

# RELAÇÃO ENTRE PODER CALORÍFICO SUPERIOR E TEOR DE CINZAS DA MADEIRA DE UM CLONE DE EUCALIPTO CULTIVADO SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Sarah Esther de Lima Costa (1); Cynthia Patrícia de Sousa Santos (2); Stephanie Hellen Barbosa Gomes (3); Izabelle Rodrigues Ferreira Gomes (4); Rosimeire Cavalcante dos Santos (5)

- (1) *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, sarahcostaa@yahoo.com.br  
(2) *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, cynthiapss@live.com  
(3) *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, stephaniehellen2011@gmail.com  
(4) *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, izabelle.rodriguesferreira@gmail.com  
(5) *Universidade Federal do Rio Grande do Norte*, meire\_caico@yahoo.com.br

**Resumo:** O estado do Rio Grande do Norte encontra-se em um cenário de relação econômica com os recursos florestais, visto que, em regiões de polos ceramistas, a utilização da madeira nativa se dá de forma integral. Diante dessa dependência, as espécies do gênero *Eucalyptus* surgem como alternativa para o setor industrial do RN através da implantação e uso como fonte de energia. Por ser uma espécie exótica, seu uso pode traduzir-se em redução da supressão da Caatinga, além de colaborar com as questões sociais e econômicas da comercialização e uso da madeira no RN. Nesse sentido, o trabalho objetivou verificar a correlação existente entre o poder calorífico superior e o teor de cinzas da madeira do clone *Eucalyptus urophylla* implantado em diferentes espaçamentos no estado do Rio Grande do Norte. A coleta dos dados foi realizada aos 3 anos após o plantio e o escopo foi avaliar 4 espaçamentos (T1: 3x1,30; T2: 3x2,50; T3: 3x3,70 e T4: 3x6,70). Altos teores de cinzas colaboram para diminuição do poder calorífico, em razão destas fazerem parte do processo de combustão. Diferentes espaçamentos de plantio traduziram-se em respostas diferentes sobre a correlação linear entre o poder calorífico superior e o teor de cinzas da madeira do clone *Eucalyptus urophylla*, aos 3 anos de idade. As árvores submetidas ao T3 (espaçamento 3 x 3,70 m) apresentaram a maior correlação linear entre as variáveis PCS e % cinzas (-0,92), indicando correlação forte entre as variáveis.

**Palavras-chave:** Densidade de plantio, potencial energético, semiárido.

## Introdução

Atualmente, o eucalipto é a espécie exótica mais plantada no Brasil devido a sua adaptação às condições climáticas e edáficas e por apresentar alta produtividade e ciclos curtos de exploração, se comparado, especialmente, com o ciclo de rotação das espécies nativas que ocorrem no Estado do Rio Grande do Norte (RN) (FERREIRA, 2017). Com o estabelecimento do eucalipto no Brasil, várias pesquisas e programas de melhoramento foram iniciados a fim gerar indivíduos geneticamente superiores. Porém, há evidências quanto à ausência de estudos com a espécie florestal em regiões semiáridas, a exemplo do Semiárido Potiguar (DRUMOND, 2016).

A demanda por lenha está presente em toda a região Nordeste nos diversos setores, entretanto, os industriais têm sua demanda mais expressiva. No estado do Rio Grande do Norte, o

setor ceramista participa ativamente do crescimento econômico e tem alta dependência de lenha para alimentar os fornos responsáveis pela queima da madeira (CHAVES, 2016).

A madeira neste estado é considerada matéria prima de alta demanda, extraída principalmente do bioma Caatinga e há relatos de que a forma de exploração, em sua maioria, ocorre de forma não planejada, causando consequências negativas em relação aos aspectos ambientais, econômicos e sociais. Destacando-se o desmatamento acelerado da Caatinga, que coloca em risco a sua biodiversidade e o potencial de seus recursos naturais, Pareyn (2010) em pesquisa para Associação de Plantas do Nordeste, constatou que 59% da lenha consumida da Caatinga vem de desmatamentos ilegais.

O estado do Rio Grande do Norte encontra-se em um cenário de relação econômica com os recursos florestais, visto que, em regiões de polos ceramistas, a utilização da madeira nativa se dá de forma integral. Diante dessa dependência, as espécies do gênero *Eucalyptus* surgem como alternativa para o setor industrial do RN através da implantação e uso como fonte de energia. Por ser uma espécie exótica, seu uso pode traduzir-se em redução da supressão da Caatinga, além de colaborar com as questões sociais e econômicas da comercialização e uso da madeira no RN.

O espaçamento de um plantio representa a disponibilidade de água e de nutrientes no solo para as planta (SILVA, 1984). De acordo com Patiño-Valera (1986), o espaçamento ótimo é aquele capaz de fornecer o maior volume, forma e qualidade desejáveis da madeira. Quando retratado a qualidade da madeira, o espaçamento influencia no tamanho dos nós, conicidade do fuste e principalmente a densidade básica (MOULIN et al., 2017).

Com relação ao espaçamento de um plantio, Garcia et al. (1991) afirmam que os mais amplos tendem a produzir madeiras com valores mais baixos de densidade básica. Em um povoamento de *Eucalyptus saligna*, foram observados efeitos positivos do espaçamento com maior área vital na densidade básica aos 10 anos de idade (BERGER et al., 2002). Sendo que observado por Santos et al. (2017) foi que quanto mais adensado for o plantio menor será a densidade básica da madeira.

Em se tratando de selecionar espécies para fins energéticos, alguns parâmetros devem ser levados em consideração quando da escolha do material genético proporcione baixo custo de produção e qualidade do produto final. Dentre os diversos parâmetros de qualidade, o poder calorífico superior e o teor de cinzas são propriedades inversamente proporcionais que respondem

quanto à quantidade de energia produzida e de material não combustível, sendo este conhecimento fundamental para os processos produtivos industriais.

Nesse sentido, o trabalho objetivou verificar a correlação existente entre o poder calorífico superior e o teor de cinzas da madeira do clone *Eucalyptus urophylla* implantado em diferentes espaçamentos no estado do Rio Grande do Norte.

## Metodologia

O trabalho foi conduzido na Área de experimentação Florestal da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias (UAECIA), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima local caracterizado por uma transição entre os tipos As', o qual é caracterizado por possuir uma estação seca bem definida no período de verão e o BSh', que é caracterizado pela baixa umidade e baixo índice pluviométrico, com temperaturas média de 27°C, umidade relativa média anual de 76% e precipitação pluviométrica variando entre 863,7e 1070,7 mm ao ano (IDEMA, 2013). O solo é classificado como Latossolo Amarelo de textura arenosa e topografia plana como citado por Silva (2017). A coleta dos dados foi realizada aos 3 anos após o plantio e o escopo foi avaliar 4 espaçamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos tratamentos considerando-se a variação dos espaçamentos estudados.

Tratamentos	Área por planta (m <sup>2</sup> )	Densidade (árvores/ha)	Arranjo de plantio aproximado
T1	3,9	1.754	3 x 1.30
T2	7,5	1.333	3 x 2.50
T3	11,1	901	3 x 3.70
T4	20,1	498	3 x 6.70

O plantio apresenta o delineamento sistemático com fator quantitativo contínuo. A parcela escolhida contém sete linhas do híbrido *Eucalyptus urophylla*, sendo um total de 189 desse híbrido por parcela. Sendo consideradas somente três linhas centrais, sendo desconsideradas duas linhas de cada lateral devido ao efeito de borda.

Para determinação do poder calorífico superior e teor de cinzas foram realizados o abate de três árvores por tratamentos e foram retirados discos de 10 cm de comprimento a cada 1 metro da altura comercial. A partir dos discos foram extraídas duas cunhas opostas seguindo a norma ASTM

D2015 – 96 para determinação do poder calorífico superior através de uma bomba calorimétrica adiabática. Para determinação do teor de cinzas seguiu-se a norma NBR 8112 (ABNT, 1986).

Para análise dos dados, procedeu-se à análise de variância pelo teste F, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey, considerando-se o nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa BioEstat, versão 5.3 e Past, versão 3.0.

## Resultados e discussão

Todos os tratamentos apresentaram correlação negativa entre o poder calorífico superior (PCS) e o teor de cinzas (% cinzas) da madeira com excessão do T2 (Tabela 2), onde foi verificado correlação positiva, indicando a existência de uma relação linear entre as duas variáveis analisadas.

Tabela 2. Valores médios para poder calorífico superior (PCS) e teor de cinzas (% cinzas) sob diferentes espaçamentos.

Tratamento	PCS (kcal/kg)		% cinzas	
	Médias	SD	Médias	SD
T1 (3 x 1,30 m)	4648 a	± 32,00	0,47 a	± 0,12
T2 (3 x 2,50 m)	4642 a	± 4,70	0,52 a	± 0,03
T3 (3 x 3,70 m)	4676 a	± 5,79	0,60 a	± 0,03
T4 (3 x 6,70 m)	4692 a	± 12,68	0,56 a	± 0,08

*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ( $p=0,05$ ).*

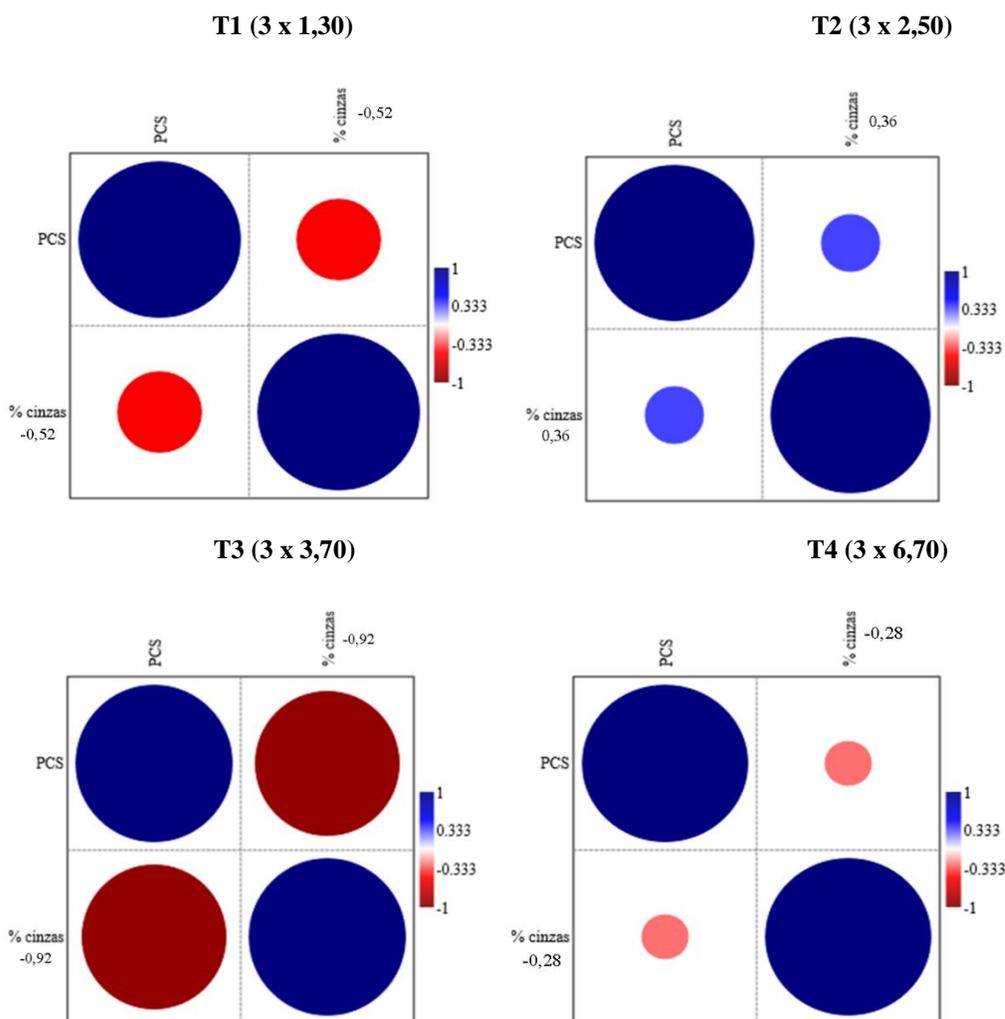
As madeiras dos tratamentos T1, T3 e T4 apresentaram aumento do PCS com a diminuição do teor de cinzas. Respostas desta natureza são interessantes do ponto de vista energético, uma vez que quando se trata de combustível, quanto menor o teor de cinzas, significa que há maior quantidade de material combustível para queima, já que esta é considerada um material inorgânico. Altos teores de cinzas colaboram para diminuição do poder calorífico, em razão destas fazerem parte do processo de combustão (BRAND, 2010).

Dentre os 4 tratamentos estudados, o T4 apresentou o menor valor de correlação entre as variáveis PCS e % cinzas, seguido do T2, sendo esta última correlação positiva. Os tratamentos T1 e T3 apresentaram os maiores valores de correlações entre as variáveis PCS e % cinzas, sendo de -0,52 e -0,92, respectivamente. Em maiores espaçamentos é esperado correlações fortes entre o PCS e o teor de cinzas da madeira, já que, certamente, maior será a quantidade de madeira

produzida e maior a energia armazenada, afetando a correlação PCS e cinzas da madeira, pois maior seria o PCS e menor o percentual de cinzas da madeira.

No presente estudo, foi verificada correlações negativas fortes em T3 (-0,92) e fraca em T4 (-0,28). Este comportamento é clone específico e pode estar relacionado à idade juvenil do material genético avaliado. O espaçamento T3 é o mais próximo do encontrado na maioria dos plantios florestais e promove melhor qualidade do ponto de vista energético, onde deve-se aliar a produtividade à qualidade da madeira.

Figura 1. Diagrama de Correlação de Pearson entre as variáveis poder calorífico superior e teor de cinzas da madeira de um clone de eucalipto implantado no estado do Rio Grande do Norte sob diferentes espaçamentos (T1: 3x1,30; T2: 3x2,50; T3: 3x3,70; T4: 3x6,70), aos 3 anos de idade.



PCS: Poder calorífico superior (kcal/kg); % cinzas: teor de cinzas. A cor dos círculos indica o tipo de correlação, sendo a cor vermelha correspondente correlação negativa, enquanto que a cor azul, indica correlação positiva.

Em maiores espaçamentos é esperado correlações fortes entre o PCS e o teor de cinzas da madeira, já que, certamente, maior será a quantidade de madeira produzida e maior a energia armazenada, afetando a correlação PCS e cinzas da madeira, pois maior seria o PCS e menor o percentual de cinzas da madeira.

Para Eloy (2014) quando submetida a maiores espaçamentos de plantio existe uma tendência de se observar melhor qualidade energética da madeira, principalmente, em se tratando do parâmetro PCS, indicador da quantidade de energia armazenada na madeira.

Sendo assim, árvores submetidas aos maiores espaçamentos tendem a fotossintetizar mais e competir menos por água e nutrientes, o que significa maior produção de carbono e, portanto, maior o poder calorífico superior (LIMA et al., 2013). No entanto, esta característica deve ser avaliada conjuntamente com a produtividade em lenho, uma vez que, se houver qualidade, mas não houver produtividade, a viabilidade financeira dos segmentos poderá comprometer-se, enquanto fonte energética.

## **Conclusões**

Concluiu-se que o comportamento da relação PCS-%cinzas é clone específico e pode estar relacionado à idade juvenil do material genético avaliado. O espaçamento T3 é o mais próximo do encontrado na maioria dos plantios florestais e promove melhor qualidade do ponto de vista energético, onde deve-se aliar a produtividade à qualidade da madeira.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8112: Análise química imediata do carvão vegetal. Rio de Janeiro, 1986.

BERGER, R. et al. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 2, p. 75- 87, 2002.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131 p.

DRUMOND, M. A.; OLIVEIRA, V. R.; RIBASKI, J. Eucalipto no Semiárido brasileiro. Folhetos – Embrapa Florestas. 2016.

ELOY, E. et al. Influência do espaçamento nas características energéticas de espécies arbóreas em plantios de curta rotação. **Revista Árvore**, v. 38, n. 3, 2014.

FERREIRA, M. C. et al. Produção de biomassa e energia em plantio clonal de *Eucalyptus* de curta rotação implantado no rio grande do norte. **Revista Árvore**, vol. 41, n.5, 2017.

GARCIA, C. H.; CORRADINE, L.; ALVARENGA, S. F. Comportamento florestal do *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em diferentes espaçamentos. [s. l.]: IPEF, 1991. 8 p. (Circular Técnica, 179).

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE (IDEMA). Perfil do seu município: Macaíba. IDEMA: Natal, 2013. 21 p.

LIMA, R. et al. Effect of spacing on the volumetric development of *Pinus taeda* L. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p. 223-230, 2013.

MOULIN, J. C. et al. Efeito do Espaçamento, Idade e Irrigação no Volume e Densidade Básica do Eucalipto. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p.1-10, 2017.

PAREYN, F. G. C. Os recursos florestais nativos e a sua gestão no estado de Pernambuco – o papel do manejo florestal sustentável. In: GARIGLIO, M. A. et al. (Org.). Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 99-112.

PATIÑO-VALERA, F. **Variación genética em progênes de Eucalyptus saligna Smith e sua interação com espaçamento.** 1986.192 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SANTOS, M. D. et al. Avaliação da produção de biomassa do fuste de um clone híbrido de eucalipto sob diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p.31-45, 2017.

SILVA, J. C. Espaçamentos em povoamentos florestais: efeitos na produtividade, qualidade e na economicidade. Piracicaba, ESALQ/DS, 1984, 39p.

SILVA, M. G. **Crescimento, produção e distribuição de biomassa de espécies florestais em resposta ao método de cultivo.** 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2017.