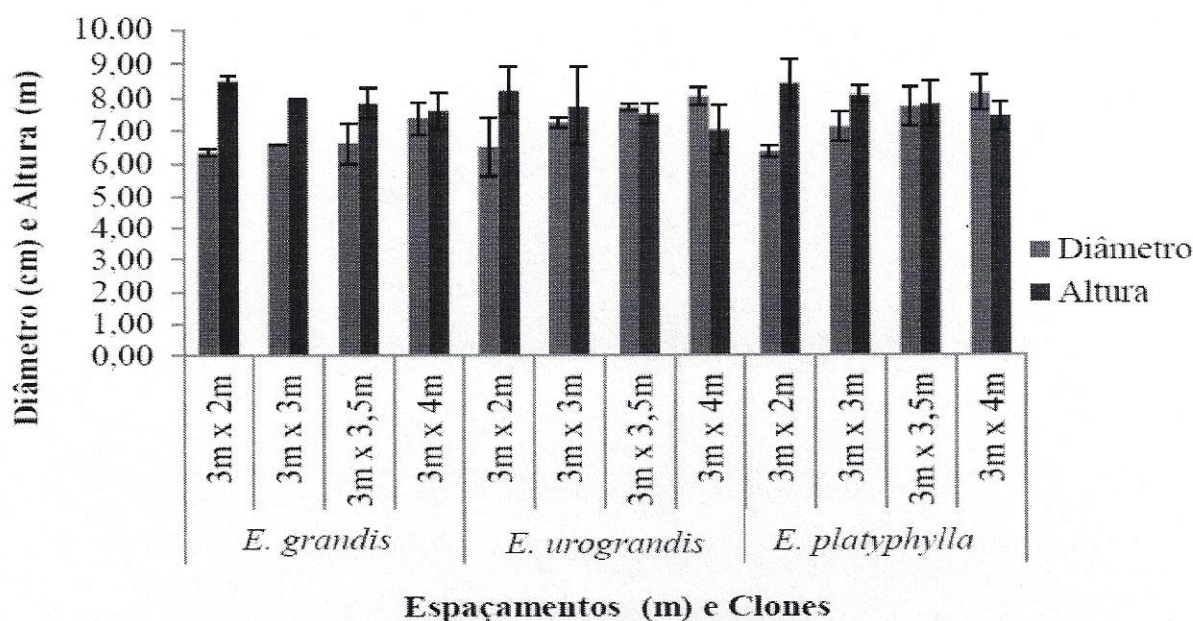
Espaçamento (m)	DAP (cm)
3 x 2	6,42 c
3 x 3	6,99b
3 x 3,5	7,36 ab
3 x 4	7,86 a
Média	7,15
CV%	15,74

Médias seguidas por letras diferentes na coluna, diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os resultados por material genético demonstram que os dados de altura seguiram a tendência numérica de maior crescimento com a maior densidade de plantio (Fig. 1) e para o diâmetro os maiores valores foram encontrados para os espaçamentos mais densos (Fig. 1).



Fig. 1: Altura e diâmetro a altura do peito de clones de eucalipto em função de diferentes espaçamentos, aos 18 meses de idade, no Município de Dom Eliseu Pará.



### 2.3.2. Biomassa aérea.

A análise de variância efetuada e o teste F aplicado demonstraram que a interação clone e espaçamento influenciou significativamente a produção de biomassa em todos os compartimentos das árvores considerados nesta pesquisa. Não sendo observado o efeito isolado dos fatores clone e espaçamento.

O *E. grandis* produziu maior biomassa de folhas (BF) nas áreas com espaçamento 3m x 2m (Tabela 5). Além disso, observou-se que todos os materiais genéticos apresentaram médias significativamente menores ( $p < 0,05$ ), para produção de (BF), quando se reduziu a densidade de plantio. Considerando os diferentes materiais genéticos, observou-se que entre os povoamentos estabelecidos, na maior e menor densidade de plantio, a produção média de BF do *E. grandis* foi superior ( $p < 0,05$ ) a encontrada para *E. platyphylla*,

A biomassa dos galhos secos (BGS), nos plantios com *E. grandis* e *E. urograndis* foi maior ( $p < 0,05$ ) nas áreas estabelecidas com espaçamentos 3 x 2m. Para o *E. urograndis* e *E. platyphylla* os valores médios de BGS observados diferiram entre todos os espaçamentos estudados ( $p < 0,05$ ). No primeiro clone a produção de biomassa de galhos secos cresceu diretamente com a densidade de plantio adotada, ou seja, os maiores valores foram encontrados nos plantios mais adensados. Essa relação não foi observada no desenvolvimento do plantio de *E. platyphylla*, com maior e menor valor sendo obtido nos espaçamentos 3m x



2m e 3m x 3,5m, respectivamente, que diferiram entre si e em relação às demais densidades populacionais.

Quando os três materiais genéticos foram estabelecidos em espaçamentos 3m x 2, 3m x 3m e 3m x 3,5m, o *E. urograndis* apresentou superioridade ( $p < 0,05$ ) na produção média de BGS. Na maior densidade de plantio, entretanto, a BGS de *E. urograndis* foi igual ( $p > 0,05$ ) que a produzida por *E. grandis*. No espaçamento 3m x 4m o melhor desempenho em relação a esta variável foi observado pelos indivíduos de *E. platyphylla*.

A biomassa de galhos verdes (BGV) de *E. grandis* se apresentou maior ( $p < 0,05$ ) nos espaçamentos 3m x 2m comparado aos demais arranjos avaliados (Tabela 5). Para *E. platyphylla* a BGV das áreas com plantio espaçado em 3 x 2 m foi superior ( $p < 0,05$ ) às médias encontradas nas áreas de plantio com os dois menores adensamentos considerados.

**Tabela 5:** Biomassa ( $\text{kg há}^{-1}$ ) de folhas, galhos (secos e verdes), lenho e casca de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, em Dom Eliseu, Pará.

Compartimento	Espaçamento	Biomassa ( $\text{kg há}^{-1}$ )					
		<i>E. grandis</i>	SD	<i>E. urograndis</i>	SD	<i>E. platyphylla</i>	SD
Folhas	3m x 2m	4.186,27aA	(268,89)	3.295,23aAB	(587,59)	2.695,86aB	(222,23)
	3m x 3m	3.495,29b	(374,89)	3.684,79a	(281,85)	2.615,07a	(117,55)
	3m x 3,5m	3.584,74bA	(170,15)	3.190,82abA	(123,48)	1.984,15abB	(147,77)
	3m x 4m	3.564,75bA	(653,71)	2.494,60bAB	(167,18)	1.592,69bB	(392,94)
Galhos Secos	3m x 2m	817,98aA	(28,03)	866,00aA	(65,99)	666,31aB	(23,59)
	3m x 3m	291,94bC	(56,09)	556,35bA	(50,61)	407,51bB	(36,29)
	3m x 3,5m	157,95bB	(38,57)	298,63cA	(39,75)	170,61cB	(26,45)
	3m x 4m	224,65bB	(49,29)	159,84dB	(22,92)	414,85bA	(29,88)
Galhos Verdes	3m x 2m	5.396,18aA	(109,89)	3.890,25aB	(734,03)	3.299,93aB	(432,75)
	3m x 3m	4.396,72bA	(135,64)	3.541,62aB	(665,89)	2.834,537baC	(161,18)
	3m x 3,5m	3.624,46bA	(121,99)	3.611,78aA	(12,18)	2.374,129bB	(16,02)
	3m x 4m	4.300,31bA	(243,68)	3.442,54aB	(95,18)	2.269,22bB	(72,61)
Lenho	3m x 2m	12.276,13a	(1534,79)	13.343,37a	(1449,82)	12.963,43a	(855,62)
	3m x 3m	8.977,71bB	(425,38)	9.684,01bB	(1451,09)	10.661,52bA	(200,35)
	3m x 3,5m	8.855,01bB	(349,84)	8.778,58bB	(141,83)	9.262,54bA	(192,98)
	3m x 4m	8.161,13bB	(515,82)	8.779,85bAB	(761,78)	9.177,34bA	(427,76)
Casca	3m x 2m	1.765,58a	(479,28)	1.473,14a	(250,67)	1.587,73a	(263,38)
	3m x 3m	1.335,49ba	(60,08)	1.481,48a	(336,07)	1.080,57b	(78,23)
	3m x 3,5m	1.352,67ba	(55,43)	1.116,59a	(89,24)	1.164,86ba	(100,16)
	3m x 4m	1.067,54b	(87,01)	1.226,21a	(146,93)	1.168,11ba	(202,64)

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes espaçamentos e médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes clones dentro de cada compartimento da árvore pelo teste de Tukey a 5 % de significância. (SD) Desvio Padrão.



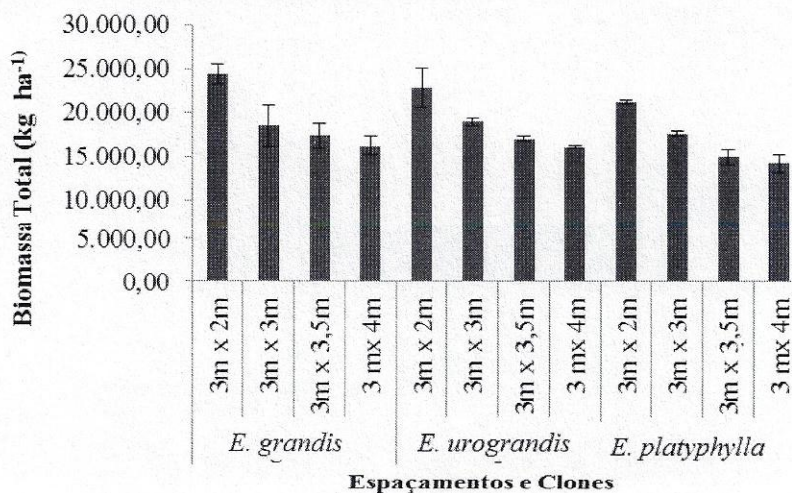
A produção de matéria seca de galhos verdes do *E. grandis* nas áreas com espaçamentos de plantio 3m x 2m, 3m x 3m e 3m x 4m foi maior ( $p < 0,05$ ) que os valores encontrados para os demais clones considerados. Nos plantios espaçados em 3m x 3m todos os clones apresentaram diferença ( $p < 0,05$ ) na produção média de BGV. No caso das áreas com espaçamento 3m x 2m e 3m x 4m esta diferença ocorreu somente para o clone *E. grandis*. Em geral verificou-se a tendência de maior produção de BGV pelo *E. grandis* e menor pelo *E. platyphylla* em todos os espaçamentos estudados.

A biomassa do lenho (BL) na maior densidade de plantio foi superior a encontrada nos plantios com os demais espaçamentos considerados, os quais não diferiram entre si, na observação de todos os materiais genéticos (Tabela 5). Nos espaçamentos 3m x 3m, 3m x 3,5m e 3 x 4, *E. platyphylla* apresentou a maior produção ( $p < 0,05$ ) de BL em relação aos outros clones estudados. Na maior densidade de plantio os clones não diferiram quanto a esta variável ( $p < 0,05$ ).

Em relação à biomassa da casca (BC) verificou-se que para o clone de *E. grandis* foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas entre os povoamentos com maior e menor densidade de plantio (Tabela 5), com o maior valor na área mais adensada. No povoamento de *E. platyphylla* a diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ocorreu apenas entre os plantios espaçados a 3m x 2m e 3m x 3m. Os materiais genéticos não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ) quanto à produção de biomassa de casca quando comparados por densidade de plantio.

Em geral foi observado um aumento numérico da produção de biomassa total com o aumento da densidade de plantio (Fig. 3).

Fig. 2: Biomassa total de clones de eucalipto em função de diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.

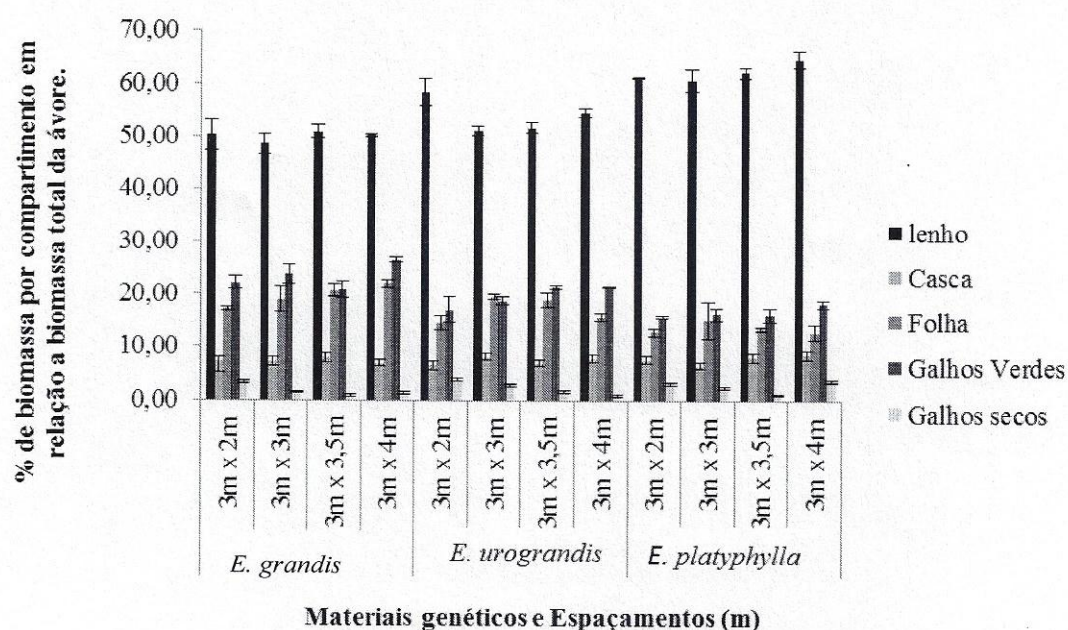




Considerando os espaçamentos e clones adotados a alocação de biomassa por compartimento em relação ao total das árvores seguiu a ordem decrescente: lenho>galhos verdes>Folhas>Casca>Galhos secos (Fig.3). Na maior densidade de plantio a alocação da biomassa do lenho correspondeu a 50,23%, 58,35% e 61,11%, respectivamente, para *E. grandis*, *E. urograndis* e *E. platyphylla*. Na menor densidade (3m x 4m), estes valores foram iguais a 50,22%, 54,52% e 60,50% para a ordem de clones citada anteriormente. Todos os materiais genéticos apresentaram menor proporção de biomassa de madeira em relação à biomassa total da árvore nos plantios com espaçamento 3 x 4m, com valores de 48,56%, 51,11% e 60,28% para *E. grandis*, *E. urograndis* e *E. platyphylla* respectivamente..

A porcentagem de biomassa de casca, folha, galhos verdes e galhos secos foi, respectivamente, 7,22%, 17,13%, 22,25% e 3,35% no menor espaçamento e 6,57%, 21,94%, 26,46% e 1,38%, no maior espaçamento, considerando os indivíduos de *E. grandis*. *E. urograndis* apresentou a seguinte proporção: 6,44% de casca, 14,41% de folha, 17,01% de galho verde e 3,79% de galho seco, na maior densidade de plantio, enquanto que, nas áreas com espaçamento 3 x 4m a distribuição de biomassa em relação a matéria seca total foi de (7,61% (casca), 15,49% (folhas), 21,38% (galhos verdes) e 0,99% (galhos secos).

Fig. 3: Porcentagem de biomassa de lenho, Casca, folha, galho verde e seco, em relação a biomassa total de clones de eucalipto, em função de diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.





Na avaliação de *E. platyphylla*, observou-se que a porcentagem de biomassa dos diferentes compartimentos em relação a biomassa total da árvore foi similar entre os plantios com maior e menor densidade.

### 2.3.3. Eficiência de utilização de nutrientes.

Pela análise de variância a 5% de probabilidade foi encontrada interação significativa para os valores médios de eficiência nutricional, para um ou mais nutrientes, em todos os compartimentos das árvores avaliadas (folhas, galhos secos, galhos verdes, lenho e casca).

- *Eficiência de utilização de Nutrientes na folha.*

Ocorreu interação significativa entre clone e espaçamento para os valores médios de N, P e K. Não foi observado efeito da interação e de clone e espaçamento isoladamente para os demais nutrientes avaliados. Neste compartimento a eficiência de utilização de fósforo foi a maior em todos os clones, independente do espaçamento adotado, seguido de Mg, K, Ca e N (Tabela 6).

O efeito do espaçamento sobre a EUN de N nas folhas (Tabela 6) foi significativo apenas nas comparações de *E. platyphylla*, para o qual observou-se que a média desta variável foi diferente entre as áreas com espaçamento 3m x 2m e 3m x 3,5m, com o maior valor ( $p < 0,05$ ) encontrado no último arranjo citado. Nos dois espaçamentos mais adensados (3m x 2m e 3m x 3m), os três clones apresentaram o mesmo comportamento em relação à EUN de N. Porém, quando são considerados os espaçamentos 3m x 3,5m e 3 x 4m, o *E. platyphylla* foi o mais eficiente ( $p < 0,05$ ) no uso deste elemento.

Todos os materiais genéticos avaliados utilizaram o fósforo para produção de biomassa das folhas, com maior eficiência quando foram estabelecidos nas menores densidades de plantio (Tabela 6). A comparação da eficiência nutricional de fósforo dos clones nos espaçamentos 3m x 3m e 3m x 3,5m e 3m x 4m, demonstrou superioridade de *E. platyphylla* ( $p < 0,05$ ) em relação aos demais. Na menor densidade, entretanto, as espécies apresentaram o mesmo comportamento para a EUN de P nas folhas ( $p < 0,05$ ).



**Tabela 6:** Eficiência de utilização de nutrientes (kg de biomassa/kg de nutriente) nas folhas de clones de eucalipto, em função de diferentes espaçamentos de plantio, aos 18 meses de idade, em Dom Eliseu- Pará.

Nutriente	Espaçamento	EUN (kg de biomassa/kg de nutriente)					
		<i>E. grandis</i>	SD	<i>E. urograndis</i>	SD	<i>E. platyphylla</i>	SD
N	3m x 2m	78,10	(1,81)	81,98	(1,15)	81,69b	(0,93)
	3m x 3m	81,27	(14,36)	87,66	(0,42)	88,13b	(8,78)
	3m x 3,5m	80,34B	(2,88)	78,18B	(3,66)	100,21aA	(3,78)
	3m x 4m	83,93AB	(0,81)	75,29B	(6,21)	93,56baA	(5,85)
P	3m x 2m	1.004,71bA	(39,81)	1.049,17bA	(40,28)	1.064,79bA	(54,41)
	3m x 3m	1.138,93abB	(67,60)	1.133,57baB	(24,03)	1.339,92aA	(67,59)
	3m x 3,5m	1.283,06aB	(94,54)	1.259,66aB	(38,84)	1.495,34aA	(64,59)
	3m x 4m	1.265,29aB	(122,48)	1.252,31aB	(59,51)	1.342,55aA	(94,62)
K	3m x 2m	164,33	(14,20)	160,93a	(7,38)	152,23	(11,21)
	3m x 3m	166,43	(5,58)	143,97b	(4,42)	153,18	(0,59)
	3m x 3,5m	161,83	(10,20)	148,12b	(9,70)	162,60	(1,70)
	3m x 4m	190,31	(21,73)	151,75ab	(2,47)	165,20	(6,80)
Ca	3m x 2m	153,56	(4,40)	134,06	(27,40)	160,2381	(51,11)
	3m x 3m	162,37	(13,75)	146,53	(28,24)	193,0825	(35,84)
	3m x 3,5m	140,11	(27,14)	162,58	(13,12)	194,6763	(29,70)
	3m x 4m	133,71	(32,17)	198,33	(35,65)	205,302	(41,06)
Mg	3m x 2m	477,4256	(104,91)	361,0538	(39,81)	384,6128	(28,39)
	3m x 3m	454,4715	(57,48)	400,3739	(18,11)	395,2354	(33,94)
	3m x 3,5m	421,2262	(43,63)	377,6141	(22,77)	407,3287	(73,05)
	3m x 4m	451,2973	(61,31)	404,2068	(7,55)	425,2438	(53,15)

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes espaçamentos e médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes clones dentro de cada compartimento da árvore pelo teste de Tukey a 5 % de significância. Desvio Padrão (SD).

A eficiência de utilização de K nas folhas (Tabela 6) foi estatisticamente diferente em função do espaçamento adotado somente nos tratamentos com *E. urograndis*, para o qual a maior média ( $0 < 0,05$ ) de EUN de K foi verificada nas áreas com maior densidade de plantio.

- *Eficiência de utilização de Nutrientes nos Galhos Secos.*

A EUN, no compartimento galho seco, foi significativa apenas para interação entre clone e espaçamento, quando se considerou os macronutrientes P e K (Tabela 7).

Nos plantios com *E. grandis*, o P foi utilizado de forma mais eficiente ( $p < 0,05$ ) nas áreas com espaçamento 3m x 3m e 3 m x 3,5m o 3m x 3m (Tabela 7). Para *E. urograndis* a



maior média ( $p < 0,05$ ) de EUN de P foi verificada nos espaçamentos 3 x 3,5m e 3 x 4m e para *E. platyphylla*, este valor foi encontrado quando se estabeleceu os plantios em arranjo de 3 x 3m.

**Tabela 7:** Eficiência de utilização de nutrientes (kg de biomassa/kg de nutriente), nos galhos secos de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, em Dom Eliseu- Pará.

Nutriente	Espaçamento	EUN (kg de biomassa/kg de nutriente)					
		<i>E. grandis</i>	SD	<i>E. urograndis</i>	SD	<i>E. platyphylla</i>	SD
N	3m x 2m	1.822,48	(97,31)	1.822,48	(426,39)	2.052,02	(388,34)
	3m x 3m	2.023,49	(1.042,42)	2.023,49	(21,88)	2.873,39	(527,08)
	3m x 3,5m	1.927,10	(1.193,02)	1.927,10	(1.176,60)	2.413,52	(755,05)
	3m x 4m	1.793,46	(416,39)	1.793,46	(488,75)	2.747,68A	(887,77)
P	3m x 2m	3.838,74cB	(612,04)	6.676,81bA	(1.489,98)	6.455,29bA	(1.743,51)
	3m x 3m	7.405,92abA	(412,80)	4.659,88cB	(723,90)	7.052,23aA	(639,08)
	3m x 3,5m	8.203,47aA	(443,03)	7.404,41abB	(1.241,56)	6.760,60bB	(356,20)
	3m x 4m	6.413,07bB	(339,74)	8.481,76aA	(11,03)	6.452,55bB	(175,42)
K	3m x 2m	646,32A	(21,58)	361,89bB	(31,28)	425,62bB	(77,51)
	3m x 3m	556,27A	(110,76)	719,07aA	(150,93)	614,76aAB	(129,44)
	3m x 3,5m	580,92B	(91,37)	707,36aA	(149,54)	590,76aA	(74,42)
	3m x 4m	673,13A	(71,28)	350,62bB	(17,28)	545,04aA	(34,90)
Ca	3m x 2m	186,40	(30,52)	191,80	(28,43)	208,4	(19,35)
	3m x 3m	185,21	(8,57)	182,00	(34,32)	201,29	(35,34)
	3m x 3,5m	141,14	(45,10)	181,54	(47,75)	225,30	(19,65)
	3m x 4m	127,52	(28,99)	139,93	(23,37)	243,61	(150,36)
Mg	3m x 2m	953,00	(353,06)	2.689,50	(774,57)	6162,63	(3.022,07)
	3m x 3m	896,45	(51,91)	1.694,81	(533,92)	3672,65	(845,07)
	3m x 3,5m	963,54	(84,84)	2.197,99	(864,52)	3430,04	(771,07)
	3m x 4m	862,63	(151,50)	1.405,02	(454,96)	2596,78	(1.257,05)

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes espaçamentos e médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes clones dentro de cada compartimento da árvore pelo teste de Tukey a 5 % de significância. Desvio Padrão (SD).

- *Eficiência de utilização de nutrientes nos galhos verdes.*

Para galhos verdes a interação entre clone e espaçamento proporcionou efeito significativo na EUN para todos os nutrientes avaliados. Neste compartimento, o P foi o macronutriente que produziu maior quantidade de biomassa e o Ca proporcionou as menores médias (Tabela 8), independente do clone e espaçamento avaliado.

A média de eficiência utilização de N nos galhos verdes do *E. grandis*, no plantio 3m x 3m, foi menor ( $p < 0,05$ ) que nas demais densidades de plantio (Tabela 8). Resultado



diferente foi observado nos plantios com *E. urograndis* e *E. platyphylla*, nos quais, estes valores foram verificados nas densidades 3m x 2m e 3m x 4m, respectivamente. Pela comparação dos materiais genéticos no espaçamento 3m x 2m foi observado que o *E. urograndis* proporcionou a menor ( $p<0,05$ ) média de kg de biomassa  $N^{-1}$ . Nos plantios estabelecidos em arranjo 3m x 3m e 3m x 3,5m a menor EUN de N ( $p<0,05$ ) foi verificada para o povoamento de *E. grandis*.

**Tabela 8:** Eficiência de utilização de nutrientes (kg de biomassa/kg de nutriente), nos galhos verdes de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, em Dom Eliseu- Pará.

Nutriente	Espaçamento	EUN (kg de biomassa/kg de nutriente)					
		<i>E. grandis</i>	SD	<i>E. urograndis</i>	SD	<i>E. platyphylla</i>	SD
N	3m x 2m	777,98aB	(114,68)	514,54bC	(10,38)	891,18aA	(120,83)
	3m x 3m	549,32bB	(105,15)	849,16aA	(48,57)	989,69aA	(16,19)
	3m x 3,5m	657,72abB	(176,15)	920,92aA	(4,85)	939,76aA	(52,17)
	3m x 4m	752,34aA	(40,18)	751,07aA	(77,58)	650,49bA	(63,01)
P	3m x 2m	8.788,78aA	(651,01)	5.630,94bC	(1.092,83)	6.138,73aB	(984,30)
	3m x 3m	2.972,15cC	(406,19)	6.176,85aA	(255,05)	5.695,24aB	(841,31)
	3m x 3,5m	3.275,69cB	(298,72)	6.282,91aA	(418,99)	6.360,82aA	(707,50)
	3m x 4m	5.184,44bA	(995,67)	5.686,14bA	(304,55)	3.402,28bB	(190,19)
K	3m x 2m	821,49aA	(69,52)	413,78aB	(39,58)	520,41aB	(60,86)
	3m x 3m	422,74bB	(34,94)	423,53aB	(33,47)	547,38aA	(103,42)
	3m x 3,5m	416,73bA	(45,37)	429,73aA	(19,89)	504,63aA	(48,05)
	3m x 4m	424,03bA	(8,26)	449,72aA	(31,29)	409,16aA	(44,02)
Ca	3m x 2m	640,19aA	(144,37)	439,60baB	(57,75)	448,36baB	(129,89)
	3m x 3m	190,69bA	(46,22)	339,28cbB	(139,61)	275,72cbB	(80,03)
	3m x 3,5m	154,22bB	(7,40)	641,46aA	(116,38)	234,57cB	(22,91)
	3m x 4m	281,20bB	(23,09)	168,47cC	(41,69)	552,47aA	(123,34)
Mg	3m x 2m	5.297,76aB	(598,58)	3.899,28aC	(374,54)	8.432,12aA	(815,02)
	3m x 3m	1.335,35cB	(403,33)	3.640,38aA	(1.487,02)	3.001,56cA	(518,95)
	3m x 3,5m	1.874,67bB	(40,03)	867,44bC	(92,52)	3.103,58cA	(249,65)
	3m x 4m	1.977,58bB	(132,81)	877,50bC	(56,01)	4.263,39bA	(429,54)

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes espaçamentos e médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes clones dentro de cada compartimento da árvore pelo teste de Tukey a 5 % de significância. Desvio Padrão (SD).

*E. grandis* apresentou melhor resposta ( $p<0,05$ ) de utilização de P pelos galhos verdes foi verificado quando estabelecido em espaçamento 3m x 2m (Tabela 8). *E. urograndis*, por sua vez, utilizou o P para a produção de biomassa de forma mais eficiente ( $p<0,05$ ) nas áreas com plantio em 3m x 3m e 3m x 3,5m. *E. platyphylla*, por outro lado teve melhor resultado de eficiência do referido nutriente ( $p<0,05$ ) na menor densidade populacional. Entre os clones avaliados *E. grandis* foi o menos eficiente na utilização de fósforo para produção de biomassa dos galhos verdes ( $p<0,05$ ) nos espaçamentos 3m x 3m e 3m x 3,5m, enquanto que, na maior



e menor densidade de plantio o menor desenvolvimento foi verificado para *E. urograndis* e *E. platyphylla*, respectivamente.

A maior EUN para K ( $p < 0,05$ ) nos galhos verdes dos povoamentos de *E. grandis* foi verificada nas áreas com menor espaçamento (Tabela 8). Para os demais clones não foi observada diferença desta variável entre os tratamentos considerados. Pela comparação da eficiência nutricional de potássio entre os clones estudados foi observado que no espaçamento 3m x 2m o *E. grandis* foi mais eficiente ( $p < 0,05$ ) que *E. urograndis* e *E. platyphylla*. Entretanto, quando as árvores foram espaçadas em 3m x 3m o *E. platyphylla* usou o K de maneira mais eficiente ( $p < 0,5$ ). Nos povoamentos com os demais espaçamentos não foram encontradas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) na eficiência nutricional de K nos galhos verdes.

Todos os três materiais genéticos apresentaram melhor eficiência de utilização de Ca para a produção de matéria seca de galhos verdes ( $p < 0,05$ ) nas áreas com espaçamento 3m x 2m (Tabela 8). Para *E. urograndis* e *E. Platyphylla*, entretanto, estes valores foram iguais ( $p < 0,05$ ) aos encontrados onde o povoamento foi estabelecido em 3m x 3,5m e 3m x 4m, respectivamente. O *E. grandis* foi o clone mais eficiente na utilização de Ca ( $p < 0,05$ ) nas duas maiores densidades de plantio. No espaçamento 3m x 3,5m a maior eficiência nutricional ( $p < 0,05$ ) de Ca para a produção de biomassa de galhos verdes foi observada pelo *E. urograndis* e na menor densidade de plantio por *E. platyphylla*.

O Mg foi utilizado por todos os clones, para a produção de matéria seca de galhos verdes, de forma mais eficiente nas áreas com menor densidade populacional (Tabela 8). *E. platyphylla* foi o mais eficiente na produção de biomassa de galhos verdes N-1 entre os materiais genéticos avaliados em todos os espaçamentos considerados. Nas áreas com plantio espaçado em 3m x 3m apresentou resposta semelhante ao híbrido.

- *Eficiência de utilização de Nutrientes no Lenho.*

Pela ANOVA dos dados de EUN no lenho, não se observou interação significativa apenas para Mg. Para este nutriente também não foi observada diferença significativa em função dos fatores clone e espaçamentos isoladamente.

A eficiência de utilização de nutrientes na produção de biomassa do lenho seguiu a ordem:  $P > Mg > N > K > Ca$  (Tabela 9).

Considerando o clone *E. grandis* foi observada a menor eficiência de N ( $p < 0,5$ ) para a produção de biomassa do lenho, no espaçamento 3m x 4m (Tabela 9). Na avaliação dos



indivíduos do híbrido *E. urograndis* e de *E. platyphylla*, o maior valor de biomassa do lenho ( $p < 0,05$ ) foi verificado nos espaçamentos 3m x 2m e 3m x 4m, respectivamente. Avaliando os clones no espaçamento 3m x 2m observou-se que o *E. urograndis* utilizou o nitrogênio de maneira mais eficiente ( $p < 0,05$ ) que os demais para a produção de BL. Nos espaçamentos 3m x 3m e 3m x 3,5 o *E. platyphylla* apresentou EUN de N diferente e menor ( $p < 0,05$ ) que os demais materiais genéticos estudados. E na menor densidade de plantio, por outro lado, o menor valor de EUN de nitrogênio no lenho ( $p < 0,05$ ), foi observado nos plantios de *E. grandis*.

**Tabela 9:** Eficiência de utilização de nutrientes (kg biomassa/ kg de nutriente) no lenho de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, em Dom Eliseu- Pará.

Nutriente	Espaçamento	EUN (kg de biomassa/kg de nutriente)					
		<i>E. grandis</i>	SD	<i>E. urograndis</i>	SD	<i>E. platyphylla</i>	SD
N	3m x 2m	820,89aB	(66,01)	1.259,06aA	(143,10)	766,39bB	(102,00)
	3m x 3m	871,88aBA	(89,49)	1.029,22bA	(97,25)	781,15bB	(44,47)
	3m x 3,5m	872,45aBA	(94,91)	995,75bA	(97,69)	764,79bB	(68,45)
	3m x 4m	675,47bB	(79,40)	903,81bA	(9,12)	1.029,48aA	(71,35)
P	3m x 2m	3.317,27b	(155,69)	2.647,77c	(90,98)	3.420,73b	(695,45)
	3m x 3m	5.577,47a	(1.165,34)	4.548,37b	(1.132,82)	4.352,20b	(125,33)
	3m x 3,5m	3.754,67bB	(634,57)	5.916,70aA	(949,32)	3.932,74bB	(107,11)
	3m x 4m	5.590,27aBA	(694,15)	4.270,01bB	(412,63)	6.114,63aA	(467,77)
K	3m x 2m	543,63a	(43,19)	548,29b	(45,95)	604,07a	(38,32)
	3m x 3m	568,22aB	(33,15)	613,98bBA	(17,22)	652,51aA	(49,86)
	3m x 3,5m	564,77aB	(11,41)	715,56aA	(59,42)	578,53aB	(52,44)
	3m x 4m	557,87a	(18,10)	603,95b	(53,27)	633,10a	(24,92)
Ca	3m x 2m	335,66a	6(61,65)	423,52a	(67,87)	371,29b	(108,00)
	3m x 3m	259,02bB	(20,31)	339,58aB	(39,65)	480,51baA	(21,61)
	3m x 3,5m	347,68a	(110,86)	336,11a	(45,91)	446,02ba	(113,78)
	3m x 4m	280,55bB	(178,77)	334,18aB	(71,79)	635,21aA	(33,47)
Mg	3m x 2m	2285,92	(471,11)	2878,74	(725,01)	3.530,68	(1.163,55)
	3m x 3m	1887,29	(196,38)	2686,68	(461,75)	4.464,8	(363,87)
	3m x 3,5m	1880,14	(282,33)	2271,62	(308,07)	3.164,46	(1.065,27)
	3m x 4m	1776,2	(245,30)	2152,28	(757,61)	4.095,24	(1.885,77)

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes espaçamentos e médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes clones dentro de cada compartimento da árvore pelo teste de Tukey a 5 % de significância. Desvio Padrão (SD).

Nos plantios de *E. grandis* a adoção de espaçamentos 3m x 3m e 3m x 4m, resultou na maior eficiência de utilização de P ( $p < 0,05$ ) para a produção de biomassa do lenho, sendo esses valores, respectivamente, 5.577,47 e 5.590,27 Kg de biomassa Kg de P<sup>-1</sup> (Tabela 9). Nos



povoamentos de *E. urograndis* a maior e menor média de EUN de fósforo ( $p < 0,05$ ) foram encontradas, na mesma ordem, nos espaçamentos 3m x 3,5m e 3m x 2m. E no *E. platyphylla* a eficiência de P foi maior ( $p < 0,05$ ) nas áreas onde o plantio foi espaçado em 3m x 4m. O *E. urograndis* apresentou a maior média de eficiência nutricional de P ( $p < 0,05$ ) quando comparado aos demais clones no espaçamento 3m x 3,5m, porém, esta relação foi inversa na avaliação dos materiais genéticos na menor densidade de plantio.

As florestas de *E. urograndis*, apresentaram a maior média de eficiência nutricional para K no lenho ( $p < 0,05$ ), no arranjo 3m x 3,5m (Tabela 9). Neste espaçamento o referido clone apresentou a maior média de EUN de K ( $p < 0,05$ ) quando comparado aos demais clones. Considerando as áreas com espaçamento 3m x 3m, o maior valor desta variável foi verificado para as árvores de *E. platyphylla* as quais foram semelhantes ( $p < 0,05$ ) aos indivíduos de *E. urograndis*.

O Ca foi utilizado para a transformação de matéria seca do lenho de *E. grandis* de forma mais eficiente ( $p < 0,05$ ) quando o povoamento foi estabelecido nos espaçamentos 3m x 2m e 3m x 3,5m, os quais não diferiram entre si (Tabela 9). Nos plantios de *E. platyphylla* a utilização deste nutriente para a formação da biomassa do referido compartimento foi diferente ( $p < 0,05$ ) quando se adotou a maior e menor densidade de plantio, com superioridade das árvores plantadas em menor adensamento. Para *E. urograndis* não foi verificado efeito significativo do espaçamento ( $p < 0,05$ ) na produção de biomassa do lenho. Nos espaçamentos 3m x 3m e 3m x 4m *E. platyphylla* produziu uma maior quantidade de madeira  $\text{Ca}^{-1}$  utilizado ( $p < 0,05$ ) comparativamente a *E. grandis* e *E. urograndis*.

- *Eficiência de Utilização de Nutrientes na Casca.*

A análise de variância demonstrou que não houve interação significativa entre clone e espaçamento, quanto à eficiência de utilização de nutrientes na casca, apenas para os resultados do potássio. E, neste caso, não foi observado, também, o efeito isolado dos fatores estudados.

No espaçamento mais adensado o híbrido apresentou o maior valor médio de eficiência de uso de N ( $p < 0,05$ ) em relação aos demais clones, sendo esta média diferente ( $p < 0,05$ ) da encontrada para o clone *E. platyphylla* (tabela 10). Porém nas áreas com plantio espaçado a 3m x 3,5m o *E. grandis* apresentou a menor média de eficiência nutricional ( $p < 0,05$ ) considerando-se o nitrogênio.



De modo geral, o P foi o macronutriente mais eficiente para a produção de biomassa da casca independente do clone e espaçamento avaliado (Tabela 10). Para os povoamentos de *E. grandis* e *E. urograndis* as maiores médias de EUN de P ( $p < 0,05$ ) foram encontradas nas duas menores densidade de plantio. Nos plantios de *E. platyphylla* esta média foi maior quando adotou-se o espaçamento 3m x 3,5m. Nos espaçamentos 3m x 2m e 3m x 4m o clone *E. platyphylla* apresentou menor produção de biomassa ( $p < 0,05$ ) por Kg de fósforo utilizado em comparação aos outros dois clones estudados.

**Tabela 10:** EUN Eficiência de utilização de nutrientes (kg de biomassa/kg de nutriente), na casca de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, em Dom Eliseu- Pará.

Nutriente	Espaçamento	EUN (kg de biomassa/kg de nutriente)					
		<i>E. grandis</i>	SD	<i>E. urograndis</i>	SD	<i>E. platyphylla</i>	SD
N	3m x 2m	563,13aA	(17,47)	530,82aBA	(23,85)	474,57aB	(26,52)
	3m x 3m	579,97aA	(8,14)	612,58aA	(42,18)	547,78aA	(42,55)
	3m x 3,5m	450,44aB	(30,72)	566,64aA	(78,25)	531,85aA	(45,39)
	3m x 4m	525,78aA	(13,95)	583,57aA	(73,39)	563,63aA	(19,41)
P	3m x 2m	3.369,37bB	(84,92)	4.012,85cbA	(210,51)	2.869,18cC	(123,75)
	3m x 3m	3.239,02bB	(279,15)	3.699,77cA	(969,10)	3.363,79bBA	(251,65)
	3m x 3,5m	4.458,16aA	(740,15)	4.632,32aA	(712,29)	4.365,11aA	(816,08)
	3m x 4m	4.252,71aA	(486,25)	4.290,29baA	(476,12)	3.187,25cbB	(262,46)
K	3m x 2m	217,72	(13,43)	280,5473	(9,41)	289,9938	(26,35)
	3m x 3m	273,11	(28,11)	371,9822	(18,63)	275,0758	(29,23)
	3m x 3,5m	236,18	(6,50)	313,1596	(20,22)	247,5307	(5,56)
	3m x 4m	263,05	(3,31)	276,5848	(14,27)	258,9466	(7,96)
Ca	3m x 2m	40,93aB	(3,27)	57,08aA	(7,32)	58,17baA	(4,30)
	3m x 3m	41,67aB	(2,10)	42,82bB	(7,30)	59,51baA	(1,17)
	3m x 3,5m	39,21aB	(4,19)	34,38bB	(1,03)	56,59bA	(5,08)
	3m x 4m	32,92aB	(1,22)	40,74bB	(2,86)	67,13aA	(3,52)
Mg	3m x 2m	287,56aB	(35,99)	474,04bB	(64,58)	807,95aA	(146,91)
	3m x 3m	342,31aC	(113,63)	575,26baB	(61,80)	808,22aA	(94,32)
	3m x 3,5m	395,49aB	(36,93)	488,36bB	(103,90)	818,88aA	(163,37)
	3m x 4m	392,42aB	(68,29)	744,16aA	(204,46)	863,11aA	(104,00)

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes espaçamentos dentro de cada compartimento da árvore e médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes clones dentro de cada compartimento da árvore pelo teste de Tukey a 5 % de significância. Desvio Padrão (SD).

De modo geral, o P foi o macronutriente mais eficiente para a produção de biomassa da casca independente do clone e espaçamento avaliado (Tabela 10). Para os povoamentos de *E. grandis* e *E. urograndis* as maiores médias de EUN de P ( $p < 0,05$ ) foram encontradas nas duas menores densidade de plantio. Nos plantios de *E. platyphylla* esta média foi maior quando adotou-se o espaçamento 3m x 3,5m. Nos espaçamentos 3m x 2m e 3m x 4m o clone



*E. platyphylla* apresentou menor produção de biomassa ( $p < 0,05$ ) por Kg de fósforo utilizado em comparação aos outros dois clones estudados.

A maior eficiência de utilização de Ca ( $p < 0,05$ ) na casca do clone *E. urograndis* foi observada no espaçamento 3m x 2m, sendo este valor estatisticamente diferente dos demais. Entre os povoamentos de *E. platyphylla* a EUN de Ca na casca nos plantios com espaçamento igual a 3m x 3,5 foi inferior e diferente ( $p < 0,05$ ) das áreas com os demais espaçamentos considerados. Entre os materiais genéticos pode-se observar que o *E. platyphylla* foi o mais eficiente ( $p < 0,05$ ) na utilização de Ca em todos os espaçamentos.

Nas florestas de *E. urograndis* a eficiência de utilização de magnésio na casca foi superior ( $p < 0,05$ ) na área com menor adensamento de plantio, apesar desta não ter sido diferente do encontrado onde o plantio foi estabelecido em 3 m x 3m de espaçamento. O *E. platyphylla* foi superior na eficiência de uso de Mg ( $p < 0,05$ ) em todas as áreas quando comparado aos outros materiais genéticos estudados.

## 2.4. Discussão.

### 2.4.1. Crescimento.

O desenvolvimento em altura dos indivíduos avaliados neste estudo variou em função do espaçamento adotado, para todos os clones considerados, com a tendência de maior altura das árvores nas áreas com maior densidade de plantio. No entanto, em outros trabalhos é possível observar controvérsias quanto a influencia do espaçamento de plantio sobre o desenvolvimento em altura de espécies florestais, como as do gênero *Eucalyptus* (Leles et al., 2001; Bouvet et al., 2002; Barton e Montagu, 2006; Araújo et al., 2011; Nascimento et al., 2012).

Avaliando o desenvolvimento de árvores de eucalipto nos anos iniciais de desenvolvimento Reiner et al. (2011), não encontraram diferença nas alturas dos indivíduos estabelecidos em diferentes densidades populacionais. Garcia (2010), por sua vez, encontrou um comportamento negativo do crescimento em altura com a diminuição da densidade de plantio, em povoamentos de eucalipto. Oliveira et al. (2009), entretanto, encontrou maior resposta do crescimento em altura quando os indivíduos de eucalipto foram plantados nas menores densidades, corroborando com a tendência encontrada neste trabalho.

Em relação ao diâmetro das árvores avaliadas nesta pesquisa foi observado o efeito isolado tanto do espaçamento quanto dos clones considerados. Oliveira Neto et al. (2010)



ênfatizam que o espaçamento afeta em maior proporção o desenvolvimento em diâmetro que a altura das plantas. Diversos trabalhos relatam que os maiores diâmetros das árvores são encontrados nas áreas com maiores espaçamentos (Berge et al., 2002; Muller et al., 2005; Magalhães et al., 2007; Nascimento et al., 2012), como o encontrado nesta pesquisa. Reinner et al. (2011) ênfatizam que em espaçamentos mais amplos os recursos do meio como água, nutrientes e luz, são melhor aproveitados pelos indivíduos, devido a diminuição da competição, o que reflete no seu maior desenvolvimento horizontal.

#### 2.4.2. Biomassa aérea.

O espaçamento de plantio influencia direta e indiretamente em diversas outros fatores relevantes para a floresta, como o fechamento rápido ou tardio do dossel, o regime de crescimento dos indivíduos, produção de biomassa por árvore e unidade de área, disponibilidade de matéria-prima, tratos silviculturais, idade de corte, custo da implantação e colheita da floresta, entre outros (Penfold e Willis, 1961; Barrett et al., 1975). Assim, a escolha do espaçamento é uma das principais decisões a ser tomada quando se deseja o melhor desenvolvimento de um plantio florestal (Lacerda et al., 2013),

No presente estudo, foi observada influência do espaçamento sobre a produção de biomassa dos clones avaliados, onde se encontrou maiores biomassas nas áreas com espaçamentos mais adensados. Este resultado, possivelmente está relacionado ao maior número de árvores encontrado nestas áreas, como foi observado por Muller et al. (2005), ao avaliarem o desenvolvimento de um híbrido de *E. grandis* x *E. camaldulensis* em cinco diferentes espaçamentos (3,0m x 0,5 m, 3,0m x 1,0 m, 3,0m x 1,5 m, 3,0m x 2,0 m e 3,0 m x 3,0 m.), aos 24 meses de idade.

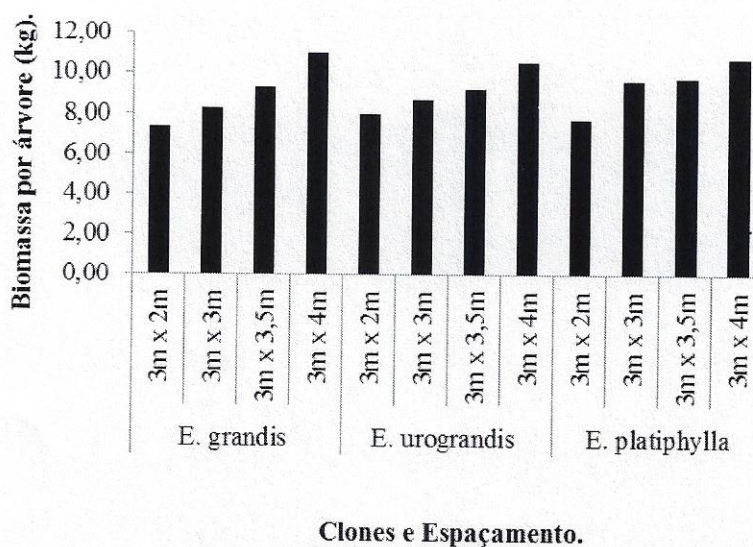
A maior produção de biomassa nas áreas com menor espaçamento está de acordo com o que foi exposto por Schonau e Coetzee (1989), os quais afirmam que, quando a finalidade do plantio é a produção de celulose a implantação de 1.111 árvores por hectare (espaçamento 3m x 3m) é adequado quando se considera áreas com boas condições edafoclimáticas e, quando o contrário, o mais indicado é estabelecer o plantio com 3m x 2,5m de espaçamento, proporcionando, dessa forma, melhores condições para o aumento da produtividade do povoamento.

Alcorn et al. (2008), por outro lado, ênfatizam que, considerando as árvores individualmente, a produção de biomassa é maior nos espaçamentos menos adensados,



conforme foi observado no presente estudo (Fig. 4), pois nestas condições, há um maior crescimento de diâmetro dos indivíduos, devido a redução da competição pelos recursos do meio, como água e nutrientes, porém, quando esta produção é observada por unidade de área (hectare), as maiores médias de matéria seca são encontradas nos espaçamentos mais adensados, em virtude do maior número de árvores por unidade de área. Para Rondon (2006), entretanto, a adoção de espaçamentos de plantio muito densos resulta, em geral, na elevação do custo da implantação e manutenção dos povoamentos, pois haverá a necessidade de um maior número de árvores e dificuldade de manejo da área.

Fig. 4: Biomassa total, por árvore, de clones de eucalipto em função de diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.



A biomassa dos compartimentos das árvores avaliadas nesta pesquisa, seguindo a ordem lenho > galhos verdes > Folhas > Casca > Galhos secos, é semelhante aos resultados encontrados por Viera e Schumacher (2011), estudando a produção de biomassa em povoamentos monoespecíficos e mistos de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* e de milho (*Zea mays*), aos 18 meses de idade, em espaçamento 4m x 1,5m, e por Viera et al. (2012), em estudo com *Eucalyptus urograndis*.

Geralmente existe uma tendência de decréscimo de produção de biomassa do lenho a folhas, com casca em segundo lugar, porém, em alguns casos esta posição é alcançada pelos galhos. O acúmulo de biomassa é um dos principais indicativos da adaptação dos materiais genéticos as condições do meio quanto à disponibilidade de recursos como água, nutrientes e



luminosidade. No presente trabalho, a adoção de diferentes espaçamentos não implicou na mudança desta tendência.

*E. grandis* também apresentou maior produção de biomassa de folhas no estudo de Schumacher e Poggiani (1993) em detrimento de *E. camaldulensis* e *E. torelliana*, plantados em espaçamento 3m x 2m, fato próximo ao ocorrido no presente estudo, onde, na maioria dos espaçamentos, a produção de biomassa de folhas de *E. grandis* foi superior a encontrada para *E. urograndis* e *E. platyphylla*.

Nesta pesquisa, a porcentagem de biomassa do lenho em relação à biomassa total das árvores pouco variou entre os clones, com valores de 50,23%, 58,35% e 61,11%, respectivamente, para *E. grandis*, *E. urograndis* e *E. Platyphylla*, na maior densidade de plantio. Quando se adotou o maior espaçamento de plantio (3m x 4m), estes valores foram iguais a 50,22%, 54,52% e 60,50% para os mesmo materiais genéticos citados anteriormente. Nos demais espaçamentos foram observados valores intermediários aos citados. Vieira et al. (2012), estudando a produção de biomassa de *Eucalyptus grandis* em povoamento com 18 meses de idade plantado em espaçamento 3 x 2,25m, encontrou a porcentagem de 45% de biomassa do fuste (lenho e casca) em relação a biomassa aérea total produzida, o que representa resultados inferiores aos obtidos neste trabalho.

Em estudo com *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus camaldulensis*, Leles et al. (2001) verificaram que o lenho produziu maior porcentagem de biomassa em comparação aos demais componentes das árvores avaliadas para ambos os clones, com esta parte correspondendo a 53% da biomassa total no espaçamento 3m x 1m e quando foi adotado um espaçamento igual ao menor considerado em nossa pesquisa (3m x 2m), este valor ficou em torno de 40%, para *E.pellita*. Resultado que é inferior ao encontrado para *E. grandis*, *E. urograndis* e *E. Platyphylla*.

Nas fases iniciais de estabelecimento do plantio, devido ao não fechamento do dossel, há um favorecimento do desenvolvimento de galhos e folhas em função da maior incidência de luminosidade nestes compartimentos, porém, com o amadurecimento do plantio e o consequente fechamento do dossel e a maior competição entre as copas, acompanhado das quedas de folhas da parte mediana das árvores (senescência), os galhos e as folhas deixam de ser a principal fonte consumidora dos produtos da fotossíntese, sendo maior parte dos mesmos aproveitada pelo fuste, o que irá refletir em uma maior proporção da biomassa deste compartimento em relação a biomassa aérea total dos indivíduos (Schumacher, Witschoreck e Calil, 2011). Reis et al. (1985) afirmam, que em idades mais tardias, esta relação pode ser superior a 85%.



As diferentes respostas de produção de biomassa entre os plantios nos diferentes espaçamentos são encontradas comumente na fase inicial de desenvolvimento do plantio, como no presente trabalho, pois com o decorrer do crescimento da floresta esta produção tende a ser uniforme, uma vez que, nas áreas com menor espaçamento há a tendência que a floresta alcance seu crescimento ótimo em idades mais curtas e as áreas com plantios mais espaçados a estagnação do crescimento ocorra em um maior período de tempo (Muller et al., 2005; Magalhães et al., 2007).

#### 2.4.3. Eficiência de utilização de nutrientes.

Os clones avaliados nesta pesquisa apresentaram diferença quanto à eficiência de utilização de nutrientes quando foram plantados em diferentes espaçamentos. Resultado que também foi verificado por Shujauddin e Kumar (2003), em plantios com *Ailanthus triphysa*, onde encontram a maior eficiência de utilização de N e K nos espaçamentos 3m x 2m e 3m x 3m e para o P em 3m x 1m, neste caso a maior densidade de plantio. A interação genótipo-ambiente pode resultar na alteração de vários fatores produtivos de uma floresta, como o nutricional (Faria et al., 2008).

As diferentes respostas que os clones apresentaram quanto à eficiência de utilização de nutrientes ao serem estabelecidos em diferentes densidades de plantio avaliadas nesta pesquisa, podem ser resultantes das características intrínsecas dos diferentes materiais genéticos ao serem submetidos a níveis de competição distintos. , A competição entre os indivíduos altera os processos fisiológicos, morfológicos e fisiológicos das plantas, o que irá afetar diretamente a sua eficiência nutricional (Lafetá, 2012; Sieger et al., 2005; Novais et al., 2007).

Em pesquisa com diferentes materiais genéticos de eucalipto em variados sítios florestais no estado de São Paulo, foi observado superioridade do *E. grandis* sobre *E. saligma* para a EUN de todos os macronutrientes, que também foi afetada pelas diferentes condições edafoclimáticas, sobretudo pelos atributos do solo (Santana et al., 2002).

Lafetá (2012), avaliando o comportamento do eucalipto em função de diferentes espaçamentos, observou maior eficiência de utilização de macronutrientes quando os indivíduos foram plantados em espaçamentos 3m x 3m do que em áreas com 3m x 0,5m, 3m x 1m, 3m x 1,5m e 3m x 2m. Este autor observou, ainda, que no maior espaçamento a ordem



de EUN foi  $P > Mg > S > K > N > Ca$ , e nas demais densidades de plantio o posicionamento de N e K foram investidos.

A melhor EUN na produção de biomassa em todos os compartimentos das árvores, independente do clone e da densidade de plantio, foi obtida com o elemento fósforo. Segundo Vitousek (1984), o fósforo é o nutriente utilizado com maior eficiência nas condições de solo tropicais, o que ocorre principalmente, nas áreas com menor teor deste elemento. A maior eficiência na utilização de P pode está relacionada ao menor teor deste nutriente na planta em relação aos demais, o que em muitos casos, pode representar deficiência deste elemento, pois conforme Silveira et al. (2004), o P e o K, são os nutrientes encontrados com maior deficiências nas florestas de eucalipto.

Nas folhas de todos os clones estudados o N foi o elemento utilizado com menor eficiência nutricional. Isso ocorre, principalmente, por este elemento apresentar-se em alta concentração nas folhas verdes e pelo processo de retranslocação interna (Caldeira et al., 2002). Segundo Pinto et al. (2011), o N é o nutriente de maior demanda pelas plantas, sendo um dos principais a limitar o seu crescimento.

Em todos os compartimentos das árvores, exceto as folhas, o Ca apresentou a menor eficiência de utilização em relação a todos os outros nutrientes. Este valor foi menor ainda quando a avaliação ocorreu no compartimento casca, o que ocorre devido ao Ca apresentar-se em alta concentração neste compartimento, e ter baixa mobilidade no floema (Colin-Belgrand et al., 1996; Caldeira et al., 2002).

Para a produção de biomassa do lenho, principal componente de interesse da produção florestal, o *E. urograndis* utilizou de forma mais eficiente N (3m x 2m e 3m x 3m), P e K (3m x 3,5m) e *E. platyphylla* para P (3m x 3m) e Ca (3m x 3m; 3m x 3,5m). Os dois clones citados foram, também, mais eficientes no uso de N (3m x 4m) e K (3m x 3m) em relação ao clone *E. grandis*. Este resultado concorda com as observações de Paula et al. (2003) e Camargo et al. (2004), os quais relatam que dificilmente será encontrado um material genético eficiente na utilização de todos nutrientes, sendo, desta forma, de responsabilidade do silvicultor escolher o que mais se adapta as condições de fertilidade da área onde a floresta será estabelecida. Esses resultados também indicam que esse dois materiais genéticos são mais adaptáveis às condições de estudo, que são pobres em N, P e K. Isso possibilita até reduções nos custos com fertilizantes.

Como os plantios avaliados estão em uma idade jovem (18 meses); avaliações futura sobre o seu desenvolvimento podem contribuir para o melhor conhecimento do



comportamento destes plantios em função dos espaçamentos adotados. O que é recomendável para todos os clones avaliados.

## 2.5. Conclusões.

- Em diferentes materiais genéticos o menor espaçamento de plantio aumenta a altura e diminui o diâmetro das árvores.
- Considerando o DAP das árvores o *E. grandis* é o material genético mais adequado para as condições da área ;
- O maior espaçamento de plantio contribui para a maior produção de biomassa total e no lenho está localizada a maior proporção de biomassa.
- O menor espaçamento de plantio afeta positivamente a EUN.
- São necessárias avaliações futuras para verificar o melhor desenvolvimento dos plantios.

## Referências

- Alcorn, P.J.; Bauhus, J.; Thomas, D.S.; James, R. N.; Smith, R.G.B.; Nicotra, A. B. Photosynthetic response to green crown pruning in young plantation-grown *Eucalyptus pilularis* and *E. cloeziana*. 2008. **Forest Ecology and Management**. v. 255, p. 3827-3838.
- Amaral, J. F. T.; Martinez, H. E. P.; Laviola, B. G. Filho, E. I. F.; Cruz, C. D. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. 2011. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.4, p.621-629.
- Andrade, T. C. G. R.; Barros, N. F.; Dias, L. E.; Azevedo, M. I. R. Biomass yield and calorific value of six clonal stands of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake cultivated in Northeastern Brazil. 2013. **Cerne**. Lavras, v. 19, n. 3, p. 467-472, jul./set.
- Araújo, R. P.; Almeida, J. C. C.; Ribeiro, E. T.; Araújo, S. A. C.; Morenz, M. J. F.; Rangel, B. O. F.; Bonaparte, T. P.; Deminiciis, B. B. Características dendrométricas do *Eucalyptus urophylla* em sistema silvipastorial com *Brachiaria decumbens* sob diferentes espaçamentos. 2011. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.1, n.2, p.39-44.



- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF. **Anuário estatístico da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas 2013: ano base 2012.** Brasília, DF, 2013. 130 p.
- Barreto, V. C. M.; Silveira, R. L. V. A.; Takahashi, E. N. Eficiência de uso de boro no crescimento de clones de eucalipto em vasos. **Scientia Forestalis.**, n.76, p.21-33, 2007.
- Bernardo, A. L. **Crescimento e Eficiência Nutricional de Eucalyptus spp sob diferentes espaçamentos na Região do Cerrado de Minas Gerais.** 1995. 102p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais.
- Bouvet, J. M.; Vigner, P.H.; Gouma, R.; Saya, A. Trends in variances and heritabilities with age for growth traits in Eucalyptus spacing experiments. 2003. **Silvae Genetica**, n. 52, n. 3-4.
- Caldeira, M. V. W.; Rodon Neto, R. M.; Schumacher, M. V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild). 2002. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 615 – 620.
- CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SUMACHER, M.V. Eficiência do uso de micronutrientes e sódio em três procedências de acácia – negra ( *Acacia mearnsii* de Wild). 2004. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 39 – 47.
- Camargo, M. L. P.; Moraes, C. B.; Mori, E. S.; Guerrini, I. A.; Mello, E.J.; Oda, S. Considerações sobre a eficiência nutricional em Eucalyptus. 2004.. Nota Científica. **Científica**. Jaboticabal, v. 32, n.2, p.191-196.
- Colin-Belgrand, M.; Ranger, J.; Bouchon, J. Internal nutrient translocation in chestnut tree stemwood: III. Dynamics across an age series of *Castanea sativa* (Miller). 1996. **Annals of Botany**, v.78, n.6, p.729-740.
- Faria, G. E.; Barros, N. F.; Cunha, V. L. P.; Martins, I. S.; Martins, R. C. C. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes de genótipos de *Eucalyptus spp.* no Vale do Jequitinhonha, MC. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.18, n.3, p.369-379. 2008.
- Garcia, E. A. **Caracterização física e química do solo e avaliação do desenvolvimento de plantas de eucalipto em função do espaçamento e da adubação, visando à colheita precoce para utilização em bioenergia.** 2010. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Guimarães, H.S. **Variabilidade genética para eficiência nutricional em progênies de Eucalyptus camaldulensis e Eucalyptus citriodora.** 1993. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). 1993. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- Lacerda, A. E. B.; Rosot, M. A. D.; Garrastazú, M. C.; Lima, R. T. Influence of spacing regimes on the development of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) in Southern Brazil. 2013. **Forest Ecology and Management**. 310, 761–769.



- Lafetá, B. O. **Eficiência nutricional, área foliar e produtividade de plantações de eucalipto em diferentes espaçamentos estimados com redes neurais artificiais**. 2012. Dissertação (Mestrado). Faculdade Ciências Agrárias. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina. Minas Gerais.
- Leles, P. S. S.; Reis, G. G.; Reis, M. G. F.; Morais, E. J. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região do Cerrado, M.G. 2001. **Scientia. Forestalis**, n. 59, p. 77 – 87.
- Magalhães, W. M.; Macedo, R. L. G.; Venturin, N.; Higashikawa, E. M.; Yoshitani Júnior, M. Desempenho silvicultural de clones e espécies/procedências de *Eucalyptus* na região noroeste de Minas Gerais. 2007. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 368-375.
- Malavolta, E. Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações. 2.ed. 1997. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potássio e do Fósforo**. 319p.
- Muller, M. D.; Couto, L.; Leite, H. G.; Brito, J. O. Avaliação de um clone de Eucalipto estabelecido em diferentes densidades de plantio para produção de biomassa e energia. 2005. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 3, p. 177-186.
- Nascimento, D. F.; Leles, P. S. S.; Oliveira Neto, S. N.; Moreira, R. T. S.; Alonso, J. M. Crescimento inicial de seis espécies florestais em diferentes espaçamentos. 2012. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 159-165.
- Novais, R. F.; Alvarez, V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. 2007. **Fertilidade do solo**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1017 p.
- Oliveira Neto, S. N.; Reis, G. G.; Reis, M. G. F.; Leite, H. G.; Neves, J. C. L. Crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de cerrado de Minas Gerais. 2010. **Revista Floresta**. Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 755-762.
- Oliveira, T. K. et al. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. 2009. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 60, p. 01-06, (Edição especial).
- PAULA, R. C. de; PAULA, N. F. de; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. da; TOLFO, A. L. T. Controle genético da eficiência de utilização de fósforo em famílias de meio - irmãos de *Eucalyptus grandis*, em casa de vegetação. 2003. **Revista Árvore**, Viçosa, v.12, n.1, p.25-34.
- Pinto, S. I. C.; Furtini Neto, A. E.; Neves, J. C. L.; Faquin, V.; Moretti, B. S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. 2011. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.35, p.523-533.
- Reiner, D. A.; Silveira, E. R.; Szabo, M. S. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimentos da pequena propriedade na região sudoeste do Paraná. 2011. **Synergismus científica**, Pato Branco, v. 6, n. 1.



- Reis, M. G. F.; Kimmins, J. P.; Resende, G. C.; Barros, N. F. Acúmulo de biomassa em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no Cerrado, em duas áreas com diferentes produtividades. 1985. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 9, n. 2, p. 149-162.
- Rodon, E. V. Estudo de biomassa de *Tectona grandis* L.f. sob diferentes espaçamentos no Estado de Mato Grosso. 2006. **Revista Árvore**, Viçosa, vl. 30, n. 3, p. 337-341.
- Safou-Matondo, R.; Deleporte, P.; Laclau, J. P.; Bouillet, J. P. Hybrid and clonal variability of nutrient content and nutrient use efficiency in *Eucalyptus* stands in Congo. 2005. **Forest Ecology and Management**. 193-204.
- Santana, R. C.; Barros, N. F.; 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. 2002. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 447-457.
- Santana, R. C.; Barros, N. F.; Leite, H. G.; Comerford, N. B.; Novais, R. F. Estimativa de biomassa em plantios de eucalipto no Brasil. 2008. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, p.697-706.
- Schonau, A. P. G.; Coetzee, J. Initial Spacing, Stand Density and Thinning in Eucalypt Plantations. 1989. **Forest Ecology and Management**. 29, 245-266.
- Schumacher, M. V.; Poggiani, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi, SP. **Revista Ciência Florestal**. 1993. Santa Maria, v.3, n.1, p. 21-34.
- Schumacher, M. V.; Witschoreck, R.; Calil, F. N. Biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. de pequenas propriedades rurais em Vera Cruz, RS. 2011. **Revista Ciência Florestal**. Santa Maria, v. 21, p. 17-22.
- Sereghetti, G. C. Biomassa inicial do híbrido *Eucalyptus urophyllavs. eucalyptusgrandis* em diferentes espaçamentos. 2012. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Botucatu.
- Sieger, S. M.; Kristensen, B. K.; Robson, C. A.; Amirsadeghi, S.; Eng, E. W.; Abdel-Mesih, A.; Moller, I. M.; Vanlerberghe. The role of alternative oxidase in modulating carbon use efficiency and growth during macronutrient stress in tobacco cells. 2005. **Journal of Experimental Botany**. v.56, n. 416, p. 1499-1515.
- Silveira, R.L.V.A.; Higashi, E.N.; Gonçalves, A.N. & Moreira, A. Evaluation of the nutritional status of eucalypts: visual and foliar diagnoses and their interpretation. In: Gonçalves, J.L.M., ed. Forest nutrition and fertilization. 2004. Piracicaba: IPEF, p. 85- 111.
- Soares, C. P. B.; Neto, F. P.; Souza, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2ed. 2011. Viçosa, Minas Gerais. Ed. UFV.
- Stahl, J.; Ernani, P. R.; Gatiboni, L. C.; Chaves, D. M.; Neves, C. U. Produção de massa seca e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus dunni* e *Eucalyptus benthamii* em função da



adição de doses de fósforo ao solo. 2013. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 287-295, abr.-jun.

Viera, M.; Schumacher, M. V. Biomassa em povoamentos monoespecíficos e mistos de Eucalipto e Acácia – negra e do milho em sistema agrossilvicultura. 2011. **Revista Cerne**. Lavras, v. 17, n. 2, p. 259-265. Abr./Jun.

Vieira, M.; Bonacina, D. M.; Schumacher, M. V.; Calil, F. N.; Caldeira, M. V. W.; Watzlawick, L. F. Biomassa e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus urograndis* na Serra do Sudeste-RS. 2012. **Ciências. Agrárias**, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2481-2490.

### 3. EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE NUTRIENTES, PRODUÇÃO DE MADEIRA E FERTILIDADE DO SOLO EM FUNÇÃO DE ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO DE EUCALIPTO, EM DOM ELISEU, PARÁ.

#### RESUMO

Estudou-se a eficiência de utilização de nutrientes, a produção volumétrica e fertilidade do solo em povoamentos de clones de *E. grandis*, *E. grandis* x *E. urograndis* e *E. platyphylla* em função de diferentes espaçamentos de plantio (3m x 2m, 3m x 3m, 3m x 3,5m e 3m x 4m), aos 18 meses de idade, no Município de Dom Eliseu, Pará, em experimento com delineamento em blocos ao acaso em arranjo fatorial 3 x 4. Em cada parcela experimental foram medidos a Altura total e o DAP de todos os indivíduos da área útil, e posteriormente, abateu-se uma árvore com diâmetro médio representativo, na qual procedeu-se a cubagem rigorosa de Smalin para determinação de seu volume. A eficiência de utilização de nutrientes foi determinada através do CUB pela relação entre a quantidade de biomassa produzida no tronco (kg) por conteúdo de nutriente no tronco (kg) e a fertilidade pela coleta de amostras de solos nas camadas de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm em cada parcela. O espaçamento de plantio influenciou a produção volumétrica, com os maiores valores encontrados nas áreas mais adensadas (3m x 2m). *E. grandis* apresentou o menor volume em relação a *E. urograndis* e *E. platyphylla*, independente do espaçamento adotado. A médias de CUB seguiram a tendência  $P > Mg > K . N > Ca$  em todos os tratamentos. Os materiais genéticos diferiram significativamente quanto a eficiência nutricional para todos os nutrientes em função do espaçamento estabelecidos. Na primeira profundidade do solo avaliado, apenas as médias de P, H+Al e Cu diferiram significativamente em função dos tratamentos aplicados. Os valores médios de Cu, também apresentam diferença significativa na avaliação dos atributos na camada de 20 – 40 cm. Nas áreas com *E. grandis* o teor de fósforo no solo foi maior nas maiores densidades de plantio. Quando se considerou o espaçamento 3 m x 3m o fósforo foi maior no solo sob o plantio de *E. grandis* em comparação aos povoamentos com os demais clones na mesma condição de plantio. Nos plantio de *E. grandis* e *E. platyphylla* o maior teor de P n solo foi observado quando se adotou os espaçamentos 3 m x 4 m e 3 m x 2 m, respectivamente. As maiores médias de H + Al, foram observadas nas áreas com maior espaçamento de plantio, independente do clone avaliado. O Cu no solo dos povoamentos com *E. urograndis* foi maior quando se adotou o espaçamento 3 m x 3m.

**Palavras-chave:** volumetria, monitoramento nutricional, fertilização florestal.



## NUTRIENT USE EFFICIENCY, WOOD PRODUCTION AND SOIL FERTILITY DUE TO PLANTATION SPACING OF EUCALYPTUS, IN DOM ELISEU, PARÁ.

### ABSTRACT

The nutrient use efficiency, the volumetric production and the soil fertility were studied in clone stands of *E. grandis*, *E. grandis* x *E. urograndis* and *E. platyphylla* for different plantation spacings (3m x 2m, 3m x 3m, 3m x 3,5m e 3m x 4m) at 18 months of age, in Dom Eliseu, Pará, in an experiment with a delineation of random blocks with factorial arrangement 3 x 4. In each experimental plot, were measured total height and diameter at breast height (DBH) of all individual on the useful area and, subsequently, was removed a tree with representative average diameter, in which it was proceeded with the Smalin's cubage to determine the volume. The efficient use of nutrients was determined through the CUB by the association between the amount of biomass produced in the trunk (Kg), the nutrient content in the trunk (Kg) and the fertility by collecting soil samples in layers of 0-20cm and 20-40cm in each plot. The spacing of plantation influenced the volumetric production, with the highest values found in more densely populated areas (3m x 2m). *E. grandis* represented a smaller volume compared to *E. urograndis* and *E. platyphylla*, independently of the used spacing. The average of CUB followed the respective order P > Mg > K > N > Ca in all treatments. Genetic materials were significantly different the nutritional efficiency for all nutrients in relation to established spacing. In the first soil depth rated, only the average of P, H+Al and Cu were significantly different according to the applied treatments. The average values of Cu, also showed significant differences in the evaluation of the attributes in the 20-40cm layer. In areas with *E. grandis* the phosphorus content in the soil was greater at higher densities of plantation. When the spacing 3m x 3m was considered, the phosphorus was higher in the soil under the *E. grandis* plantation compared to other clones with the same condition for plantation. In *E. grandis* and *E. platyphylla* plantations the highest content of P in the soil was observed when was adopted the spacing 3m x 4m and 3m x 2m, respectively. The highest average of H + Al, were observed in areas with higher planting space, independent of the evaluated clone. The Cu in the soil of *E. urograndis* stands was higher when was adopted the 3m x 3m spacing.

**Keywords:** volumetrics, nutritional monitoring, forest fertilization.



### 3.1. Introdução.

A alta capacidade de produção e adaptabilidade a áreas com características ambientais distintas tornou o gênero eucalipto um dos mais utilizados nos plantios florestais do mundo (SALAZAR et al., 2013). No Brasil há uma área de 5,1 milhões de hectares plantados com espécies deste gênero, o que corresponde a mais da metade do total de povoamentos florestais estabelecidos em todo o território Brasileiro (ABRAF, 2013). Entre outros fatores, o desenvolvimento de pesquisas e o investimento em tecnologia que maximizam o sistema produtivo contribuem para a expansão da atividade de reflorestamento (XAVIER e SILVA, 2010).

No planejamento da implantação de florestas de eucalipto a escolha do material genético é o primeiro passo a ser considerado, o que deve ser realizado de acordo com a produtividade, qualidade da madeira, arquitetura da árvore, resistência a pragas e doenças, bem como, considerando a eficiência de utilização dos nutrientes (EUN) (SANTANA et al., 2002; ROSADO et al., 2012). A eficiência nutricional é medida pela capacidade da espécie em transformar os nutrientes retirados do solo em biomassa (BARRETO et al., 2007; AMARAL, et al., 2011). Os materiais genéticos com maior eficiência nutricional apresentam uma maior produção de biomassa com menor exigência de nutrientes, fato que os tornam ideais para a manutenção da produtividade em áreas com baixa fertilidade do solo (SILVA et al., 1983), e que pode variar em função da procedência, progênies e clones (GUIMARÃES, 1993). Além disso, os materiais com essas características possibilitam redução dos custos com fertilizantes.

Além das próprias características do material genético, a eficiência nutricional das espécies varia de acordo com as condições ambientais, sendo desta forma imprescindível a avaliação da interação entre genótipo e ambiente nas áreas de plantio (BARROS, NEVES; NOVAIS, 2005; PINTO et al 2011). Com isso, condições climáticas favoráveis, práticas de manejo adequadas, manutenção da fertilidade do solo em níveis desejados e escolha do espaçamento de plantio, são condições que aumentam consideravelmente a produtividade florestal.

A maioria das plantações com eucalipto no Brasil está distribuída em áreas de solos com baixa fertilidade natural, outras que tiveram seu potencial produtivo alterado pela ação antrópica (GONÇALVES e PASSOS, 2000; MALLONI et al., 2008), ou em áreas com solos intemperizados, como é o caso dos solos do Estado do Pará, na Amazônia. Com isso, as melhores produtividades são alcançadas quando na área de plantio são realizadas adubações



adequadas, mediante a avaliação da necessidade do solo em determinado nutriente, pois as propriedades intrínsecas do solo, assim como a prática de adubação têm forte influência na estrutura e qualidade da madeira proveniente das áreas de reflorestamento (BARREIROS et al., 2007).

A estreita relação entre os nutrientes extraídos da floresta pela colheita e o seu fornecimento ao solo pela adubação é um dos principais fatores a serem considerados para a manutenção da produtividade do sítio (PAES et al., 2013), o que proporciona melhores condições para o desenvolvimento das rotações futuras (PEREIRA, YAMUTI, ALVES 2012). A Adubação é o principal meio de fornecimento de nutrientes para o crescimento inicial das florestas plantadas, e após o estabelecimento do plantio, a ciclagem de nutrientes via deposição de materiais vegetais ao solo é responsável pela manutenção nutricional do povoamento (DINIZ, PEREIRA, LOSS, 2011; VIEIRA et al., 2009).

A escolha do espaçamento de plantio é outra decisão que precisa ser tomada de forma criteriosa, devendo ser realizada, primeiramente, de acordo com a definição da finalidade do plantio. A maior ou menor densidade de indivíduos por área influencia a atividade de plantio, a condução do povoamento, custos de produção, taxa de crescimento das árvores, qualidade da madeira, a idade de corte e extração da madeira (BALLONI e SIMÕES, 1980; MAGALHÃES et al., 2006). Portanto, o espaçamento ideal deve objetivar o desenvolvimento ótimo de cada indivíduo, sem que o espaço de cultivo seja desperdiçado (CHIES, 2005; LELES et al., 2001).

Estudos que avaliam o efeito do espaçamento sobre o desenvolvimento de espécies do gênero eucalipto são comumente encontrados (BOUVETI, et al., 2003; OLIVEIRA NETO et al., 2003; BARTON e MONTAGU, 2006; OLIVEIRA et al., 2009; OLIVEIRA NETO et al., 2010), contudo, quase a totalidade destes é voltada para o cultivo nas regiões com histórico na atividade de reflorestamento, deixando um déficit de conhecimento sobre as melhores condições de densidade de plantio nos povoamentos florestais estabelecidos em regiões de fronteira, como as do Norte e Nordeste brasileiro.

O objetivo desta pesquisa é avaliar a eficiência nutricional, produção de madeira e fertilidade do solo de plantios clonais de eucalipto, sob diferentes condições de espaçamento, aos 18 meses de idade, no Município de Dom Eliseu, Estado do Pará.



### 3.2. Materiais e métodos

A pesquisa foi implantada em área de plantio comercial pertencente à empresa Vale Florestar S. A, localizada no Município de Dom Eliseu ( $4^{\circ} 17' 36''$  S e  $47^{\circ} 33' 15''$  W), na Mesorregião Sudeste Paraense e Microrregião de Paragominas. O clima do Município é caracterizado como mesotérmico úmido com temperatura média anual de aproximadamente  $25^{\circ}\text{C}$  e regime pluviométrico entre 2.250 mm e 2.500 mm, com maior concentração de chuvas no período de Janeiro a Junho. A umidade relativa do ar é de aproximadamente 85% (SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E FINANÇAS – SEPOF, 2011).

A área de estudo era anteriormente coberta por pasto e, previamente a implantação do experimento, foi realizada roçada mecânica para rebaixamento da vegetação. Em seguida realizou-se subsolagem a profundidade de 0,50 a 0,60 m, com a aplicação simultânea  $450\text{ g ha}^{-1}$  de fosfato natural reativo com: 33%  $\text{P}_2\text{O}_5$  total, 10%  $\text{P}_2\text{O}_5$  sol em ácido cítrico e 37%  $\text{CaO}$  no sulco de plantio. Posteriormente aplicou-se, mecanicamente, calcário dolomítico na superfície, na dosagem de  $500\text{ kg ha}^{-1}$ , de acordo com a necessidade da área. O plantio das mudas de eucalipto foi efetuado, manualmente, em março de 2012, obedecendo aos espaçamentos (tratamentos) pré-estabelecidos. Posteriormente, as mudas foram adubadas com NPK 06-30-06 + 0,5%B 0,3%Zn 0,3%Cu (com Superfosfato Triplo), até 29 dias e uma adubação de manutenção com aplicação de NPK 15-00-30 + 1%B 0,3%Zn 0,3%Cu (com Sulfato de Amônio), em filete e em superfície, 75 dias após o plantio. Até o período de coleta de dados, foram realizadas seis aplicações de herbicidas, três roçagens em área total e três combate a pragas e doenças. A aplicação de fosfato, calcário e adubações NPK foram recomendadas de acordo com Novais et al., 1986; Gonçalves, 2004; Silveira, 2002.

O experimento foi delineado em blocos ao acaso em arranjo fatorial  $3 \times 4$ , com três clones de eucalipto (*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* e *Eucalyptus platiphylla* F. Muell) e quatro diferentes espaçamentos (3 m x 2 m, 3 m x 3 m, 3 m x 3,5 m, 3 m x 4 m), totalizando doze tratamentos experimentais dispostos em três repetições, perfazendo um total de 36 parcelas avaliadas. Estas apresentam dimensão de  $576\text{ m}^2$  (24 x 24 m), com o número de indivíduos diferenciado de acordo com o espaçamento utilizado.

Aos 18 meses de idade do plantio foram mensuradas as variáveis altura total (H) em metros (m) e diâmetro a altura do peito (DAP) em centímetro (cm). O valor de H foi determinado com a utilização de um clinômetro digital. Para a obtenção do DAP mediu-se a Circunferência a Altura do Peito (CAP) dos indivíduos com o auxílio de uma fita métrica



graduado em centímetros, com a posterior transformação para DAP pela razão do valo de CAP encontrado pelo  $\pi$  ( $\approx 3,14$ ).

A partir do inventário, selecionou-se uma árvore representativa do valor médio do DAP dos indivíduos de cada parcela, totalizando 36 árvores amostradas. As árvores selecionadas foram derrubadas e tiveram seus galhos retirados. Mediu-se os diâmetros com casca na sua base, a 0,50 m, 1,30 m, 2,0 m e a partir daí de dois em dois metros ou menos, quando necessário, até o diâmetro mínimo de quatro centímetros. Em seguida retiraram-se discos com aproximadamente 2,5 cm de espessura de cada área onde os valores de diâmetros foram medidos, seguindo a metodologia de cubagem rigorosa de Smalian (Campos e Leite, 2006). Com a coleta do “pó de serra” liberado no momento do corte para a avaliação nutricional do tronco. Destes discos foram determinados os pesos úmidos no momento da coleta no campo, com o auxílio de balança digital com capacidade máxima de 30 kg.

De posse destes dados calculou-se o volume com casca por hectare, através da multiplicação do valor médio (repetições) do volume planta<sup>-1</sup> pelo número de árvores de um hectare (Santana et al., 2008). Sendo o número de árvores por hectare variável de acordo com o espaçamento considerado (1.667, 1.111, 952 e 833 árvores ha<sup>-1</sup> para as áreas com espaçamento 3m x 2m, 3m x 3m, 3m x 3,5m e 3m x 4m, respectivamente).

A biomassa foi determinada pela equação proposta por Soares et al. (2011):  $PS(c) = V \times DMBT$ , na qual: PS(c) = do tronco (madeira + casca) (kg); V = volume do tronco com casca, obtido pela cubagem rigorosa (m<sup>3</sup>); DMBT = densidade dos disco (kg m<sup>-3</sup>).

O “pó-de-serra” retirado dos troncos foi seco e a casca em estufa com circulação de ar forçada com temperatura de aproximadamente 65°C e posteriormente moído em moinho do tipo Willey e analisado no Laboratório de Análise de Tecido Vegetal da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), para a obtenção dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio(K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Todos os nutrientes, exceto o N, foram determinados segundo a metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), pelo qual o extrato obtido por digestão nitroperclórica foi utilizado para quantificação dos teores de P (por colorimetria), K (por fotometria de chama), além de Ca e Mg (por espectrometria de absorção atômica). O teor de N foi obtido por digestão sulfúrica e determinado pelo método de Kjeldahl. O conteúdo de nutrientes nos diferentes componentes das árvores foi determinado pelo produto entre os valores dos teores de nutrientes, encontrados na análise nutricional, e a biomassa em cada compartimento (Faria et al., 2008; Santana et al., 2008).



Com os valores de biomassa e conteúdo de nutrientes calculou-se o coeficiente de utilização biológica conforme disposto por Barros et al. (1986), sendo  $CUB = \text{matéria seca de tronco (Lenho + casca kg ha}^{-1}) / \text{conteúdo do nutriente no tronco (kg ha}^{-1})$ .

A coleta das amostras de solo, para a avaliação química do mesmo, foi realizada concomitantemente, a coleta dos dados dendrométricos. Na ocasião foram coletadas cinco amostras simples para formar uma composta nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, por parcela, formando um total de 72 amostras compostas. Após a coleta, o material foi encaminhado para análise no Laboratório de Análise Química do Solo da UFRA, onde foram determinados os atributos químicos do solo: pH em água e KCl, alumínio trocável (Al), P, K, Ca e Mg trocáveis e matéria orgânica, conforme metodologia proposta pela Embrapa (1997). A partir de então, foram obtidos os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions a pH 7 (T), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com a utilização do programa STATISTICA 9.1. O estudo de normalidade dos dados foi realizado pelo teste de Shapiro-Wilke quando necessário realizou-se a transformação até os dados apresentassem distribuição normal. Logo após, foi realizada a análise de variância com o teste F (5%) e em seguida, quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%).

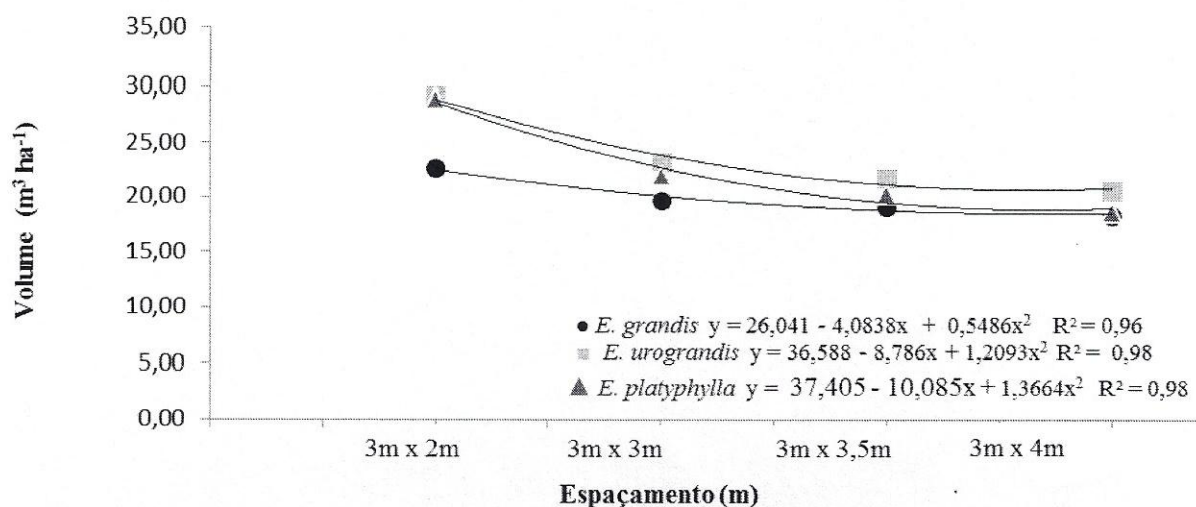
### 3.3. Resultados e discussões

#### 3.3.1. Volume.

Os dados de volume ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), em função dos diferentes espaçamentos de plantio, se ajustaram ao modelo quadrático, para todos os materiais genéticos avaliados (Figura 1). Para o *E. urograndis*, em geral, foi observado o melhor desenvolvimento volumétrico, seguido por *E. platyphylla* e *E. grandis*. Em algumas condições, entretanto, pode-se observar que as médias de volume dos dois últimos clones se equiparam. Nesta avaliação se observa que a maior densidade de plantio proporciona maiores valores de volume para todos os materiais genéticos estudados.

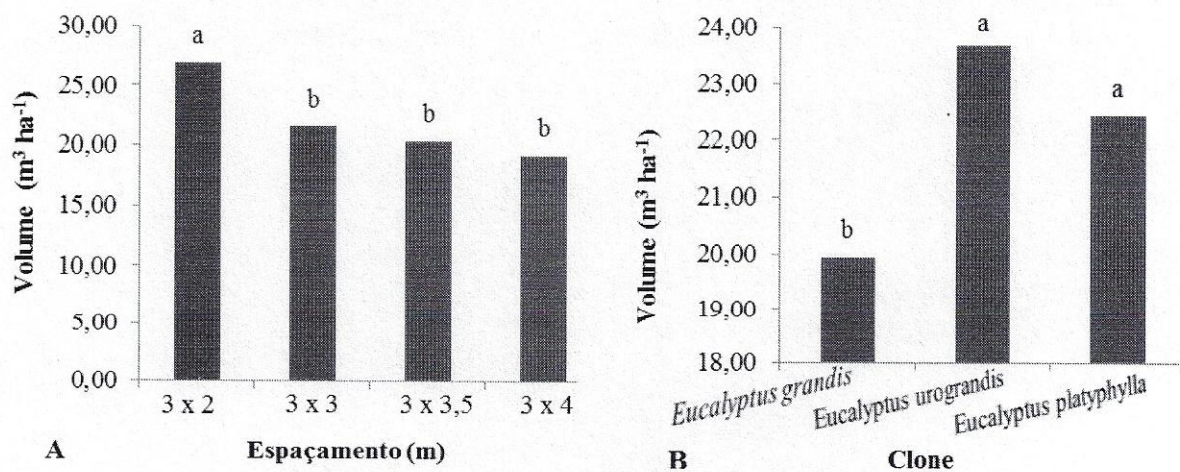


**Figura 5:** Volume de madeira ( $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) de clones de eucalipto, com 18 meses de idade, em função de diferentes densidades de plantio, em Dom Eliseu, Pará.



Pela análise de variância e teste F aplicado ao nível de 5% de probabilidade não foi verificada interação significativa entre clone e espaçamento para os valores médios de volume, observando-se apenas o efeito significativo dos dois fatores isoladamente.

**Figura 6:** A – Volume de madeira de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio em Dom Eliseu Pará; B – Volume de madeira de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função dos diferentes materiais genéticos, em Dom Eliseu, Pará.





A produção volumétrica, independente do material genético avaliado, foi superior ( $p < 0,05$ ) nas áreas onde se adotou a maior densidade de plantio, neste caso, o espaçamento 3m x 2m (Figura 2A). Entre os povoamentos estabelecidos com os demais espaçamentos não se verificou diferença ( $p < 0,05$ ) para a produção de madeira, embora os valores tenham diminuído com a menor densidade de plantio. Resultado semelhante foi observado por Muller et al. (2005), em um experimento com híbridos de *E. grandis* x *E. camaldulensis* estabelecidos em cinco diferentes espaçamentos (3,0 x 0,5 m, 3,0 x 1,0 m, 3,0 x 1,5 m, 3,0 x 2,0 m e 3,0 x 3,0 m). Reiner et al (2011), avaliando plantios de *Eucaliptus dunnii* em quatro diferentes espaçamentos de plantio, também encontraram a tendência de maior crescimento em volume onde as árvores estavam mais adensadas, porém estes valores foram maiores nas áreas com plantio mais espaçados, quando se avaliou o volume das árvores individualmente.

A relação inversa do aumento volumétrico por unidade de área e o espaçamento de plantio é comumente encontrada nas pesquisas com espécies florestais como as de eucalipto (LELES et al., 2001; BERGER et al., 2002; MAGALHÃES et al., 2006; ARAÚJO et al., 2011; REINER, SEILVEIRA, SZABO, 2011). Alcorn et al. (2008) observaram que a produção volumétrica por planta apresenta uma tendência de crescimento em espaçamentos menos adensados, uma vez que, haverá um maior crescimento de diâmetro dos indivíduos, porém, quando esta produção é observada por unidade de área, as maiores médias de volume são encontradas nos espaçamentos mais adensados, em virtude do maior número de árvores em hectares. O maior crescimento diamétrico nas áreas com plantio mais espaçado ocorre devido à redução da competição pelos recursos do meio, como água e nutrientes (TSCHIEDER et al., 2012)

A diferença de volume (entre as densidades de plantios) ocorre, principalmente, em idades mais jovens, como neste estudo, pois com o desenvolvimento dos povoamentos há uma tendência da produção se equiparar entre as diferentes densidades populacionais (RADOSEVICH e OSTERYOUNG, 1987).

Na avaliação do efeito do clone verificou-se que a produção de madeira obtida para os povoamentos de *E. urograndis* e *E. platiphilla* foram superiores ao *E. grandis*, independente do espaçamento considerado (Figura 2B). Os dois primeiros clones não diferiram entre si no volume produzido, o que demonstra uma melhor adaptação destes materiais genéticos as condições de estudo estabelecidas.



## 3.3.2. Coeficiente de utilização biológica (CUB).

Pela ANOVA para eficiência de utilização de nutrientes, avaliada através do CUB, observou-se interação significativa entre clone e espaçamento, para todos os nutrientes avaliados. Faria et al. (2008), enfatiza que fatores que relacionam as características genéticas das árvores e as condições ambientais, influenciam fortemente o desenvolvimento da floresta em vários aspectos, como por exemplo o seu estado nutricional.

**Tabela 11:** Coeficiente de utilização Biológica (kg de biomassa do tronco/kg de nutriente no tronco) de clones de eucalipto, aos 18 meses de idade, em função de diferentes espaçamentos de plantio, no município de Dom Eliseu- Pará.

Nutriente	Espaçamento	Clone		
		<i>E. grandis</i>	<i>E. urograndis</i>	<i>E. platyphylla</i>
N	3m x 2m	777,95 aB	941,89 aA	717,60 bB
	3m x 3m	805,82 aBA	945,09 aA	751,76 bB
	3m x 3,5m	791,23 aBA	917,17 aA	729,08 bB
	3m x 4m	651,24 bC	844,67 bB	932,19 aA
P	3m x 2m	3.324,62 c	2.741,72 c	3.343,22 b
	3m x 3m	4.971,64 ba	4.400,23 b	4.233,56 b
	3m x 3,5m	3.798,45 cbB	5.722,34 aA	3.963,73 bB
	3m x 4m	5.367,27 aB	4.270,28 bB	6.765,74 aA
K	3m x 2m	955,83aB	1099,32 bA	1.040,64 baA
	3m x 3m	983,14 aB	1065,38 bA	1.277,19 aA
	3m x 3,5m	991,08 aB	1359,70 aA	1.003,19 bB
	3m x 4m	987,44 a	1026,97 b	1.035,76 ba
Ca	3m x 2m	181,52 aB	258,70 aA	228,19 bBA
	3m x 3m	140,58 aB	176,23 bB	291,29 baA
	3m x 3,5m	184,75 aB	168,94 bB	251,52 baA
	3m x 4m	141,35 aB	176,52 bB	306,79 aA
Mg	3m x 2m	1.200,25 aC	1.883,01 aB	2.460,91 cbA
	3m x 3m	1.073,46 aC	1.799,62 aB	3.153,77 baA
	3m x 3,5m	1.338,88 aC	1.607,91 aB	2.117,75cA
	3m x 4m	1.221,40 aC	1.720,47 aB	3.932,19 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes espaçamentos e médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes para cada nutriente pelo teste de Tukey a 5 % de significância

Shujauddin e Kumar (2003), em plantios com *Ailanthus triphysa*, observaram maior eficiência de utilização de N e K nos espaçamentos 3m x 2m e 3m x 3m e para o P em 3m x 1m, neste caso a maior densidade de plantio. Dessa forma, o espaçamento de plantio é uma das condições do ambiente que pode alterar o melhor desenvolvimento do povoamento,



devendo ser manejado, da melhor forma possível, de acordo com a finalidade do plantio (OLIVEIRA et al., 2003).

Os valores médios de CUB apresentaram a tendência  $P > Mg > K > N > Ca$ , independente do clone e espaçamento adotado (Tabela 1). Esta ordem de eficiência nutricional dos macronutrientes foi verificada por diversos autores, que avaliaram aspectos nutricionais de plantios de eucalipto (Santana et al, 2002; Faria et al, 2008; Lafetá, 2012)

Considerando os clones *E. grandis* e *E. urograndis* foi observada o menor coeficiente de utilização biológica de N ( $p < 0,05$ ) para a produção de biomassa do tronco no espaçamento 3m x 4m (Tabela 1). Na avaliação dos indivíduos de *E. platyphylla*, o maior valor de biomassa do tronco produzida pelo N ( $p < 0,05$ ) foi verificado nos espaçamentos 3m x 4m. O *E. urograndis* foi mais eficiente na utilização de nitrogênio em relação aos demais clones quando estes foram comparados nos espaçamentos 3m x 2m, 3m x 3m e 3m x 3,5m. Na menor densidade de plantio, entretanto, o maior valor de CUB para N foi verificado para os plantios de *E. platyphylla*.

Nos plantios de *E. grandis* a adoção de espaçamentos iguais a 3m x 3m e 3m x 4m, resultou no maior CUB de P ( $p < 0,05$ ) para a produção de biomassa do tronco, sendo esses valores, respectivamente, 4.971,64 e 5.367,27 kg de biomassa por kg de P utilizado (Tabela 1). Nos povoamentos de *E. urograndis* a maior e menor média de CUB para fósforo ( $p < 0,05$ ) foram encontradas, na mesma ordem, nos espaçamentos 3m x 3,5m e 3m x 2m. No *E. platyphylla* o CUB para P foi maior ( $p < 0,05$ ) nas áreas onde o plantio foi espaçado em 3m x 4m. Nos espaçamentos 3m x 3,5m e 3m x 4m, *E. urograndis* e *E. platyphylla*, respectivamente, apresentaram as maiores médias de CUB de P em comparação a *E. grandis*. Nos demais espaçamentos os clones avaliados não diferiram quanto esta variável.

Para Vitousek (1984), o fósforo é o nutriente que pode ser utilizado com maior eficiência nutricional nas condições dos solos tropicais, principalmente, quando este elemento encontra-se em teores limitantes. Essa resposta em maior eficiência de utilização do P pode está relacionada ao seu maior teor nas plantas em comparação aos demais macronutrientes, o que, pode representar, em casos de florestas como as de eucalipto, deficiência do mesmo, pois o fósforo e o potássio são os elementos mais deficientes em florestas de eucalipto (SILVEIRA et al., 2004).

Os plantios de *Eucalyptus grandis* não diferiram ( $p < 0,05$ ) quanto à CUB de potássio no tronco, em função dos diferentes espaçamentos. Nas áreas com o híbrido *E. urograndis* o maior valor de CUB de K foi observado quando se adotou o espaçamento de 3m x 3,5m. Para os povoamentos de *E. platyphylla* o referido espaçamento refletiu o menor valor de eficiência



nutricional de K, contrapondo-se ao ocorrido com o híbrido. Nas áreas com espaçamentos 3m x 2m e 3m x 3m o *E. grandis* apresentou a menor eficiência de conversão de K em biomassa do tronco, em relação aos demais materiais genéticos estudados. *E. urograndis* por outro lado, foi menos eficiente na utilização de K em relação aos demais clones quando se considerou os povoamentos estabelecidos em espaçamento 3m x 3,5m. Na menor densidade de plantios os clones não diferiram entre si quanto aos valores de CUB de K.

Em relação ao coeficiente de utilização biológica para Ca, os plantios de *E. grandis* apresentaram respostas semelhantes ( $p < 0,05$ ) quando estabelecidos nas diferentes densidades populacionais. Os povoamentos de *E. urograndis* responderam de forma mais eficiente ( $p < 0,05$ ) para a transformação de Ca em biomassa nas áreas onde adotou-se a maior densidade de plantio. Situação esta que ocorreu de forma inversa com os povoamentos de *E. platyphylla*, os quais foram mais eficientes no uso de Ca quando estabelecidos na menor densidade de plantio.

Nos espaçamentos 3m x 3m, 3m x 3,5m e 3m x 4m o *E. platyphylla* produziu uma maior quantidade de madeira por Kg de Ca utilizado comparativamente a *E. grandis* e *E. urograndis*. O Ca geralmente ocorre em altas concentrações na casca e possui baixa mobilidade no floema, causas que o fazem o macronutriente com menor eficiência nutricional entre os demais estudados (Colin-Belgrand et al., 1996; Caldeira et al., 2002).

Os plantios de *E. grandis* e *E. urograndis* não diferiram quanto à eficiência nutricional de Mg no tronco, em função das diferentes densidades de plantios adotadas. Nestas áreas com *E. platyphylla*, o maior valor de CUB de Mg foi observado onde adotou-se a menor densidade de plantio. O referido clone também foi mais eficiente na conversão de Mg em biomassa do tronco comparativamente aos demais materiais genéticos, para todos os espaçamentos considerados.

A diferença de CUB para os clones estudados pode estar relacionada a características intrínsecas dos materiais genéticos, fazendo com que os mesmos respondam de forma diferenciada aos níveis de competição aos quais foram expostos (Park et al., 2003). Sieger et al. (2005) e Novais et al. (2007), expressam que as características fisiológicas das espécies podem afetar a eficiência nutricional das mesmas.



### 3.3.3. Fertilidade do solo.

Nas tabelas 2 e 3 estão apresentados os valores médios dos atributos químicos do solo, de acordo com as condições de estudo estabelecidas.

Independente do material genético e espaçamento adotado os atributos químicos do solo pH, M.O, P, K, Ca, Mg e V (Tabela 2), conforme estabelecido por Sgarbi (2002), apresentam valores enquadrados nos níveis de fertilidade médios e altos, os quais contribuem para o melhor desenvolvimento dos plantios de eucalipto.

**Tabela 1 2:** Atributos químicos das camadas 0 – 20 cm e 20 – 40 cm do solo sob plantio de clones de eucalipto, em função de diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.

Clone	Espaçamento	pH <sub>2</sub> O	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	T	V	
			g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							%
		0 - 0,20 (m)										
<i>E. grandis</i>	3m x 2m	5,44	34,58	6,04	0,27	2,36	1,64	0,21	6,72	10,99	46,24	
	3m x 3m	6,15	31,26	6,11	0,20	3,00	1,16	0,11	4,79	9,15	69,10	
	3m x 3,5m	5,91	33,98	5,84	0,34	3,12	1,75	0,07	5,14	10,35	62,40	
	3m x 4m	5,60	29,26	5,47	0,32	3,36	1,13	0,11	5,98	10,79	62,53	
<i>E. urograndis</i>	3m x 2m	5,63	31,92	7,59	0,16	3,64	1,20	0,13	6,04	11,04	53,58	
	3m x 3m	5,69	39,03	6,87	0,33	3,33	1,35	0,08	4,27	9,28	70,51	
	3m x 3,5m	6,16	29,93	5,75	0,30	4,58	1,16	0,08	4,17	10,21	65,49	
	3m x 4m	5,50	29,83	5,89	0,23	3,55	1,14	0,11	5,09	10,01	59,72	
<i>E. platiphylla</i>	3m x 2m	5,84	31,26	7,05	0,38	3,09	1,05	0,07	6,3	10,82	58,73	
	3m x 3m	5,66	37,24	6,81	0,22	3,94	1,18	0,08	5,04	10,38	56,75	
	3m x 3,5m	5,91	38,57	7,14	0,34	3,79	1,51	0,07	5,17	10,81	63,80	
	3m x 4m	5,68	33,92	7,72	0,29	3,36	1,19	0,08	5,06	9,90	61,81	
0,20 - 0,40 (m)												
<i>E. grandis</i>	3m x 2m	5,47	27,60	5,65	0,16	2,58	0,62	0,16	5,14	8,50	48,00	
	3m x 3m	6,31	23,94	4,59	0,07	3,21	0,70	0,15	4,96	8,94	64,81	
	3m x 3,5m	5,73	25,94	4,58	0,22	2,15	0,67	0,11	4,93	7,97	64,70	
	3m x 4m	5,48	21,95	4,85	0,24	1,94	0,57	0,13	5,83	8,58	49,68	
<i>E. urograndis</i>	3m x 2m	5,19	25,27	6,87	0,12	1,61	0,63	0,23	4,98	7,34	44,15	
	3m x 3m	5,21	27,93	5,59	0,17	1,58	0,44	0,13	5,36	7,55	40,67	
	3m x 3,5m	6,11	26,93	4,91	0,20	2,88	0,66	0,07	4,27	8,01	62,73	
	3m x 4m	5,26	26,60	5,61	0,15	1,88	0,57	0,23	4,83	7,43	47,93	
<i>E. platiphylla</i>	3m x 2m	5,68	22,61	6,06	0,21	2,85	0,53	0,19	4,87	8,46	52,79	
	3m x 3m	5,64	23,56	5,42	0,15	2,03	0,48	0,1	4,76	7,42	49,23	
	3m x 3,5m	6,03	25,27	5,55	0,16	2,24	0,46	0,08	4,20	7,06	58,34	
	3m x 4m	5,35	29,93	5,22	0,16	1,91	0,45	0,15	4,91	7,43	45,54	



Os valores de T, entretanto, foram enquadrados nos níveis baixos, segundo este autor, e que são típicos dos solos da região do estudo. Os teores de alumínio foram baixos nas duas profundidades avaliadas, o que minimiza o efeito da acidez trocável sobre o material vegetal (GONÇALVES, 1995). Os valores de H + Al também foram considerados altos conforme estabelecido por Novais e Mello (2007). P, Ca e Mg, apresentam-se em níveis considerados adequados por Barros, Neves e Novais (2005) para o alcance de produtividades elevadas em plantios de eucalipto, em torno de  $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

**Tabela 13:** Micronutrientes das camadas 0 – 20 cm e 20 – 40 cm do solo sob plantio de clones de eucalipto, em função de diferentes densidades de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.

Clone	Espaçamento	Cu	Fe	Mn	Zn
		mg dm <sup>-3</sup>			
		0 - 0,20 (m)			
<i>E. grandis</i>	3m x 2m	0,25	141,33	137,85	1,10
	3m x 3m	0,42	184,60	115,53	2,88
	3m x 3,5m	0,37	244,16	159,98	2,39
	3m x 4m	0,87	181,07	102,16	2,82
<i>E. urograndis</i>	3m x 2m	0,33	167,07	178,65	2,61
	3m x 3m	0,51	147,22	189,06	2,78
	3m x 3,5m	0,38	139,58	117,83	2,81
	3m x 4m	0,43	224,13	102,16	2,88
<i>E. platiphylla</i>	3m x 2m	1,13	173,74	179,82	2,57
	3m x 3m	0,37	223,06	101,59	2,01
	3m x 3,5m	0,15	224,13	102,16	2,84
	3m x 4m	0,25	183,08	148,85	3,09
0,20 - 0,40 (m)					
<i>E. grandis</i>	3m x 2m	0,27	136,97	28,38	1,27
	3m x 3m	0,40	110,56	42,65	0,83
	3m x 3,5m	0,40	162,37	25,52	1,25
	3m x 4m	0,33	131,56	29,17	0,95
<i>E. urograndis</i>	3m x 2m	0,22	113,92	13,39	0,86
	3m x 3m	1,21	87,31	17,97	1,28
	3m x 3,5m	0,32	159,94	29,41	0,79
	3m x 4m	0,15	100,11	19,93	0,66
<i>E. platiphylla</i>	3m x 2m	0,37	130,16	57,53	0,58
	3m x 3m	0,41	139,27	40,16	1,32
	3m x 3,5m	0,59	173,44	56,60	0,86
	3m x 4m	0,60	134,24	53,25	1,02

Mesmo que a cultura do eucalipto possa tolerar altos níveis de acidez no solo (Paula et al., 2012), os valores médios de pH encontrados na faixa de 5 – 6,5, para os diferentes clones e espaçamentos de plantio, são fundamentais ao desenvolvimento do povoamento florestal,



pois possibilitam a redução da lixiviação de cátions, que proporciona o aumento da CTC efetiva do solo, bem como não interferem na disponibilidade de micronutrientes, fundamentais ao crescimento do vegetal (Raij et al., 1996; Sousa et al., 2007).

Pela ANOVA ( $p < 0,05$ ) não foi verificada diferença significativa para os valores médios de  $\text{pHH}_2\text{O}$ , M.O, K, Ca, Mg, Al, T, V, Fe, Mn e Zn nas duas profundidades avaliadas (0 - 20 cm e 20 - 40 cm). Na primeira profundidade do solo avaliado, apenas as médias de P, H+Al e Cu diferiram significativamente em função dos tratamentos aplicados. Os valores médios de Cu, também apresentam diferença significativa na avaliação dos atributos na camada de 20 - 40 cm.

Nos plantios de *E. urograndis* e *E. platyphylla* a adoção de espaçamentos diferentes não alterou o teor de fósforo no solo na camada de 0 - 20 cm. Nas áreas plantadas com *E. grandis* o P do solo foi maior quando foram utilizados os espaçamentos 3m x 2m e 3m x 3m, (Tabela 4). Tal fato pode ter ocorrido devido a maior disponibilidade de matéria orgânica no solo dos plantios mais adensados.

**Tabela 14:** P e Cu na camada 0 - 20 cm do solo sob plantio de clones de eucalipto, em função de diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.

Nutriente	Espaçamento	Clone		
		<i>E. grandis</i>	<i>E. urograndis</i>	<i>E. platyphylla</i>
0 – 20 cm				
P (mg dm <sup>-3</sup> )	3m x 2m	6,84 a	7,59 a	7,05 a
	3m x 3m	7,51 aA	6,87 aB	6,81 aB
	3m x 3,5m	5,14 b	5,84 a	5,75 a
	3m x 4m	5,47 b	5,89 a	6,72 a
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	3m x 2m	0,25 bB	0,33 aB	1,13 aA
	3m x 3m	0,42 ba	0,51 a	0,37 b
	3m x 3,5m	0,37 b	0,38 a	0,15 b
	3m x 4m	0,87 aA	0,43 aB	0,25 bB

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes espaçamentos e médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si em função dos diferentes clones para cada nutriente pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

Com o aumento da competição entre as plantas o que se espera é que haja um decréscimo de nutrientes no solo em função do aumento da densidade de plantio, porém, isto pode não ocorrer devido ao aumento da quantidade de material vegetal depositado no solo, oriunda da maior produção inicial de biomassa nessas áreas (Leles et al., 2001), controle da erosão (COSTA et al., 2004), bem como da menor ocorrência de plantas daninhas nesta área.



Quando os plantios são estabelecidos com menor número de árvores por unidade de área além da competição entre si os indivíduos arbóreos ainda precisam competir com as invasoras (FERNANDES, 2013), que estão mais presentes devido a maior incidência de radiação solar na área. Em estudo com *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud (gloricídia) e *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá), Souza et al. (2013), observaram aumento da ocorrência de plantas daninhas sob a copa das duas espécies em função da diminuição da densidade de plantio.

Fernandes et al. (1997) afirmam que o maior teor de P em camadas superficiais está positivamente relacionado ao aumento da matéria orgânica. Respostas contrárias, entretanto, podem ocorrer de acordo com a espécie e manejo adotado na área de plantio. Leite et al. (2011) encontraram mudanças na concentração de nutrientes em função da densidade de plantios com eucalipto, o que não ocorreu no estudo de Rangel et al. (2008) em áreas cultivadas com café em diferentes espaçamentos de plantio.

Em áreas com plantio de eucalipto geralmente a maior deposição de serapilheira no solo ocorre em idades mais elevadas, o que pode deixar o solo, no período inicial de desenvolvimento, mais exposto, com redução da material orgânico, favorecida também pela oxidação do material vegetal originalmente estabelecido na área (GAMA-RODRIGUES et al., 2008). Assim, o uso de espaçamentos mais adensados pode minimizar esta deficiência, proporcionando um maior aporte de material vegetal no solo, mesmo em idades mais juvenis. Contudo é necessário que a competição entre as plantas seja levada em consideração para que o crescimento destas não seja prejudicado. Vários fatores devem ser levados em consideração na escolha do espaçamento, pois este deve objetivar o desenvolvimento ótimo de cada indivíduo, sem que o espaço de cultivo seja desperdiçado (CHIES, 2005).

Pela comparação entre os materiais genéticos foi possível observar que o P fósforo disponível no solo sob os plantios de *E. grandis*, nas áreas com espaçamentos 3m x 3m, foi maior ( $p < 0,05$ ) que o encontrado nas áreas com plantio dos outros clones avaliados. Nas demais densidades de plantio não houve diferença no fósforo disponível do solo em função do clone estabelecido. Matos et al. (2011) não observaram diferença no teor de fósforo do solo entre os plantios de *E. grandis* e *E. urograndis*, em espaçamento 3m x 3m metros, também aos 18 meses de idade. Mallik et al. (2008), entretanto, enfatizam que as espécies apresentam comportamento diferenciado quanto ao teor de fósforo no solo quando submetidas a competição. Além de poderem se comportar de forma diferenciada quanto à liberação de restos vegetais no solo (VIVANCO e AUSTIN, 2008), o que reflete na fertilidade do mesmo, potencialmente sobre o fósforo.



O solo com *E. grandis* apresentou maior teor de Cu ( $p < 0,05$ ) na camada 0 - 20 cm quando o povoamento foi estabelecido em espaçamento 3m x 4m, sendo este valor semelhante ao encontrado nas áreas com arranjo 3m x 3 m (Tabela 4). O Cu do solo com plantios de *E. urograndis* não diferiu em função dos diferentes espaçamentos considerados. Para os plantios com *E. platiphylla* a utilização de um maior número de plantas por unidade de área resultou em acréscimo de Cu na profundidade de 0 - 20 cm do solo. Tal fato pode está relacionado à maior deposição de material orgânico nestas áreas, pois o cobre apresenta afinidade de adsorção à fração orgânica (ABREU et al., 2007).

Comparando os três materiais genéticos, foi possível observar que nas áreas com espaçamento 3m x 2m, o teor médio de Cu no solo com plantio de *E. platiphylla* foi superior ( $p < 0,05$ ) ao encontrado nos plantios de *E. grandis* e *E. urograndis*. Na menor densidade de plantio o cultivo de *E. grandis* representou um aumento no teor de Cu, a 0 - 20 cm do solo sobre as áreas com os demais clones. Quando se utilizou os espaçamentos 3m x 3m e 3m x 3,5 m não foi observada diferença ( $p < 0,05$ ) no teor de Cu no solo.

Em relação à acidez potencial apenas o fator espaçamento isolado influenciou de forma significativa seu teor na camada superficial do solo, não sendo, dessa forma, observada a influência da interação entre clone x espaçamento nem do fator clone isolado. Na maior densidade de plantio foi verificado o maior valor médio de H + Al ( $p < 0,5$ ), em detrimento do encontrado com os demais espaçamentos, as quais foram iguais entre si ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 15:** H + Al na camada 0 - 20 cm do solo sob plantios de clones de eucalipto, em função de diferentes espaçamentos de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.

Espaçamento	H+Al
	cmolc dm <sup>-3</sup>
	0 - 20 cm
3m x 2m	6,35 a
3m x 3m	5,047 b
3m x 3,5m	5,173 b
3m x 4m	5,047 b
Média	3,39
CV%	28,88

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de significância, em relação ao espaçamento e os clones adotados, respectivamente.



Nas áreas onde *E. urograndis* foi plantado em espaçamento 3m x 3m o teor de Cu foi maior ( $p<0,05$ ) em comparação ao encontrado nos solos cultivados com os demais espaçamentos. O teor Cu, quando se considerou os clones distintos no menor espaçamento, foi diferente ( $p<0,05$ ) nas áreas de cultivo de *E. urograndis* em relação aos demais. Onde foi determinado 3m x 3 m e 3m x 4 m de área para cada árvore, os maiores valores ( $P<0,05$ ) deste nutriente no solo foram encontrados nas plantações com *E. platyphylla*, com estes valores diferentes dos verificados nos povoamentos com os demais clones. Com 3m x 3,5 m de espaçamento não foi entrada diferença média ( $p<0,05$ ) no teor de Cu no solo comparando as áreas cobertas com os materiais genéticos considerados.

**Tabela 16:** Cu na camada 0,20 – 0,40m do solo sob plantio de clones de eucalipto, em função de diferentes densidades de plantio, no Município de Dom Eliseu, Pará.

Compartimento	Espaçamento	Clone		
		<i>E. grandis</i>	<i>E. urograndis</i>	<i>E. platyphylla</i>
20 - 40 cm				
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	3m x 2m	0,27 aA	0,22 bB	0,37 aA
	3m x 3m	0,40 aB	1,21 aB	0,41 aA
	3m x 3,5m	0,40 aA	0,32 bA	0,59 aA
	3m x 4m	0,33 aAB	0,15 bB	0,60 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de significância, em relação ao espaçamento e os clones adotados, respectivamente.

### 3.4. Conclusões

- O espaçamento de plantio influencia a produção volumétrica, com os maiores valores encontrados nas áreas mais adensadas (3m x 2m).
- *E. grandis* apresenta produção volumétrica menor que *E. urograndis* e *E. platyphylla*, nas condições de estudo avaliadas.
- Espaçamentos diferentes influenciam a eficiência nutricional do eucalipto.



- O solo com plantio de *E. grandis* apresenta maior teor de nutrientes quando se estabelece espaçamentos menores. Para os plantios de *E. grandis* e *E. platyphylla*, o teor de P no solo é expressivo em área tanto com espaçamentos mais quanto menos adensado.
- A adoção de maiores espaçamentos influencia positivamente a acidez potencial do solo nas condições de estudo consideradas.
- As áreas com plantio de *E. urograndis* apresentam maior teor de cobre do solo em comparação aos plantio de *E. grandis* e *E. urograndis* em mesmas condições de avaliação.

### Referências

- ABREU, C.A. et al. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F. et al. Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap.11, p.645 – 736.
- ALCORN, P.J.; BAUHUS, J.; THOMAS, D.S.; JAMES, R. N.; SMITH, R.G.B.; NICOTRA, A. B. Photosynthetic response to green crown pruning in young plantation-grown *Eucalyptus pilularis* and *E. cloeziana*. 2008. **Forest Ecology and Management**. v. 255, p. 3827-3838.
- AMARAL, J. F. T.; MARTINEZ, H. E. P.; LAVIOLA, B. G. FILHO, E. I. F.; CRUZ, C. D. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.4, p.621-629. 2011.
- ARAÚJO, R. P.; ALMEIDA, J. C. C.; RIBEIRO, E. T.; ARAÚJO, S. A. C.; MORENZ, M. J. F.; RANGEL, B. O. F.; BONAPARTE, T. P.; DEMINICIS, B. B. Características dendrométricas do *Eucalyptus urophylla* em sistema silvipastoril com *Brachiaria decumbens* sob diferentes espaçamentos. 2011. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.1, n.2., p.39-44.
- BALLONI, E.A., SIMÕES, J.W. O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **IPEF. Série Técnica**, 3. p. 1-26, 1980.
- BARREIROS, R. M.; GONÇALVES, J. L. M.; SANSÍGOLO, C. A.; POGGIANI, F. Modificações na produtividade e nas características físicas e químicas da madeira de *Eucalyptus grandis* causadas pela adubação com lodo de esgoto tratado. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.103-111. 2007.
- BARRETO, V. C. M.; SILVEIRA, R. L. V. A.; TAKAHASHI, E. N. Eficiência de uso de boro no crescimento de clones de eucalipto em vasos. **Scientia Florestalis**, n.76, p.21-33, 2007.



- BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Recomendação de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J. L.; BENEDETTI, V. (Eds). **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: IPEF, 200. p. 135 – 165.
- BARTON, C. V. M.; MONTAGU, K. D. Effect of spacing and water availability on root: shoot ratio in *Eucalyptus camaldulensis*. **Forest Ecology and Management**. 221, 52–62. 2006.
- BERGER, R.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; HASELEIN, C. R. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. 2002. **Revista Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 75 – 87.
- BOUVETI, B. J. M.; VIGNERON, P.; GOUMA, R.; SAYA, A. Trends in Variances and Heritabilities with Age for Growth Traits in Eucalyptus Spacing Experiments. **Silvae Genetica**. 52, 3-4. 2003.
- Caldeira, M. V. W.; Rodon Neto, R. M.; Schumacher, M. V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild). 2002. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 615 – 620.
- CHIES, D. **Influência do espaçamento sobre a qualidade e o rendimento da Madeira serrada de Pinus taeda**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2005.
- Colin-Belgrand, M.; Ranger, J.; Bouchon, J. Internal nutrient translocation in chestnut tree stemwood: III. Dynamics across an age series of *Castanea sativa* (Miller). 1996. **Annals of Botany**, v.78, n.6, p.729-740.
- COSTA, G. S.; FRANCO A. A.; DAMASCENO R. N.; FARIA S. M. Aporte de nutrientes pela serrapilheira em áreas degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 919-927, set./out. 2004.
- DINIZ, A. R.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A. Aporte de material e nutrientes para o solo em plantio de eucalipto e floresta secundária. **Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo**, v. 31, n.65, p.19-26. Jan/Març. 2011.
- DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R.; RIBASKI, J.; SANTOS, P. E. T.; TAVARES, J. A. Performance of two hybrid clones of *Eucalyptus* planted under five spacings in the Araripe Plateau, Pernambuco, Brazil. 2012. **Acta Hort**. 959.
- EBELING, A. G.; DOS ANJOS, L. A. C.; PEREZ, D. V.; PEREIRA, M. G.; VALLADARES, G. S. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.429-439, 2008.
- FARIA, G. E.; BARROS, N. F.; CUNHA, V. L. P.; MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C. Avaliação da produtividade, conteúdo e eficiência de utilização de nutrientes de genótipos de *Eucalyptus spp.* no Vale do Jequitinhonha, MC. **Revista Ciência Florestal**. Santa Maria, v.18, n.3, p.369-379. 2008.



- FERNANDES, L. A. et al. Propriedades químicas e bioquímicas de solos sob vegetação de mata e campos cerrado adjacentes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 21, n. 1, p. 58-70, 1997.
- FERNANDES, P. L. O. **Fertilidade do solo sob a copa de espécies arbóreas em função da densidade de plantio**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Semi-Árido. Mossoró – Rio Grande do Norte. 2013. 42p.
- FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.533-542, 1999.
- GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; PAILINO, 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, n.15, p.21-153. 2008.
- GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C. A. M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p. 145-161. 2000.
- GONÇALVES, J. L. M. Recomendação de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**. V. 15, p.1- 23. 1995.
- GUIMARÃES, H.S. **Variabilidade genética para eficiência nutricional em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus citriodora***. 1993. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1993.
- LELES, P. S. S.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MORAIS, E. J. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamento na região do Cerrado, M.G. 2001. **Sci. For.**, n. 59, p. 77 – 87.
- LEITE, F. P.; SILVA, I. R.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C.; VILLANI, E. M. A. Nutrient relations during an *Eucalyptus* cycle at different populations densities. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 949-959, 2011.
- MAGALHÃES, W. M.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIM, N.; HIGASHIKAWA, E. M.; YOSHITANI JÚNIOR, M. Desempenho silvicultural de espécies de *Eucalyptus spp.* em quatro espaçamentos de plantio na região noroeste de Minas Gerais. 2006. **Floresta e Ambiente**, v.12, n.2, p. 01 – 07.
- MALLIK, A.U.; HOSSAIN, M.K.; LAMB, E.G. Species and spacing effects of Northern conifers on forest productivity and soil chemistry in a 50-year-old common garden experiment. **Journal of Forestry**, v. 106, n. 2, p. 83-90, 2008.
- MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N.; 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**, 32: 2461-2470. 2008.



- MULLER, M. D.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; BRITO, J. O. Avaliação de um clone de Eucalipto estabelecido em diferentes densidades de plantio para produção de biomassa e energia. 2005. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 3, p. 177-186.
- NEVES, T. A.; PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; VIEIRA, C. M. M. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando a produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo**. Lavras, v. 31, n. 68, p. 319 – 330. 2011.
- NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.
- OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G.; NEVES, J. C. L. Crescimento e distribuição diamétrica de *Eucalyptus camaldulensis* em diferentes espaçamentos e níveis de adubação na região de cerrado de Minas Gerais. **Revista Floresta**. Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 755-762, out./dez. 2010.
- OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J. C. L. Produção e distribuição de biomassa em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em resposta a adubação e ao espaçamento. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.15-23. Viçosa-MG. 2003.
- OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E.M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistemas agrosilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo**. 2009. N. 60, p. 01 – 09. Edição Especial.
- PAES, F. A. S. V.; LIMA, A. M. N.; HAKAMADA, R. E.; BARROS, N. F. Impacto do manejo dos resíduos da colheita, do preparo do solo e da adubação na produtividade de eucalipto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, 37: 1081-1090. 2013.
- PARK, S. E.; BENJAMIN, L. R.; WATKINSON, A. R. The theory and application of plant competition models: an agronomic perspective. **Annals of Botany**. v. 92, p. 741-748, 2003.
- PAULA, R.R.; PEREIRA, M.G.; SANTIAGO, R.R. & AMORIM, H.B. Propriedades edáficas e desenvolvimento de eucalipto em topossequência na Flona Mário Xavier - RJ. **Floresta e Ambiente**, 16:344-351, 2012.
- PEREIRA, F. C. M.; YAMAUTI, M. S.; ALVES, P. L. C. a. Interação entre manejo de plantas daninhas e adubação de cobertura no crescimento inicial DE *Eucalyptus grandis* x *E. Urophylla*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.5, p.941-949, 2012
- PINTO, S. I. C.; FURTINI NETO, A. E.; NEVES, J. C. L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivados em solução nutritiva. **R. Bras. Ci Solo**, 35: 523-533, 2011.



- RADOSEVICH, S. R.; OSTERYOUNG, K. Principles governing plant environment interactions. In: WALSTAD, J. D.; KUCH, P. J. **Forest vegetation management for conifer production**. New York: John Wiley, p. 105-156, 1987.
- RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; GUIMARÃES, T. G.; MELO, L. C. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. C. Carbono orgânico e nitrogênio total do solo e suas relações com os espaçamentos de plantio de cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 32, p. 2051-2059, 2008.
- REINER, D. A.; SILVEIRA, E. R.; SZABO, M. S. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimentos da pequena propriedade na região sudoeste do Paraná. 2011. **Synergismus scyentifica**, Pato Branco, v. 6, n. 1.
- ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. **Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade**, Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.47, n.7, p.964-971. Jul. 2012.
- SALAZAR, M. M. et al. Xylem transcription profiles indicate potential metabolic responses for economically relevant characteristics of *Eucalyptus* species. **Genomics**. 2013 Mar 22;14: 201.
- SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; 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.
- SGARBI, F. **Produtividade do *Eucalyptus* sp. em função do estado nutricional e da fertilidade do solo em diferentes regiões do Estado de São Paulo**. 114p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. Estado de São Paulo, Brasil, 2002.
- SIEGER, S. M.; KRISTENSEN, B. K.; ROBSON, C. A.; AMIRSADEGHI, S.; ENG, E. W.; ABDEL-MESIH, A.; MOLLER, I. M.; VANLERBERGHE. The role of alternative oxidase in modulating carbon use efficiency and growth during macronutrient stress in tobacco cells. **Journal of Experimental Botany**, v.56, n. 416, p. 1499–1515, 2005.
- SILVA, H.D.; POGGIANI, F.; COELHO, L.C. Eficiência na utilização de nutrientes em cinco espécies e *Eucalyptus*. **Boletim de pesquisa florestal**, Colombo, n. 6/7, p. 1-8. 1983.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, A.N.; MOREIRA, A. Evaluation of the nutritional status of eucalypts: visual and foliar diagnoses and their interpretation. In: Gonçalves, J.L.M., ed. Forest nutrition and fertilization. 2004. Piracicaba: **IPEF**, p. 85- 111.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N. & OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI,



R.B. & NEVES, J.C.L. 2º eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

SOUZA, A. D.; SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, O. F.; DANTAS, I. M.; MORAIS, P. L. D. Weeds under the canopies of tree species submitted to different planting densities and intercropping. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 29-37, 2013.

TSCHIEDER, E. F. et al. Influence of growth dominance and individual tree growth efficiency on *Pinus taeda* stand growth. A contribution to the debate about why stands productivity declines. 2012. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 277, n. 1, p. 116 -123. 2012.

VIEIRA, J.; TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; LIMA, E.; ZONTA, E. Produção de folheto e retorno de nutrientes ao solo pela espécie *Eucalyptus urograndis*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, p.40-43. 2009.

VIVANCO, L.; AUSTIN, A.T. Tree species identity alters forest litter decomposition through long-term plant and soil interactions in Patagonia, Argentina. **Journal of Ecology**, v. 96, n. 4, p. 727-736, 2008.

XAVIER, A.; SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Nota Técnica**. Agronomía Costarricense. 34(1): 93-98. 2010.



#### 4. CONCLUSÕES GERAIS

- O espaçamento de plantio influencia o crescimento, a produção de biomassa bem como a EUN de plantio de *E. grandis*, *E. urograndis* e *E. platyphylla*, quando estabelecidos em mesmas condições de avaliação.
- Para todos os povoamentos de eucalipto avaliados neste estudo a maior proporção de biomassa das árvores está localizada no lenho.
- O menor espaçamento de plantio avaliado (3m x 2m) proporciona a maior produção volumétrica dos plantios de eucalipto considerados, com *E. grandis* produzindo menor volume em relação a *E. urograndis* e *E. platyphylla*.
- *E. grandis* apresentou o menor volume em relação a *E. urograndis* e *E. platyphylla*, independente do espaçamento adotado.
- Os teores de P, H+Al e Cu, na camada de 0 – 20 cm do solo são influenciados pela adoção de diferentes espaçamentos e materiais genéticos de eucalipto. O Cu também é influenciado na camada de 20 – 40 cm.