

## Potencial energético do carvão do *Ziziphus joazeiro* (Martius) e da *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.

Energy potential of coal from *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. and *Ziziphus joazeiro* (Martius)

Clécio Maynard Batista da Fonseca<sup>I</sup>, Elisabeth Oliveira<sup>II</sup>,  
Leandro Calegari<sup>II</sup>, Alexandre Santos Pimenta<sup>III</sup>,  
Pierre Farias de Souza<sup>IV</sup>, Djailson Silva da Costa Júnior<sup>V</sup>

### Resumo

Visando determinar o potencial energético do carvão da *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. e do *Ziziphus joazeiro* (Martius), o presente trabalho vem incrementar as informações sobre as espécies de ocorrência no semiárido brasileiro. Foram avaliados os parâmetros dendrométricos, tais como: altura total e comercial da árvore, diâmetro à altura do peito (DAP), o volume com casca e sem casca. Após as carbonizações da madeira, foram determinadas as características energéticas do carvão oriundo das espécies estudadas, tais como: poder calorífico superior, rendimento gravimétrico, densidade verdadeira e aparente, porosidade, rendimento em produto condensado, análise de química imediata (teor de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo) e umidade, dos quais a *Prosopis juliflora* possui maiores valores, superando os do *Ziziphus joazeiro* e os das demais espécies arbóreas correlacionadas, tais como: *Mimosa tenuiflora*, *Aspidosperma pyrifolium*, *Croton sonderianus*, *Piptadenia stipulacea*, *Amburana cearensis*, *Cemostigma bracteosum* e *Handroanthus impetiginosus*. Ambas possuem um grande potencial para a produção de carvão vegetal, considerando os seus excelentes níveis de rendimento gravimétrico, carbono fixo e do poder calorífico.

**Palavras-chave:** *Prosopis juliflora*; *Ziziphus joazeiro*; Carvão vegetal; Energia de biomassa

### Abstract

This study aimed to determine the energy potential of coal *Ziziphus joazeiro* (Martius) and *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., thus increasing the information about tree species occurring in semi-arid northeastern Brazil. Dendrometric parameters were evaluated, such as: height and commercial tree, diameter at breast height (DBH), its volume with and without shell. After the wood carbonizations, the energy characteristics of the coal species under study were determined, such as calorific value, gravimetric yield, real and apparent density, porosity, yield in condensed product, analysis of immediate chemistry (content of volatile materials, ash and fixed carbon) and humidity, which *Prosopis juliflora* has the highest values, exceeding those of *Ziziphus joazeiro* and correlated to other tree species such as *Mimosa tenuiflora*, *Aspidosperma pyrifolium*, *Croton sonderianus*, *Piptadenia stipulacea*, *Amburana cearensis*, *Cemostigma bracteosum* and *Handroanthus impetiginosus*. Both species have a great potential for the production of charcoal, considering their excellent levels of gravimetric yield, fixed carbon and calorific value.

**Keywords:** *Prosopis juliflora*; *Ziziphus joazeiro*; Charcoal; Biomass energy

<sup>I</sup> Engenheiro Florestal, Me., Companhia Energética do Rio Grande do Norte – COSERN, Rua Mermoz, 150, CEP 59025-250, Natal (RN), Brasil. clecio.batista@neoenergia.com (ORCID: 0000-0002-8766-1914)

<sup>II</sup> Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Av. Universitária, s/n, CEP 58700-970, Patos (PB), Brasil. betholiveira12@gmail.com (ORCID: 0000-0001-8711-6927) / calegari@ctr.ufcg.edu.br (ORCID: 0000-0003-2967-2671)

<sup>III</sup> Engenheiro Florestal, Dr., Professor da Unidade Especializada em Ciências Agrárias - UECIA, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN 160 KM 3, s/n, CEP 59280-000, Macaíba (RN), Brasil. alexandre\_spimenta@hotmail.com (ORCID: 0000-0002-2134-2080)

<sup>IV</sup> Engenheiro Florestal, Dr., Escola Cidadã Integral Técnica Francelino de Alencar Neves - ECIT, s/n, CEP 58780000, Itaporanga (PB), Brasil. pierreflorestal@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0001-5712-175X)

<sup>V</sup> Engenheiro Florestal, Me., Doutorando em Ciências Florestais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Dois Irmãos, s/n, CEP 52171-900, Recife (PE), Brasil. djailson\_junior@hotmail.com (ORCID: 0000-0002-9513-4268)



## Introdução

Exclusivamente brasileiro e o principal bioma da região Nordeste, a Caatinga ocupa mais de 10% do território nacional, sendo considerado o bioma semiárido mais rico do mundo em biodiversidade (BRASIL, 2007). Principal componente vegetacional do Estado da Paraíba, recobre cerca de 80% do território. Caracteriza-se por um clima quente e seco, semiárido, fortemente xerofítico, que é representado por espécies caducifólias, espinhosas, às vezes áfilas, variando desde plantas arbóreas a herbáceas (OLIVEIRA, 2003). O material lenhoso desta vegetação possui características físico-químicas desejáveis para fins energéticos.

Historicamente, a região Nordeste guarda relação de grande dependência socioeconômica pelo recurso florestal, por parte da população e demais setores da economia, com relação ao produto florestal como fonte de energia, que representa entre 30% e 50% da energia primária. A lenha e o carvão vegetal são as formas mais importantes de utilização dos recursos florestais (CAMPELLO *et al.*, 1999).

Segundo Braid (1996), a utilização de lenha é a fonte de energia mais importante para as famílias nordestinas, o que compromete os remanescentes de vegetação ainda existente. A energia da floresta representa a segunda fonte de energia do Nordeste. Isso evidencia a dependência da economia local e o conflito social que pode decorrer de uma escassez dessa fonte. Essa atividade é realizada, muitas vezes, por pessoas carentes de informação sobre os possíveis problemas ambientais que venham causar ao meio, mas que, pela necessidade que passam durante o período de estiagem, têm essa atividade, ainda que seja, de certa forma, uma atividade predatória, como a única fonte de renda para o sustento e sobrevivência (ANDRADE; CARVALHO, 1998).

A biomassa florestal do Bioma Caatinga é de grande importância para a população da região. Segundo a Superintendência de Administração do Meio Ambiente (2004), no Estado da Paraíba, o consumo anual de energéticos florestais, nos 151.865 domicílios, tem a participação de 24,2% de carvão vegetal e 32,6% de lenha, totalizando 3.318.514,23 st/ano. Para o setor industrial/comercial, o consumo de lenha foi estimado em 665.120 st/ano.

Das espécies arbóreas, sendo o *Ziziphus joazeiro*, segundo Carvalho (2007), é um dos elementos típicos da vegetação dos sertões nordestinos. É uma espécie de maior ocorrência nas caatingas, no Sertão e no Agreste. Muito utilizada na medicina popular e na alimentação de animais (LORENZI; MATOS, 2002), segundo Souza e Tenório (1982), a *Prosopis juliflora* é uma espécie exótica proveniente do Peru, introduzida no Brasil, na década de 40. Adaptou-se perfeitamente às condições edáficas e climáticas do semiárido brasileiro, oferecendo potencialidades econômicas que poderiam contribuir, de modo significativo, para atenuar os efeitos da seca ocorrentes na região.

Com a necessidade de ampliar os conhecimentos sobre as potencialidades das espécies lenhosas, principalmente visando ao uso energético das espécies da região semiárida, o presente trabalho objetivou realizar o estudo comparativo do potencial energético do *Ziziphus joazeiro* (Martius) e da *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., ambas inseridas no semiárido do Nordeste brasileiro.

## Materiais e métodos

A microrregião de Patos está inserida na porção central do Estado da Paraíba, na Mesorregião do Sertão Paraibano, sendo composta pelos municípios de Areia de Baraúna, Cacimba de Areia, Mãe D'água, Passagem, Patos, Quixaba, Santa Terezinha, São José do Espinharas e São José do Bonfim, possuindo uma área de 2.520,43 km<sup>2</sup>, correspondendo a 4,5% da extensão territorial da Paraíba (56.469,78 km<sup>2</sup>), e uma população de 126.683 habitantes, representando 3,4% da população paraibana de acordo com o último censo realizado no ano de 2010 (3.766.528 habitantes), com estimativa para o estado de 4.018.127 habitantes no ano de 2019 (IBGE, 2020). Possui clima caracterizado por distribuição irregular de chuvas, com médias anuais de precipitação variando entre 500 a 800 mm/ano e longo período de estiagem. Essas

características são decorrentes da presença dos relevos que a isolam dos ventos úmidos do Nordeste e da circulação atmosférica que age sobre a região (SUDENE; EMBRAPA, 1972, citado por ALMEIDA, 2010).

A coleta do material deu-se em outubro de 2010 no Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Semiárido (NUPEÁRIDO), localizado a 07°04'48"S e 37°16'20"W, estando a uma altitude de 268 m, pertencente à UFCG/CSTR, Campus de Patos, PB.

Foram selecionadas cinco árvores das espécies de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. e *Ziziphus joazeiro* (Martius) aleatoriamente, que atendessem aos aspectos de fitossanidade em povoamentos naturais. Foram retirados, de cada árvore, discos pequenos de 5 cm de espessura a 0 (base), 25, 50, 75 e 100% da altura comercial do tronco, considerando até 5 cm de diâmetro, e medidos os diâmetros com e sem casca nessas posições, para o cálculo do volume de madeira. Posteriormente, foram retirados discos grandes (15 cm de espessura), antes e após cada disco pequeno. Essas amostras foram devidamente identificadas e transportadas para o Laboratório de Energia do setor de Tecnologia de Produtos Florestais da UFCG/CSTR/UAEF - Campus de Patos, onde foram realizados os estudos. Os discos pequenos foram subdivididos em quatro partes, em forma de cunha, passando pela medula. Duas cunhas diametralmente opostas foram utilizadas para a determinação da densidade básica, e as duas restantes foram reservadas para estudos posteriores. Os discos maiores foram cavaqueados, homogeneizados por árvore, secos ao ar livre e destinados à Carbonização.

Os parâmetros dendrométricos foram obtidos a partir do diâmetro à altura do peito (DAP), a 1,3 m do solo, da altura total e do volume com casca e sem casca, sendo que o volume individual por árvore, com casca e sem casca, foi obtido por meio da aplicação sucessiva da fórmula de Smalian.

Para a determinação da densidade básica média da árvore, utilizou-se a média ponderada, tomando-se o volume entre as seções de cada disco como fator de ponderação, de acordo com Vital (1984).

O processo de carbonização em escala de laboratório, foi realizado após a transformação de toretes de 30 cm em cavacos, posteriormente secos ao ar livre e homogeneizados por árvore. Em seguida, foi separada uma quantidade de aproximadamente 1kg de cavacos e colocados para secagem em estufa à temperatura de  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , durante 24 horas.

As carbonizações foram realizadas em forno elétrico (mufla), com controle de temperatura manual, com a seguinte marcha de aquecimento:  $150^\circ\text{C}$  por 60 minutos,  $200^\circ\text{C}$  por 60 minutos,  $250^\circ\text{C}$  por 90 minutos,  $350^\circ\text{C}$  por 90 minutos e temperatura final de  $450^\circ\text{C}$  por 30 minutos.

Foram carbonizadas 400 g, aproximadamente, de cavacos anidros, com duas repetições por árvore, totalizando dez carbonizações por espécie. Os gases gerados foram conduzidos para um condensador tubular, com o recolhimento do líquido pirolenhoso.

Após as carbonizações, foram determinados os rendimentos gravimétricos em carvão e em condensados, relacionando-se a massa do respectivo produto com a massa de resíduo absolutamente seco.

As análises químicas imediatas foram realizadas de acordo com a ASTM-D-1762-84, obtendo-se os teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo, em base seca. O rendimento em carbono fixo foi obtido pelo produto entre teor de carbono fixo e rendimento gravimétrico da carbonização. A densidade verdadeira e aparente obteve-se de acordo com a ASTM-D-167-73, adaptada por Oliveira, Vivacqua Filho e Gomes (1982). O poder calorífico superior foi determinado por meio de um calorímetro adiabático, conforme a Astm-d-5865.

As análises dos resultados foram realizadas por meio do delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos (espécies) e cinco repetições (árvores). As espécies foram avaliadas por meio de análises univariadas (ANOVA e teste de média - teste de Tukey a 5%).

## Resultados e discussão

Os valores médios das características dendrométricas e físicas estão na Tabela 1, sendo que os indivíduos da espécie *Prosopis juliflora* possuem maiores valores de DAP, altura total e, conseqüentemente, maiores volumes.

**Tabela 1 – Valores médios das características dendrométricas e físicas**

Table 1 – Mean values of physical and dendometric characteristics

Espécies	DAP	Altura Total	Volume	DBM
<i>Ziziphus joazeiro</i>	13,40	8,5	0,1117	973,59B
<i>Prosopis juliflora</i>	12,04	9,10	0,0961	1201,14A
QMRes	-----	-----	-----	2578,26
CV (%)	-----	-----	-----	4,67

Fonte: Autores (2020)

Em que: DAP = diâmetro à altura do peito (cm), DBM = densidade básica média (kg/ m<sup>3</sup>), QMRes = quadrado médio do resíduo, CV = coeficiente de variação. As médias representadas por uma letra maiúscula, em cada coluna, diferem estatisticamente (Tukey: p> 5).

Os valores maiores de DBM foram observados para a espécie *Prosopis juliflora* (1201,14 kg/m<sup>3</sup>), apesar de próximos, significativamente, superam os valores de *Ziziphus joazeiro* (973,59 kg/m<sup>3</sup>). Embora os dados tenham mostrado uma disparidade entre as espécies, os valores de DBM encontrados estão inseridos na faixa e variam de 0,13 a 1,40 g/cm<sup>3</sup>, para espécies florestais (BURGER; RICHTER, 1991). Dados próximos foram encontrados por Pereira e Lima (2002), quando realizaram a comparação da qualidade da madeira de seis espécies de *Prosopis* para a produção de energia, chegando aos seguintes dados: *P. juliflora* (836,00 kg/ m<sup>3</sup>), *P. pallida* (854,00 kg/ m<sup>3</sup>), *P. glandulosa* (755,00 kg/ m<sup>3</sup>), *P. velutina* (744,00 kg/ m<sup>3</sup>), *P. chilensis* (700,00 kg/ m<sup>3</sup>) e *P. alba* (644,00 kg/ m<sup>3</sup>).

Ainda relacionando os valores obtidos para a espécie *Prosopis juliflora*, comparados a outras espécies estudadas, também presentes no Bioma Caatinga, observa-se que seus valores foram superiores aos encontrados por Oliveira (2003) para *Mimosa tenuiflora* (929,47 kg/m<sup>3</sup>), *Aspidosperma pyrifolium* (813,22 kg/m<sup>3</sup>) e *Croton sonderianus* (683,81 kg/m<sup>3</sup>) e superiores aos encontrados por Almeida (2010) para *Cemostigma bracteosum* (1001,93 kg/m<sup>3</sup>) e *Amburana cearensis* (631,81 kg/m<sup>3</sup>) e por Medeiros Neto (2011) para *Poincianella pyramidalis* (1052,46 kg/m<sup>3</sup>) e *Handroanthus impetiginosus* (997,75 kg/m<sup>3</sup>). Vale salientar que as espécies supracitadas foram analisadas seguindo a mesma metodologia e condições de trabalho que as espécies mencionadas.

No estudo realizado por Trugilho *et al.* (2001), para *Eucalytus grandis*, oriundos de um experimento de 7 anos e espaçamento 0,3 x 0,2 m, foram encontrados valores de DBM (555,43 kg/ m<sup>3</sup>) inferiores aos da *Prosopis juliflora* (1201,14 kg/m<sup>3</sup>), assim como Andrade (2006), que encontrou valores médios para *Pinus Taeda* L., provenientes de amostragem realizada em plantios comerciais de mesmo grau de melhoramento genético, com 8, 14 e 20 anos de idade, abrangendo três classes de produtividade, variando de 348,2 kg/m<sup>3</sup> a 445,3 kg/m<sup>3</sup>, porém inferiores aos da espécie em estudo.

Analisando os dados representados na Tabela 2, constata-se que a *Prosopis juliflora* apresentou dados significativamente superiores em relação ao *Ziziphus joazeiro*, tais como o teor de rendimento gravimétrico (45,05%), rendimento em líquido condensado (35,17%), matérias voláteis (31,71 %), carbono fixo (66,34%) e poder calorífico superior do carvão (5,650 cal/g).

**Tabela 2 – Valores médios das análises do carvão vegetal**

Table 2 – Mean values of the charcoal analyses

Espécies	RG	RLC	DA	DV	MV	CIZC	CF	PCSC
<i>Ziziphus joazeiro</i>	38,60B	29,20B	0,242a	0,989B	34,800A	6,305A	56,895B	5,149a
<i>Prosopis juliflora</i>	45,05A	35,17A	0,245a	1,420A	31,706B	1,557B	66,337A	5,650a
QMRes	1.21	11.50	0,0001	0,019	0,39	0,078	0,72	0,204
CV(%)	2.63	10.54	1.46	11.65	1.88	7.12	1.38	8.37

Fonte: Autores (2020)

Em que: RG = rendimento gravimétrico (%), RLC = rendimento em líquido condensado (%), DA = densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>), DV = densidade verdadeira (g/cm<sup>3</sup>), MV = matérias voláteis (%), CIZ = cinzas do carvão (%), CF = carbono fixo (%) e PCSC = poder calorífico superior do carvão (cal/g), QMRes = quadrado médio do resíduo, CV = coeficiente de variação. As médias seguidas por uma mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente (Tukey, p > 0,05).

No entanto, o *Ziziphus joazeiro* exibiu um maior teor de cinzas do carvão (6,31%). Esse fato pode ser explicado devido a essa espécie possuir os maiores teores de matérias voláteis (34,80%) e um valor médio considerável de densidade (973,59 kg/ m<sup>3</sup>). Além dos valores de densidade aparente (0,243 g/cm<sup>3</sup>), os de densidade verdadeira (0,989 g/cm<sup>3</sup>) apresentam-se semelhantes ou próximos para ambas as espécies.

O rendimento gravimétrico, para ambas, foi superior aos valores encontrados por Almeida (2010) e Medeiros Neto (2011) para as espécies *Amburana cearensis* (38,39%), *Piptadenia stipulacea* (38,34%), *Cemostigma bracteosum* (43,03%) e *Handoanthus impetiginosus* (37,90%), todas ocorrentes no semiárido paraibano.

Quanto à densidade aparente do carvão vegetal, os valores não diferiram significante entre as espécies. Entretanto, quanto à densidade verdadeira, diferiram entre si. Porém, quando se trata de densidade básica, a *Prosopis juliflora* possui valor superior ao do *Ziziphus joazeiro*.

Observou-se uma diminuição no teor de carbono fixo e um aumento no teor de matérias voláteis e, com isso, ocorreu um aumento no rendimento em carvão para *Prosopis juliflora*. A mesma observação foi relatada por Vale e Nogueira (2001), ao analisarem a qualidade do carvão vegetal de 12 espécies de ocorrência no Cerrado, e por Medeiros Neto (2011), para *Cemostigma bracteosum*. Segundo Oliveira *et al.* (2010), o teor de carbono fixo é inversamente proporcional ao teor de matérias voláteis.

Quanto aos valores de teor de cinzas do carvão, para *Prosopis juliflora* (6.30%), esse valor é considerado elevado, e foi superior ao da *Mimosa tenuiflora* (1,32%), da *Cemostigma bracteosum* (5,27%), da *Amburana cearensis* (4,32%), encontrados por Oliveira (2003), Medeiros Neto (2011) e Almeida (2010). Segundo Medeiros Neto (2011), essa característica é importante, pois serão necessárias mais limpezas em fornalhas e em outros sistemas em que a madeira é utilizada como fonte de energia, provocando danificação dos equipamentos.

O maior teor de carbono fixo foi encontrado para a *Prosopis juliflora* (66,38%), o que, segundo Brito e Barrichelo (1977), pode ser explicado, pelo fato de que os maiores teores de carbono fixo, nos carvões produzidos a partir das madeiras mais lignificadas, são decorrência do fato de a lignina possuir cerca de 65% de carbono elementar (C) em sua composição, contra 45% de C, que ocorre normalmente nos polissacarídeos, celulose e hemicelulose.

A *Prosopis juliflora* apresenta um maior poder calorífico do carvão (5.650 cal/g), quando comparado ao valor encontrado para o *Ziziphus joazeiro* (5.139 cal/g), não diferindo significamente entre si.

## Conclusões

A *Prosopis juliflora* possui maiores valores, referentes aos parâmetros analisados para ambas as espécies, superando os do *Ziziphus joazeiro* e os das demais espécies da Caatinga correlacionadas, tais como: *Mimosa tenuiflora*, *Aspidosperma pyrifolium*, *Croton sonderianus*, *Piptadenia stipulacea*, *Amburana cearensis* e *Handroanthus impetiginosus*.

A densidade básica média encontrada para as espécies *Ziziphus joazeiro* e *Prosopis juliflora* foram, respectivamente, 973,59 e 1201,14 kg/m<sup>3</sup>. As mesmas possuem diferença significativa a 1% de significância, quando analisadas por meio do teste F, podendo estar esse fato relacionado com o teor relativamente elevado de lignina para *Prosopis juliflora*.

O elevado teor de cinzas do carvão apresentado pela *Prosopis juliflora* provavelmente reduziu o teor de carbono fixo, no entanto houve significância a 5% entre os valores referentes ao poder calorífico superior do carvão entre as espécies.

O maior teor de lignina encontrado na *Prosopis juliflora* refletiu em maiores valores médios, referentes aos valores de carbono fixo e poder calorífico superior do carvão, sendo que o último não diferiu estatisticamente com os do *Ziziphus joazeiro*.

Por meio das análises realizadas, ambas as espécies possuem potencial para a produção de carvão vegetal e, por consequência, para a geração de energia, considerando-se os seus excelentes níveis de rendimento gravimétrico, carbono fixo e do poder calorífico.

Conclui-se, portanto, que essas espécies possuem características satisfatórias para atender à demanda do uso de produtos energéticos, tais como: lenha e carvão, tomando como base os resultados obtidos.

## Referências

- ALMEIDA, A. M. C. **Avaliação anatômica, físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadênia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro.** 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010.
- ANDRADE, A. M.; CARVALHO, L. M. Potencialidades energéticas de oito espécies florestais do estado do Rio de Janeiro. **Floresta e Ambiente**, [s. l.], v. 5, p. 24-42, 1998.
- ANDRADE, A. S. **Qualidade da madeira, celulose e papel em *Pinus taeda* l: influência da idade e classe de produtividade.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIAL. **D5868 2013:** Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke. West Conshohocken, 2013.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIAL. **D1762 - 84:** Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. West Conshohocken, 2007. ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIAL. **D167 - 73:** Standard Test Method for Specific Gravity and Porosity of Lump Coke. West Conshohocken, 2007.
- BRAID, E. C. Importância Sócio-Econômica dos recursos florestais do Nordeste do Brasil. In: SEMINÁRIO NORDESTINO SOBRE A CAATINGA, 1., João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: [s. n.], 1996.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapa de cobertura vegetal dos Biomas brasileiros.** Brasília, 2007. 17 p.
- BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlação entre as características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão: 1 densidade e teor de lignina na madeira de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, n. 14, p. 9-20, 1977.

- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.
- CAMPELLO, F. B. *et al.* **Diagnóstico florestal da Região Nordeste**. Brasília: IBAMA, 1999. 20 p. (Boletim Técnico – IBAMA).
- CARVALHO, P. E. R. Juazeiro (*Ziziphus joazeiro*). Colombo: EMBRAPA, 2007. 8 p. (Circular Técnico, 139).
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, [2010]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 11jun. 2020.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 512 p.
- MEDEIROS NETO, P. N. **Avaliações físico-químicas, anatômicas e energéticas do lenho das espécies *Poincianella pyramidalis* Tul.L.P. Queiroz e *Handroanthus impertiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos de ocorrência no semi-árido brasileiro**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2011.
- OLIVEIRA, A. C. *et al.* Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, p. 431-439, 2010.
- OLIVEIRA, E. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semi-árido nordestino**. 2003. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.
- OLIVEIRA, J. B. de; VIVACQUA FILHO, A.; GOMES, P. A. Produção de Carvão Vegetal - aspectos técnicos. In: PENEDO, W. R.(ed.). **Produção e utilização de carvão vegetal**. Belo Horizonte, CETEC, 1982. p. 60-73.
- PEREIRA, J. C. D.; LIMA, P. C. F. Comparação da qualidade da madeira de seis espécies de algarobeira para a produção de energia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 45, p. 99-107, jul./dez. 2002.
- SOUZA, R. F.; TENÓRIO, Z. Potencialidades da Algaroba no Nordeste. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGAROBA, 1., Natal. **Anais [...]**. Natal: EMPARN, 1982. 18 f.
- SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. **Atualização do diagnóstico florestal do Estado da Paraíba**. João Pessoa, 2004. 268 p.
- TRUGILHO, P. F. *et al.* Avaliação de clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 104-114, 2001.
- VALE, A. T.; NOGUEIRA, M. Carbonização de madeiras do Cerrado e análise do carvão vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, p. 271-276, 2001.
- VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG: [s. n.], 1984. 21 p. (Boletim técnico SIF, 01).