

Recebido: 23-10-2013 Aceito: 05-05-2014

Influência da variação axial, radial e granulométrica da serragem na composição química da madeira de jurema-preta

Rafaela Felipe de Brito¹, Diego Martins Stangerlin^{2*}, Leandro Calegari³, Elisangela Pariz⁴, Carina Cristina Agnes Calegari⁵, Darci Alberto Gatto⁶

¹Graduada em Engenharia Florestal, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso.

²Professor Adjunto do Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, Mato Grosso.

³Professor Adjunto da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Paraíba.

⁴Professora Assistente da Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas, Universidade de Cuiabá, Sinop, Mato Grosso.

⁵Especialista em Educação Ambiental, Faculdades Integradas de Patos, Patos, Paraíba.

⁶Professor Adjunto do Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul.

RESUMO O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência da variação axial, radial e da granulometria da serragem na composição química da madeira de *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir. Para tanto, foram utilizados nove indivíduos adultos, os quais foram aleatoriamente selecionados no Núcleo de Pesquisas do Semiárido (NUPEÁRIDO), município de Patos, Paraíba. A partir da derrubada das árvores, foram confeccionadas amostras do cerne e alburno obtidas da base e do topo, de modo a representar a variação radial e axial, respectivamente. As amostras foram moídas e classificadas em três frações de serragem (40, 60 e 80 mesh), de modo a representar a variação granulométrica. As análises químicas foram realizadas em triplicata para a determinação dos seguintes parâmetros: solubilidade em hidróxido de sódio a 1%, teor de extrativos, teor de cinzas, teor de lignina Klason, teor de material volátil e teor de carbono fixo. No cerne verificaram-se os maiores teores de extrativos, lignina, solubilidade em hidróxido de sódio a 1% e carbono fixo. Por sua vez, o alburno destacou-se por apresentar os maiores teores de holocelulose e material volátil. Nas frações granulométricas de 80 mesh foram verificados os maiores teores dos parâmetros químicos analisados em relação às frações de 40 e 60 mesh, exceto para os teores de holocelulose e carbono fixo. Na base das árvores de jurema-preta foram verificados os maiores teores de lignina e solubilidade em hidróxido de sódio a 1%, enquanto o topo apresentou os maiores teores de holocelulose.

Palavras-chave: *Mimosa tenuiflora*, qualidade da madeira, Caatinga.

Influence of axial, radial and particle size variation in the chemical composition of jurema-preta wood

ABSTRACT This work aimed to evaluate the influence of axial, radial and particle size variation in the chemical composition of *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir wood. Nine adult jurema-preta trees were randomly selected from the Center for Research in Semi-Arid (NUPEÁRIDO), in the city of Patos, Paraíba. From the felled trees were prepared heartwood and sapwood samples, which were obtained from the base and the top, representing both radial and axial variation, respectively. Were milled and classified the samples in three sawdust fractions (40, 60 and 80 mesh) to represent the particle size variation. Chemical analyzes were performed in triplicate as following: solubility in sodium hydroxide at 1%, extractives content, ash content, Klason lignin content, volatile material content and fixed carbon content. Heartwood presented the higher contents of extractives, lignin, solubility in sodium hydroxide at 1% and fixed carbon. However, sapwood presented the higher levels of holocellulose and volatile material. Milled wood with particle size of 80 mesh presented higher contents of the chemical parameters than the particle size 40 e 60 mesh, except for holocellulose and fixed carbon contents. Wood from the base of the jurema-preta trees showed the highest contents of lignin and solubility in sodium hydroxide at 1%, while wood from the top of the trees presented the highest content of holocellulose.

Keywords: *Mimosa tenuiflora*, wood quality, Caatinga.

* Autor correspondente: diego_stangerlin@yahoo.com.br

Introdução

A madeira, por ser de origem natural, é classificada como um material heterogêneo, sendo essa característica resultante da presença de diferentes elementos anatômicos e químicos em sua estrutura interna (ROWELL, 2005).

Os constituintes químicos da madeira podem ser divididos em dois grupos: compostos de alto peso molecular (estruturais) e baixo peso molecular (não estruturais). De acordo com Sjöström (1993) e Rowell (2005), os compostos de alto peso molecular englobam a holocelulose (celulose e hemiceluloses) e a lignina, representando uma variação entre 65 a 75% e 18 a 35% da massa seca de madeira, respectivamente. Ainda de acordo com os autores supracitados, os compostos de baixo peso molecular são formados por uma ampla gama de constituintes orgânicos (extrativos) e inorgânicos (cinzas), entretanto de menor representatividade, em geral não excedendo em 10% a massa seca de madeira.

De acordo com Trugilho et al. (1996), as variações na composição química da madeira são expressivas entre espécies, embora dentro da mesma espécie elas também ocorram, em função principalmente da idade, fatores genéticos e ambientais. Além disso, verifica-se variabilidade dentro de uma mesma árvore, sendo esta relacionada às diferentes posições axiais, variação entre base e topo, e radiais, variação entre cerne e alburno e entre lenho juvenil e adulto (BROWNING, 1963). Por outro lado, também são descritas influências da preparação amostral nos resultados da análise química da madeira, em geral associadas às etapas de moagem e homogeneização granulométrica (SANTOS, 2009).

Do ponto de vista químico, a composição e a organização dos constituintes na ultraestrutura da parede celular justificam a variabilidade nas diferentes propriedades tecnológicas da madeira (PALA, 2007). Nesse sentido, o conhecimento das propriedades tecnológicas da madeira é de

suma importância para o seu melhor aproveitamento e, conseqüentemente, na obtenção de produtos de melhor qualidade.

Mimosa tenuiflora (Willd) Poir (jurema-preta) é uma leguminosa que ocorre em quase toda região Nordeste, em especial na Caatinga devido a sua característica de resistência à seca. Lorenzi (1998) descreveu esta espécie como sendo de porte arbustivo, atingindo em sua maturidade altura média de 4 a 6 m, com tronco bifurcado e levemente inclinado, podendo apresentar um diâmetro entre 20 a 30 cm. Com relação à madeira, Lorenzi (1998), Oliveira (2003) e Paes et al. (2007) destacaram que a espécie apresenta boas propriedades energéticas, elevada resistência mecânica e durabilidade natural, o que proporciona a sua exploração para produção de moirões, estacas, lenha e carvão, com maior destaque às duas últimas aplicações.

Apesar da importância da vegetação da caatinga como fonte de material lenhoso, ainda é grande a carência de informações quanto às propriedades tecnológicas das diferentes madeiras (MEDEIROS NETO et al., 2012), como no caso da caracterização química. Diante do exposto, o presente trabalho avaliou a influência da variação axial, radial e granulométrica da serragem na composição química da madeira de *Mimosa tenuiflora*.

Material e Métodos

Foram utilizados nove indivíduos adultos de *Mimosa tenuiflora*, os quais foram aleatoriamente selecionados no Núcleo de Pesquisas do Semiárido (NUPEÁRIDO), localizado no município de Patos, Paraíba, pertencente à Universidade Federal de Campina Grande. Por tratar-se de povoamento natural e inequívoco, as idades dos indivíduos eram desconhecidas. Os indivíduos selecionados apresentaram valor médio de diâmetro a altura da base de 11,4 cm. Todos os indivíduos apresentaram-se com

bifurcação em seu tronco, com uma média de 3,4 bifurcações/árvore, sendo que o diâmetro superior médio destes foi de 5,5 cm, correspondendo à altura comercial média de 2,53 m.

As árvores abatidas foram seccionadas em quatro discos de 2,5 cm de espessura nas posições de 0% (base), 25%, 75% e 100% da altura comercial, sendo os dois primeiros discos representativos da base e os demais do topo, de modo a caracterizar a variação axial. A partir destes discos foram seccionadas amostras de madeira representativas do cerne e alburno, de modo a caracterizar a variação radial. Na sequência, o material foi submetido à secagem ao ar livre até a obtenção da umidade de equilíbrio do ambiente, o qual foi monitorado mediante pesagens periódicas.

A preparação das amostras para realização das análises químicas seguiu os procedimentos estabelecidos pela Norma Brasileira Reguladora – NBR 14660 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004). O material foi transformado em palitos e, posteriormente, convertidos em serragem, com auxílio de um moinho de facas do tipo Willey. Com o auxílio de um conjunto de peneiras de malhas distintas e agitador, o material moído foi subdividido em três frações granulométricas, de 40, 60 e 80 mesh.

A partir das frações granulométricas, foram realizadas, em triplicata, as análises químicas para determinação da solubilidade em hidróxido de sódio a 1%, teor de extrativos, teor de cinzas, teor de lignina Klason e dos teores de material volátil e carbono fixo, de acordo com os procedimentos da NBR 7990, 14853, 13999 e 7989 da ABNT (2001, 2002, 2003a, 2003b) e NBR 8112 da ABNT (1986), respectivamente. Por sua vez, o teor de holocelulose foi definido pela diferença entre a composição química total e a composição da fração não carboidrato (Equação 1).

Para a análise dos resultados, empregou-se o delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial,

em que se analisaram os fatores tipo de lenho (cerne e alburno), posição axial (base e topo) e granulometria da serragem (40, 60 e 80 mesh), bem como a interação entre estes. Os fatores que denotaram diferença estatística significativa pelo teste de F foram analisados separadamente pelo teste de médias de LSD (*least significant difference*) de Fischer ($p < 0,05$).

$$\text{Hol} = 100 - (\text{Ext} + \text{Lig} + \text{C}_z) \quad \text{Equação 1}$$

Em que: Hol= teor de holocelulose (%); Ext= teor de extrativos (%); Lig= teor de lignina Klason (%); Cz= teor de cinzas (%).

Resultados e Discussão

Os parâmetros químicos da madeira de jurema-preta apresentaram efeito significativo para os fatores tipo de lenho e granulometria da serragem, com exceção do teor de cinzas que não foi influenciado significativamente, tanto pelos fatores isoladamente quanto pelas interações entre os mesmos. Com relação à posição axial, verificou-se efeito significativo apenas nos teores de lignina, holocelulose e na solubilidade em hidróxido de sódio a 1%. De modo geral, o efeito das interações não denotou diferença estatística nos parâmetros químicos, exceto para o teor de extrativos quando considerada duas interações, entre o tipo de lenho versus posição axial e o tipo de lenho versus granulometria da serragem (Tabela 1).

O teor de extrativos da madeira de jurema-preta foi superior no cerne quando comparado ao alburno (Tabela 2). Tal resultado é concordante ao preconizado por Hillis (1962), Sjöström (1993) e Rowell (2005), sendo essa característica relacionada à perda da atividade vital das células. No entanto, deve-se destacar que o teor de extrativos apenas diferiu estatisticamente entre os tipos de lenho quando considerada a posição axial do topo e as frações granulométricas de 40 e 60 mesh. O valor médio de extrativos da madeira de

Tabela 1. Resumo das análises de variância para os parâmetros químicos da madeira de jurema-preta em função do tipo de lenho, posição axial e granulometria da serragem.

Table 1. Summary of the analyses of variance for chemical composition of jurema-preta wood as a function of type of wood, axial position and particle size of sawdust.

FV	GL	Quadrado Médio						
		Ext	NaOH	Cz	Lig	Hol	Mv	Cf
L	1	11,11*	294,69*	0,69	1213,36*	1393,78*	684,69*	812,25*
PA	1	0,11	51,36*	0,25	182,25*	205,44*	23,36	17,36
G	2	71,86*	732,03*	0,56	121,00*	411,08*	184,33*	168,53*
L x PA	1	2,78*	0,69	0,03	30,25	21,78	10,03	3,36
L x G	2	3,03*	1,03	0,03	27,44	15,86	20,11	25,75
PA x G	2	0,19	4,53	0,25	12,33	10,53	22,11	23,36
L x PA x G	2	1,03	4,53	0,19	5,33	2,19	14,11	9,36
Erro	24	0,58	5,14	0,25	12,94	13,86	20,14	21,83
Total	35	---	---	---	---	---	---	---
CV (%)	---	8,70	9,59	51,43	10,30	6,71	5,69	22,82
Md (%)	---	8,77	23,64	0,97	34,92	55,50	78,92	20,47

Em que: FV= fonte de variação; L= tipo de lenho; PA= posição axial; G= granulometria; CV= coeficiente de variação; Md= média; GL= graus de liberdade; Ext= teor de extrativos; NaOH= solubilidade em hidróxido de sódio a 1%; Cz= teor de cinzas; Lig= teor de lignina Klason; Hol= teor de holocelulose; Mv= teor de material volátil; Cf= teor de carbono fixo; *= significativo a 5% de probabilidade.

jurema-preta (8,77%) verificado no presente estudo é inferior ao obtido por Oliveira (2003) e Paes et al. (2013), que relataram valores de 10,69% e 9,96%, respectivamente.

Independentemente do tipo de lenho, a granulometria da serragem influenciou significativamente no teor de extrativos, em que os maiores e menores valores foram verificados para as frações de 80 e 40 mesh, respectivamente. Os resultados corroboram com os descritos por Santos (2009) ao avaliar a solubilidade de diferentes frações granulométricas de *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus* em diferentes solventes. Esse resultado justifica-se em razão de que quanto menor a granulometria da serragem, maior é a penetração dos reagentes e, conseqüentemente, maior a solubilidade dos constituintes químicos extraíveis.

Com relação aos teores de lignina e holocelulose (Tabela 3), podem-se constatar resultados opostos, em que as maiores quantidades de lignina e holocelulose foram verificadas no cerne e alburno, respectivamente, corroborando com o descrito em outros estudos (BERTAUD; HOMLBOM, 2004; MARIANI et al., 2005; GAO et al., 2011). Os teores de

holocelulose e lignina também diferiram quanto às variações granulométricas da serragem, sendo verificados os maiores valores nas frações de 40-60 mesh e 80 mesh, respectivamente. Tal resultado é devido à relação inversa entre os dois constituintes químicos (FENGEL; WEGENER, 1984).

Tabela 2. Comparações múltiplas do teor de extrativos da madeira de jurema-preta para as interações entre tipo de lenho versus posição axial e tipo de lenho versus granulometria da serragem.

Table 2. Multiple comparisons of averages values of extractives content of jurema-preta wood considering interactions between type of wood versus axial position and type of wood versus particle size of sawdust.

Lenho x Axial	Base	Topo
Alburno	8,44 a A	8,00 a A
Cerne	9,00 a A	9,67 b A
Granulometria x Lenho	Alburno	Cerne
40 mesh	6,00 a A	8,17 a B
60 mesh	7,17 b A	8,17 a B
80 mesh	11,50 c A	11,67 b A

Em que: Médias na vertical ou na horizontal, seguidas respectivamente por distintas letras minúsculas ou maiúsculas, diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fischer.

Tabela 3. Comparação entre as médias dos parâmetros químicos da madeira de jurema-preta em função do tipo de lenho e granulometria da serragem.

Table 3. Comparisons of averages values of chemical parameters of jurema-preta wood as a function of type of wood and particle size of sawdust.

Lenho	Lig (%)	Hol (%)	NaOH (%)	Mv (%)	Cf (%)
Alburno	29,11 a	61,72 a	20,78 a	83,27 a	15,72 a
Cerne	40,72 b	49,28 b	26,50 b	74,55 b	25,22 b
Granulometria	Lig (%)	Hol (%)	NaOH (%)	Mv (%)	Cf (%)
40 mesh	33,08 a	59,17 a	18,17 a	76,25 a	23,00 a
60 mesh	33,08 a	58,58 a	20,17 a	77,08 a	22,25 a
80 mesh	38,58 b	48,75 b	32,58 b	83,42 b	16,17 b

Em que: NaOH= solubilidade em hidróxido de sódio a 1%; Lig= teor de lignina Klason; Hol= teor de holocelulose; Mv= teor de material volátil; Cf= teor de carbono fixo. Médias na vertical seguidas por distintas letras minúsculas diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fischer.

Oliveira (2003) e Paes et al. (2013) verificaram teores de lignina na madeira de jurema-preta de 28,50% e 29,14%, respectivamente. No presente estudo esse parâmetro químico apresentou-se superior, sendo de 34,92%. No entanto, o teor de lignina da madeira de jurema-preta está dentro dos limites estabelecidos por Rowell (2005), entre 18 a 35%, para diferentes madeiras. Por sua vez, o teor de holocelulose verificado no presente estudo (55,50%) é inferior ao relatado por Oliveira (2003) e Paes et al. (2013), sendo os mesmos de 60,29% e 60,28%, respectivamente. De acordo com Hillis (1962), vários fatores estão associados com a variação dos constituintes químicos da madeira, tais como idade da árvore, posição da amostra na árvore, local de crescimento, variações sazonais e diferenças genéticas, o que pode explicar as diferenças entre os resultados obtidos e os relatados na literatura.

Assim como constatado para o teor de extrativos, pode-se observar na Tabela 3 que a maior solubilidade em hidróxido de sódio a 1% foi verificada no cerne, corroborando com os resultados de diferentes madeiras apresentados por Ritter; Fleck (1926), bem como na fração granulométrica de 80 mesh. Trugilho et al. (2005) ao avaliarem a solubilidade em hidróxido de sódio a 1% da madeira de clones de *Eucalyptus*, verificaram um valor médio de 21,69%, sendo esse inferior ao valor médio (23,64%) observado para a madeira de jurema-

preta. Esse resultado tem relação direta com a solubilidade do conteúdo de extrativos e de algumas frações de hemiceluloses de baixo grau de polimerização.

Ao considerar o potencial energético da madeira de jurema-preta, pode-se constatar teores médios de carbono fixo e de material volátil de 20,47% e 78,92%, respectivamente, de modo a corroborar com os valores relatados por Santos et al. (2011), estes de 18,55% e 80,98%. De acordo com Oliveira et al. (2010), o teor de carbono fixo é inversamente proporcional ao teor de material volátil.

Verificam-se melhores características energéticas no cerne em comparação ao alburno, visto que materiais lenhosos com maior e menor porcentagem de carbono fixo e material volátil, respectivamente, fornecem maior quantidade de energia por unidade de massa e resistência térmica, de modo a favorecer uma queima mais lenta e uniforme (SANTOS et al., 2011). Tal resultado está diretamente relacionado com o teor de lignina presente na madeira (WHITE, 1987), sendo esse maior no cerne.

A serragem da madeira de jurema-preta classificada em 80 mesh apresentou um maior teor de material volátil em relação às frações granulométricas de 40 e 60 mesh. Esse resultado pode ser justificado em razão de que o aumento da área superficial proporciona que a velocidade das reações de combustão seja mais acelerada.

O teor de lignina e a solubilidade em hidróxido de sódio a 1% foram maiores na base, enquanto o maior teor de holocelulose foi verificado no topo (Tabela 4), resultados estes que corroboram com Silva et al. (2005) e Arantes et al. (2011) ao analisarem a influência da posição axial na composição química das madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, respectivamente.

Tabela 4. Comparação entre as médias dos parâmetros químicos da madeira de jurema-preta em função da posição axial.

Table 4. Comparisons of averages values of chemical parameters of jurema-preta wood as a function of axial position.

Axial	Lig (%)	Hol (%)	NaOH (%)
Base	37,16 a	53,11 a	24,83 a
Topo	32,67 b	57,88 b	22,44 b

Em que: NaOH= solubilidade em hidróxido de sódio a 1%; Lig= teor de lignina Klason; Hol= teor de holocelulose; Médias na vertical seguidas por distintas letras minúsculas diferem estatisticamente entre si pelo teste LSD de Fischer.

Conclusões

O tipo de lenho e a granulometria da serragem influenciaram significativamente a composição química da madeira de jurema-preta, com exceção do teor de cinzas. Por sua vez, a posição axial influenciou significativamente apenas nos teores de lignina, holocelulose e a solubilidade em hidróxido de sódio a 1%.

De modo geral, verificaram-se no cerne os maiores teores de extrativos, lignina, solubilidade em hidróxido de sódio a 1% e carbono fixo. Em relação ao alburno, foram verificados os maiores teores de holocelulose e material volátil.

Nas frações granulométricas de 80 mesh foram verificados os maiores teores dos parâmetros químicos analisados em relação às frações de 40 e 60 mesh, exceto para os teores de holocelulose e carbono fixo.

Na base das árvores de jurema-preta foram verificados os maiores teores de lignina e solubilidade em hidróxido de

sódio a 1%, enquanto o topo apresentou os maiores teores de holocelulose.

Referências

ARANTES, M.D.C.; TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; CARNEIRO, A.C.O.; ALVES, E.; GUERREIRO, M.C. Longitudinal and radial variation of extractives and total lignin contents in a clone of *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **Cerne**, v.17, n.3, p.283-291, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13999**: Papel, cartão, pastas celulósicas e madeira - Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525 °C. Rio de Janeiro: ABNT, 2003a. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14660**: Madeira - Amostragem e preparação para análise. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14853**: Madeira - Determinação do material solúvel em etanol-tolueno e em diclorometano. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7989**: Pastas celulósicas e madeira - Determinação de lignina insolúvel em ácido. Rio de Janeiro: ABNT, 2003b. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7990**: Madeira - Determinação do material solúvel em hidróxido de sódio a 1%. Rio de Janeiro: ABNT, 2001. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8112**: Carvão vegetal - Análise imediata - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 5p.

BERTAUD, F.; HOLMBOM, B. Chemical composition of earlywood and latewood in Norway spruce heartwood, sapwood and transition zone wood. **Wood Science and Technology**, v.38, n.4, p.245-256, 2004.

BROWNING, B.L. **The chemistry of wood**. New York: John Wiley e Sons, 1963. 689p.

- FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood: Chemistry, ultrastructure, reactions.** Walter de Gruyter Publisher: Berlin, 1984. 613p.
- GAO, H.; ZHANG, L.; LIU, S.Q. Comparison of KP pulping properties between heartwood and sapwood of *Cedrus deodara* (Roxb.) G. Don. **Advanced Materials Research**, v.55-57, p.1778-1784, 2011.
- HILLIS, W.E. **Wood extractives and their significance to the pulp and paper industries.** New York: Academic Press, 1962. 513p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Editora Plantarum, v.2, 1998. 352p.
- MARIANI, S.; TORRES, M.; FERNANDEZ, A.; MORALES, E. Effects of *Eucalyptus nitens* heartwood in kraft pulping. **Tappi Journal**, v.4, n.2, p.8-10, 2005.
- MEDEIROS NETO, P.N.; OLIVEIRA, E.; CALEGARI, L.; ALMEIDA, A.M.C.; PIMENTA, A.S.; CARNEIRO, A.C.O. Características físico-químicas e energéticas de duas espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. **Ciência Florestal**, v.22, n.3, p.579-588, 2012.
- OLIVEIRA, A.C.; CARNEIRO, A.C.O.; VITAL, B.R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B.L.C.; CARDOSO, M.T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis**, v.38, n.87, p.431-439, 2010.
- OLIVEIRA, E. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semi-árido nordestino.** 2003. 122f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- PAES, J.B.; LIMA, C.R.; OLIVEIRA, E.; MEDEIROS NETO, P.N. Características físico-química, energética e dimensões das fibras de três espécies florestais do semiárido brasileiro. **Floresta e Ambiente**, v.20, n.4, p.1-6, 2013.
- PAES, J.B.; MELO, R.R.; LIMA, C.R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Cerne**, v.13, n.2, p.160-169, 2007.
- PALA, H. Constituição e mecanismos de degradação biológica de um material orgânico: a madeira. **Construção Magazine**. n.20, p.54-62, 2007.
- RITTER, G.J.; FLECK, L.C. **Chemistry of wood: Further studies of sapwood and heartwood.** Madison: Forest Products Laboratory, 1926. 4p.
- ROWELL, R. **Handbook of wood chemistry and wood composites.** Boca Raton: CRC Press, 2005. 487p.
- SANTOS, C.A. **Influência da preparação da amostra nos resultados da análise da composição química da madeira.** 2009. 62f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.
- SANTOS, R.C.; CARNEIRO, A.C.O.; CASTRO, R.V.O.; PIMENTA, A.S.; CASTRO, A.F.N.M.; MARINHO, I.V.; VILLAS BOAS, M.A. Potencial de briquetagem de resíduos florestais da região do Seridó, no Rio Grande do Norte. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n.68, p.285-294, 2011.
- SILVA, J.C.; MATOS, J.L.M.; OLIVEIRA, J.T.S.; EVANGELISTA, W.V. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Árvore**, v.29, n.3, p.455-460, 2005.
- SJÖSTRÖM, E. **Wood chemistry: fundamentals and applications.** New York: Academic Press, 2.ed., 1993. 293p.
- TRUGILHO, P.F.; BIANCHI, M.L.; GOMIDE, J.L.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M.; MORI, F.A.; GOMES, D.F.F. Clones de *Eucalyptus* versus a produção de polpa celulósica. **Ciência Florestal**, v.15, n.2, p.145-155, 2005.
- TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v.2, n.1, p.94-11, 1996.
- WHITE, R.H. Effect of lignin content and extractives on the higher heating value of wood. **Wood and Fiber Science**, v.19, n.4, p.446-452, 1987.