



## Caracterização da madeira de *Prosopis juliflora* utilizada na indústria de cerâmica vermelha no semiárido brasileiro

Nauan Ribeiro Marques Cirilo<sup>1</sup>, Pedro Nicó de Medeiros Neto<sup>1\*</sup>, Libânia da Silva Ribeiro<sup>1</sup>, Giselle Lemos Moreira<sup>2</sup>, Flávio Cipriano de Assis do Carmo<sup>1</sup>, Natielly Cristine Gomes de Medeiros<sup>1</sup>

**RESUMO:** A madeira extraída das formações florestais na região Nordeste destina-se principalmente, como fonte de energia e em construções rurais, com o uso de estacas, mourões e elementos estruturais. Dessa forma, o objetivo da pesquisa foi realizar a caracterização física e relação cerne: alburno da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*), utilizada em cerâmicas da região semiárida. Foram escolhidas aleatoriamente toras de algaroba para determinação da densidade básica, teor de umidade da madeira e relação cerne: alburno, sendo coletadas amostras nas pilhas de lenha que se encontrava no pátio da cerâmica, obtendo toras com diferentes diâmetros e comprimentos, em virtude, da heterogeneidade da matéria prima utilizada. Na avaliação das características físicas e relação C:A foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) e nas análises dos resultados empregou-se o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Para os teores de casca, as amostras de menores diâmetros apresentaram em torno de 5,40%. O teor de umidade das amostras coletadas estava superior a 30%. A densidade básica variou de 0,6 a 0,74 g.cm<sup>-3</sup>. O alto teor de umidade influencia negativamente no uso da madeira para geração de energia, ocasionado elevado gasto energético durante o processo inicial da combustão. **Palavras-chave:** Energia, teor de umidade, densidade básica.

### Characterization of *Prosopis juliflora* wood used in the ceramic industry in the brazilian semiarid

**ABSTRACT:** The wood extracted from the forest formations in the Northeast region is mainly used as a source of energy and in rural buildings, with the use of fences, posts and wood structures. Thus, this study aimed to characterization of *Prosopis juliflora* wood used in the ceramic industry in the brazilian semiarid. Wood logs were randomly chosen to determine the basic density, wood moisture content and heartwood: sapwood ratio and samples were collected in the firewood piles found in the ceramic yard, obtaining logs with different diameters and lengths, due to the heterogeneity of the raw material used. In the evaluation of physical characteristics and C: A ratio, a completely randomized design was used and in the analysis of the results, the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). For bark contents, samples with smaller diameters showed around 5.40%. The moisture content of the collected samples was above 30%. The specific gravity ranged from 0.6 to 0.74 g.cm<sup>-3</sup>. The high moisture content negatively influences the use of wood for energy generation, causing high-energy expenditure during the initial combustion process

**Keywords:** energy, moisture content, specific gravity

## INTRODUÇÃO

O aumento do uso da biomassa no século XXI, como fonte de energia, está relacionado a uma redução no emprego dos combustíveis fósseis, que favorecem a utilização dos recursos locais de cada região, contribuindo para a diminuição do impacto no clima e no meio ambiente (MAKSIMUK et al., 2021). Além disso, existe a estimativa que até 2050 a bioenergia será responsável por 30% da energia consumida no mundo (GUO, SONG, BUHAIN, 2015). A madeira evidencia sua importância por ser um produto renovável e mais acessível que as outras fontes de matéria-prima, como os combustíveis fósseis e outros materiais de construção (ferro, aço e alumínio).

Quando analisado a utilização de produtos madeireiros no Nordeste brasileiro, Coelho Junior et al. (2019) destacam que dentre esses, a lenha é mais acessível à população possuir grande disponibilidade. Assim, seu uso tornou-se social. Isso pode ser

comprovado quando observada a matriz energética da região Nordeste, em que, aproximadamente 30% da energia disponibilizada é proveniente da lenha. No entanto, 90% dessa matéria prima é obtida de maneira ilegal e inadequada.

Neste contexto, destaca-se a obtenção desta matéria-prima da vegetação da Caatinga, único bioma exclusivamente brasileiro, caracterizado por espécies arbóreo-arbustivas com bifurcações e fustes tortuosos, o que limita sua aplicação no setor industrial, sobretudo como fonte energética para abastecimento de indústrias de cerâmicas, olarias, padarias e no uso doméstico.

Dados do Ministério do Meio Ambiente - MMA (2018), evidencia a importância do uso da lenha no setor de cerâmica vermelha no Nordeste brasileiro, abrangendo 1.623 indústrias, com um consumo anual de 2.657.687 tMS ano<sup>-1</sup> de biomassa, sendo 3% deste

Recebido em 09/05/2020; Aceito para publicação em 25/07/2020

<sup>1</sup> Universidade Federal de Campina Grande

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco

\*email: pedroflorestal@gmail.com

total utilizada por 66 cerâmicas vermelhas localizadas no estado da Paraíba.

Além disso, Santos et al. (2013) destacaram que, a produção de cerâmica no Brasil constitui-se como um importante segmento industrial, para a geração de emprego e renda, sobretudo na região Nordeste.

Diante do exposto, são evidentes os inúmeros benefícios que o homem retira da natureza, porém, sua intervenção no bioma Caatinga resulta na degradação de sua potencialidade madeireira e acentua o desequilíbrio ecológico iniciado por fatores climáticos desfavoráveis.

Assim, uma alternativa para reduzir a exploração da biomassa nativa é o uso da madeira de espécies exóticas para geração de energia, e dentre estas se destaca a Algaroba (*Prosopis juliflora*), espécie amplamente utilizada em diversas cerâmicas vermelhas da região semiárida, por possuir elevada adaptabilidade às condições edafoclimáticas locais, povoamentos homogêneos, densos e rápido crescimento.

Porém, a utilização de uma determinada espécie madeireira para usos energéticos deverá ser baseada nas análises das suas características físico-químicas, anatômicas e energéticas. Entretanto, Jesus (2020) enfatiza que dentre as variáveis essenciais para serem avaliadas, a massa específica básica, o teor de umidade e diâmetro das peças, são comumente utilizadas por serem características de fácil mensuração e de baixo custo para serem determinadas.

Dentre estas variáveis, o teor de umidade da madeira, é uma das principais propriedades físicas que interfere diretamente na quantidade de energia liberada durante a queima da lenha. Silva et al. (2015) destacaram que, madeiras com elevada quantidade de água promove maiores perdas de energia durante o processo de combustão da lenha, resultante da energia que seria utilizada durante as reações exotérmicas do processo, a ser empregada para eliminar a água presente na madeira.

E apesar da importância econômica e social do uso da lenha na região semiárida, o potencial energético madeireiro das espécies da caatinga e exóticas tem pouco conhecimento no meio científico, evidenciando a necessidade de informações quanto suas variáveis básicas que influenciam na geração de energia durante a queima da madeira nas indústrias. Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa foi realizar a caracterização física e relação cerne: alburno da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*), utilizada em cerâmicas vermelhas da região semiárida.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Amostragem da madeira

Nesta pesquisa foram avaliadas as características físicas (densidade básica e teor de umidade), relação

cerne: alburno e teor de casca da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*).

Essa espécie foi escolhida após realizado levantamento de campo, por meio de visitas técnicas em cerâmicas da região semiárida, e ao catalogar as principais madeiras utilizadas neste setor industrial para fins energéticos, o uso da madeira de algaroba foi predominante.

O material coletado foi obtido em uma cerâmica localizada no município de Santa Luzia, estado da Paraíba, que possui como principal produto comercializado telhas cerâmicas.

Posteriormente, foram escolhidas aleatoriamente toras de algaroba para determinação da densidade básica, teor de umidade da madeira, teor de cascas e relação cerne: alburno, expostas em pilhas presentes no pátio da cerâmica vermelha, obtendo amostras com diferentes diâmetros e comprimentos, em virtude, da heterogeneidade da matéria prima utilizada. Desta forma, foi realizada uma amostragem realística do material madeireiro inserido nos fornos para geração de energia térmica, durante a queima dos produtos (telhas e tijolos).

Com o auxílio de fita métrica foram medidos os diâmetros das toras coletadas, e essas foram divididas em três classes diamétricas, sendo a classe 01 com intervalo de 1,00 - 4,50 cm; classe 02 de 4,51 - 8,20 cm e classe 03 de 8,21 - 12,00 cm. Dessa forma, foram obtidas toras de pequeno, médio e grande diâmetros, que representaram as principais classes das toras presentes no pátio da cerâmica.

Em seguida, as amostras coletadas foram transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais (LTPF) pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal (UAEF), do Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Patos, Paraíba, onde foram obtidos dois discos com casca na região central do comprimento das toras coletadas, um para a determinação da massa específica básica, teores de casca e relação cerne: alburno e outro para definir o teor de umidade inicial das toras.

### Caracterização física e relação C:A da madeira

Para a avaliação da Massa Específica Básica (MEB), o volume do corpo de prova foi medido de acordo com o método da balança hidrostática (VITAL, 1984), e para a determinação da MEB foram seguidas as especificações da Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2003).

Na determinação do teor de umidade inicial das toras, foram obtidos discos com casca no mesmo dia da coleta do material para evitar perda de umidade, pesados em balança de 0,1g de precisão e inseridos em estufa a  $103 \pm 2$  °C até atingirem massas

constantes, sendo determinado de acordo com a equação 1 (KLITZKE, BATISTA, 2010).

$$TUI = \frac{(Mu-MS)}{MS} * 100 \text{ (Equação 1)}$$

em que: TUI: teor umidade inicial (%); MU: massa úmida (g); MS: massa seca a 0% de umidade (g).

Na determinação da porcentagem de casca, foi utilizada a metodologia descrita por Oliveira (2015). Na delimitação da relação cerne: alburno (C:A) foi seguindo os preceitos descritos por Evangelista (2007) e Silva (2018), nos discos de cada tora foi determinada visualmente a região limitante entre a região do cerne e alburno, com auxílio de uma lupa com aumento de 10x. Posteriormente, delineada duas retas perpendiculares, passando pela medula, de aresta igual ao diâmetro que foram medidas, bem como a região limítrofe, com o uso de régua de aço graduada em milímetros.

### Análise estatística dos resultados

Na avaliação das características da madeira, como a relação cerne: alburno, teor de casca, densidade básica e umidade inicial das toras foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) e para análise dos resultados empregado o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), para as interações detectadas como significativas pelo teste de F ( $p \leq 0,05$ ). Foram utilizados os testes de normalização da distribuição dos dados (teste de Lilliefors) e homogeneização das variâncias (teste de Cochran e Bartellett).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto aos teores de casca, pode ser observado que as amostras de menores diâmetros apresentaram maiores resultados (5,40%) (Tabela 1), diferenciando estatisticamente das classes 2 e 3, que foram semelhantes. Rezende et al. (2010) destacaram que, a espessura da casca influencia diretamente e negativamente na secagem das toras de madeira, em virtude, do acréscimo do tempo necessário para eliminação da água presente na toras, promovendo um gasto energético para remoção desta umidade localizada no interior da madeira e consequentemente, aumento dos custos na produção final.

Do mesmo modo, peças de madeira com maiores teores de casca, além de afetarem negativamente o processo de combustão da madeira, pela redução na velocidade de eliminação da água presente nos tecidos vegetais, possuem baixo valor energético e elevada produção de cinzas, características indesejáveis para fins energéticos.

Para a relação C:A, menores valores resultam em redução no tempo necessário para a eliminação da umidade presente na madeira durante o processo de secagem. Isto é resultante do alburno possuir uma secagem mais rápida que o cerne, em virtude, de sua maior permeabilidade (PEREIRA et al., 2013). Dessa forma, a classe diamétrica 1, provavelmente apresentaria maior facilidade de secagem durante a queima da madeira, porém o percentual de casca mais elevado nesta classe dificulta a eliminação da água. Fato importante para o controle da combustão, pela necessidade na reposição de peças de madeira nos fornos da cerâmica como maior frequência para suprir a demanda energética.

Tabela 1. Percentuais médios de casca, cerne e alburno e relação C:A da madeira de algaroba.

Classe diamétrica (cm)	Teor de casca (%)	Teor de cerne (%)	Teor de alburno (%)	C:A
1,00 – 4,50	5,40 a	0 c	100 a	0
4,51 - 8,50	2,36 b	24,71 b	75,29 b	0,45
8,51 – 12,00	1,29 b	55,85 a	44,15 c	1,40

em que: C:A = relação cerne: alburno. Médias seguidas por uma mesma minúscula na vertical, não diferem entre si (Tukey;  $p > 0,05$ ).

Em relação ao teor de umidade inicial das toras, pode ser observado que todas as classes diamétricas avaliadas possuíam umidade superior ao Ponto de Saturação das Fibras (PSF), ou seja, acima de 30%, conforme apresentado na Tabela 2. E as toras de maiores diâmetros exibiram uma maior quantidade de água a ser eliminada durante o processo de combustão da madeira. Teixeira (2015) destaca que dentre os fatores que afetam a velocidade de secagem da madeira, está o diâmetro das toras, no qual, peças de maiores diâmetros tem-se maiores tempos de secagem. Assim, para o uso da madeira como fonte de energia nas indústrias de cerâmica vermelha, toras

com elevados teores de umidade proporciona um aumento no tempo de transferência de calor da superfície para o centro da peça durante a queima da lenha, elevando o gasto energético pelo acréscimo na quantidade de energia necessária para a evaporação da água e, consequentemente menor quantidade de energia é liberada dentro dos fornos da cerâmica que reduz a eficiência do processo na produção de telhas e tijolos. Além disso, uma maior quantidade de água presente na madeira, aumenta os custos com transporte das toras e reduz o poder calorífico do material (CARASCHI et al., 2019).

Tabela 2. Valores médios do teor de umidade e densidade básica da madeira de algaroba avaliada no presente estudo.

Classe diamétrica (cm)	Teor de umidade (%)	Massa específica básica (g. cm <sup>-3</sup> )
1,00 – 4,50	32,95 b	0,60 b
4,51 - 8,50	40,23 ab	0,70 a
8,51 – 12,00	45,08 a	0,74 a

Médias seguidas por uma mesma minúscula na vertical, não diferem entre si (Tukey;  $p > 0,05$ ).

Assim, para o uso adequado da madeira como fonte energética, o teor de umidade das toras deverá ser inferior ao Ponto de Saturação de Fibras (PSF).

Quanto a Massa Específica Básica (MEB), pode ser observado na Tabela 2 e Figura 1, que classes com maiores diâmetros apresentam MEB mais elevadas. Esta característica é muito importante para a escolha de espécies para serem utilizadas na queima direta da madeira ou em processos de transformação (SANTOS et al., 2013). Pois, a MEB está diretamente relacionada com a produção energética, em que maiores valores proporcionam uma maior quantidade de energia estocada por metro cúbico de madeira. Na Figura 1, Pode ser reparado que as maiores densidades da madeira foram verificadas nas classes diamétricas 2 e 3.

A densidade básica da madeira de *Prosopis juliflora* variou de 600 a 740 kg m<sup>-3</sup>. E ao comparar com os dados apresentados por Santos et al. (2020) para as espécies *Poincianella pyramidalis* (718 kg m<sup>-3</sup>) e *Mimosa tenuiflora* (799 kg m<sup>-3</sup>) e *Anadenanthera colubrina* (799 kg m<sup>-3</sup>), madeiras comumente utilizadas para geração de energia em diversos setores na região semiárida, mostra-se que a madeira de *Prosopis juliflora* apresentou valores próximos aos observados para as espécies citadas. Segundo Lima (2020) as madeiras com densidade superior a 500 kg m<sup>-3</sup> são indicadas para uso energético. Assim, torna evidente o potencial energético da madeira de algaroba. Fato exposto por Protásio et al. (2021), que não recomendam o uso de clones de *Eucalyptus* com densidades inferiores a 500 kg m<sup>-3</sup> para fins energéticos.

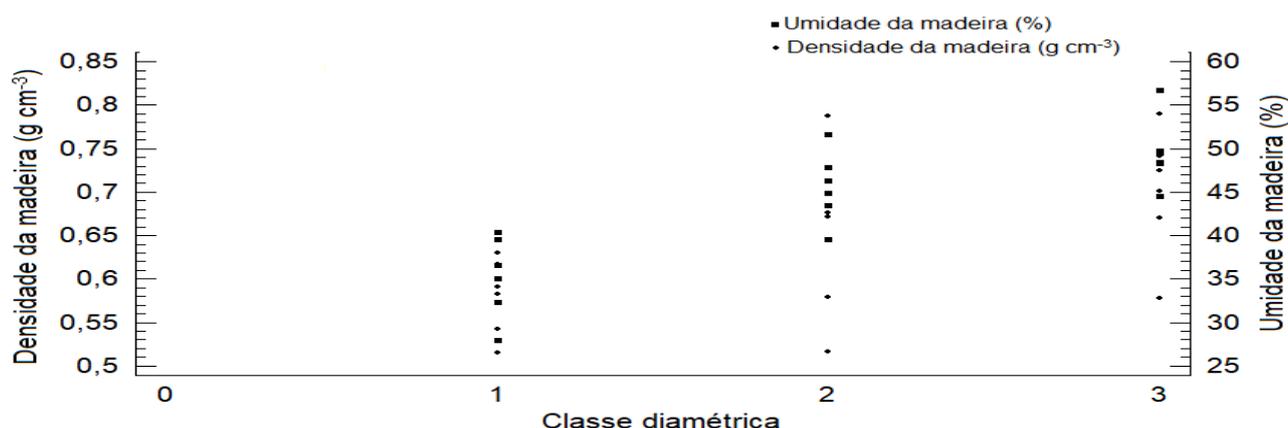


Figura 1 - Valores médios da densidade básica e teor e umidade inicial da madeira de algaroba.

Outro fator importante, está relacionado ao poder calorífico superior da madeira, onde espécies com maiores massas específica básica possuem maiores valores, ou seja, mais energia disponível dentro dos fornos cerâmicos durante o processo de combustão da lenha.

## CONCLUSÃO

O alto teor de umidade na madeira influencia negativamente no seu uso para geração de energia, ocasionado elevado gasto energético durante o processo inicial da combustão;

Em virtude, do elevado teor de umidade inicial as toras possuem uma grande variabilidade de umidade entre e dentre essas e, uma alternativa para minimizar

essa variação seria a separação das toras por classes diamétricas;

As classes 2 e 3 apresentaram os maiores valores de massa específica básica. Importante característica para uso da lenha como fonte energética.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR-11941**: madeira - determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.

- CARASCHI, J. C.; DANIELLE GOVEIA, D.; DEZAJACOMO, G.; PRATES, G. A. Evaluation of Biomass Properties for the Production of Solid Biofuels. **Floresta e Ambiente**, v.26, 2019, e20180433.
- COELHO JUNIOR, L. M., BURGOS, M. C., SANTOS JÚNIOR, E. P., PINTO, P. A. L. A. 2019. Regional concentration of the gross production value of firewood in Paraíba. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 3, e20170887. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.088717>.
- EVANGELISTA, W. V. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, oriunda de consórcio agrossilvipastoril**. 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
- GUO, M., SONG, W., BUHAIN, J. Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 42, p. 712-725. 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.013>.
- JESUS, M. S. **Decomposição térmica da madeira como subsídio para curvas de carbonização e queima de gases**.104f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2020.
- KLITZKE, R. J.; BATISTA, D. C. Ensaio de taxa de secagem e escore de defeitos para a predição da qualidade de secagem convencional da madeira de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 85, p. 97-105, 2010.
- LIMA, M. D. R.; BARROS JUNIOR, U. O.; ASSIS, M. R.; MELO, I. C. N. A.; FIGUEIREDO, I. C. R.; PROTÁSIO, T. P.; TRUGILHO, P. F. Variabilidade das densidades básica e energética e estoque de carbono na madeira no fuste de clones de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, 48 (128), e3302, 2020. Doi: <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n128.04>.
- MAKSIMUK, Y.; ANTONAVA, Z.; KROUK, V.; KORSAKOVA, A.; KURSEVICH, V. Prediction of higher heating value (HHV) based on the structural composition for biomass. **Full 99**, 120860, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120860>.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Biomassa para energia no Nordeste: atualidade e perspectivas**. Brasília, DF, MMA, 2018, 161p.
- OLIVEIRA, A. C. **Secagem de toras de eucalipto**. 71f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2015.
- PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, L. C. Correlações entre a relação Cerne/Alburno da madeira de eucalipto, rendimento e propriedades do carvão vegetal. **Scientia Forestalis**, v.41, n.98, p. 217-225, 2013.
- PROTÁSIO, T. P.; LIMA, M. D. R.; SCATOLINO, M. V.; SILVA, A.B.; FIGUEIREDO, I. C. R.; HEIN, P. R. G.; TRUGILHO, P. F. Charcoal productivity and quality parameters for reliable classification 1 of *Eucalyptus* clones from Brazilian energy forests. **Renewable Energy**, v. 164, p.34-45, 2021.
- RESENDE, R. N.; LIMA, J. T.; RAMOS E PAULA, L. E.; FARIA, A. L. R. Secagem ao ar livre de toras de *Eucalyptus grandis* em Lavras, MG. *Cerne*, v. 16, p. 41-47, 2010.
- SANTOS, C. P. S.; SANTOS, R. C.; CARVALHO, A. J. E.; CASTRO, R. V. O.; COSTA, S. E. L.; LOPES, L. I.; PAREYN, F. G. C.; DIAS JÚNIOR, A. F.; TRUGILHO, P. F.; CARVALHO, N. F. O.; MAGALHÃES, M. A. Estoque de energia da madeira em áreas sob manejo florestal no Rio Grande do Norte. **Scientia Forestalis**, v.48, n.126, 2020. Doi: <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n126.0>.
- SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; PIMENTA, A. S.; CASTRO, R. V. O.; MARINHO, I. V.; TRUGILHO, P. F.; ALVES, I. C. N.; CASTRO, A. F. N. M. Potencial energético da madeira de espécies oriundas de plano de manejo florestal no estado do rio grande do norte. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 491-502, abr.-jun., 2013.
- SANTOS; R. C.; BATISTA, A. K. P.; CASTRO, R. V. O.; CARNEIRO, A. C. O. Utilização de briquetes como fonte alternativa de energia para o setor de cerâmica vermelha na região do Seridó/RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, n. 1; 2013, Petrópolis - RJ, **Anais...** Petrópolis - RJ: 2013.
- SILVA, A. P. M.; SANTOS, R. C.; CASTRO, R. V. O.; CARNEIRO, A. C. O.; PASKOCIMAS, C. A.; MARINHO, G. S. Estudo do perfil térmico de fornos do tipo "caipira" utilizados pelo setor de cerâmica vermelha em Parelhas na região do Seridó, RN. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p.963-972, 2015.
- SILVA, L. F. **Avaliação da aptidão da madeira de seis clones de híbridos de *Eucalyptus* para o processamento mecânico**. 2018. 90 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2018.
- TEIXEIRA, R. U. **Efeito da produtividade florestal e permeabilidade da madeira de *Eucalyptus* spp. na velocidade de secagem**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2015.
- VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa: SIF;1984. (Boletim Técnico, 1).