

ANÁLISE IMEDIATA DO CARVÃO VEGETAL DE TRÊS CLONES DE *Eucalyptus urophylla* PROVENIENTES DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Tarcila Rosa da Silva Lins¹; Letícia Siqueira Walter²; Ana Luiza de Amorim Reis²; Rafael Leite Braz³

(1) Universidade Federal Rural de Pernambuco, graduanda em Engenharia Florestal, bolsista PET AgroEnergia. tarcila.lins@hotmail.com; (2) Universidade Federal Rural de Pernambuco, graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco; (3) Professor do Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Resumo:

A degradação da caatinga ocorre em sua maioria por causa da intervenção humana, feita de maneira incorreta e predatória, resultando na perda de muitas espécies que foram retiradas para utilização como fonte de energia, por exemplo. Para tentar reduzir essa problemática, existem formas de utilização sensata desses recursos, como o manejo sustentável, que além de retirar a matéria prima de maneira menos agressiva, contribui para a manutenção da vegetação. A utilização de florestas energéticas é outra alternativa que vem sendo empregada no Brasil, vista a grande demanda de madeira que existe no país. As características apresentadas pela madeira refletem nas propriedades do carvão vegetal, por isso é importante a realização de estudos que permitam conhecê-la melhor física, química e anatomicamente, pois isso ajuda a definir melhor a sua aplicabilidade. Grande parte da madeira destinada para a produção de energia no Brasil é oriunda de florestas plantadas de espécies do gênero *Eucalyptus*, denominadas de florestas energéticas. Uma das espécies que vem sendo muito utilizada com essa finalidade é *E. urophylla*. Neste contexto, objetivou-se realizar o estudo da densidade básica e das propriedades do carvão vegetal produzido com clones de *E. urophylla*, por meio da análise imediata. Foram utilizados três clones de *E. urophylla* provenientes de um plantio experimental implantado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) localizado na Chapada do Araripe, município de Araripina, semiárido de Pernambuco. Foram coletados discos nas alturas 0%, 50 % e 100% da árvore, posteriormente reduzidos a cavacos e homogeneizados para criar uma amostra única por tratamento. As amostras foram submetidas ao processo de carbonização em um forno do tipo mufla e a partir dessa prática, obteve-se os valores para calcular os resultados referentes ao rendimento gravimétrico. Outra porção das amostras foi destinada ao estudo do teor de cinzas, feito também no forno tipo mufla, onde os cavacos foram colocados em cadinhos e permaneceram até que só restaram as cinzas do material. Os três clones apresentaram valores satisfatórios e compatíveis com a literatura, em relação ao teor de cinzas (de 0,39 a 0,65 %) e rendimento gravimétrico (de 0,39 a 0,65 %) do carvão vegetal, sendo então indicados para serem usados como tal. Uma vez comprovada a eficiência dessa matéria prima para ser usada como fonte de energia, têm-se uma alternativa para substituir a utilização da madeira nativa da caatinga, colaborando na prevenção e redução do desmatamento ilegal e na sua preservação.

Palavras-chave: biomassa; produção de energia; fontes alternativas; agroenergia

Introdução

A caatinga está situada no semiárido do nordeste brasileiro, tem clima com secas e queimadas frequentes, mas mesmo assim, as espécies que ocorrem nesse bioma conseguem se adaptar desenvolvendo, por exemplo, altas taxas de crescimento em períodos mais úmidos e a redução do metabolismo em períodos secos (BRAND, 2017).

A degradação desse ecossistema ocorre em maioria por causa da intervenção humana, feita de maneira incorreta e predatória, sendo o desmatamento um atributo ainda muito preocupante e se faz necessária a implantação de ações que possam prevenir e controlar essa prática, para que os recursos disponíveis sejam utilizados sem causar maiores danos à vegetação (NASCIMENTO et al., 2015).

Segundo Brand (2017), a exploração da caatinga se dá de três maneiras: pelo desmatamento legal para o uso alternativo do solo, mediante a autorização dos órgãos competentes; manejo florestal sustentável para a produção de madeira, mediante a autorização dos órgãos competentes; e o desmatamento ilegal.

O desmatamento causa mudanças na dinâmica do uso do solo, pode influenciar na fragmentação do habitat, na biodiversidade, no clima e nas atividades do ecossistema como um todo (TEIXEIRA, 2016). A área desmatada já compreende 46% da área total do bioma, devido a forma desordenada e acelerada que o processo se dá, principalmente para a retirada de madeira nativa para ser usada como lenha, para fins industriais e domésticos (CHAVES, 2016).

Com relação ao uso da madeira, as categorias com maior destaque são o uso na construção civil, o uso medicinal e para produção de energia. Apesar da grande quantidade empregada para fins energéticos, ainda se tem pouca informação sobre a quantidade de vegetação retirada para esse fim, o que dificulta a gestão da terra. Nesses casos, o uso da caatinga se mostra insustentável, pois não assegura a gestão correta dos recursos (BRAND, 2017).

A região do Araripe, em Pernambuco, sofre com a intervenção antrópica há muitos anos, resultado da grande procura por recursos naturais para fins energéticos, que gera altos níveis de degradação ao bioma Caatinga. Na região, destaca-se o Polo Gesseiro do Araripe - responsável por produzir cerca de 97% do gesso no Brasil -, que em paralelo com outras atividades econômicas da região, tem grande influência nesse processo de degradação por ter feito uso sem planejamento da floresta nativa presente nas suas proximidades (SILVA et al., 2013).

O manejo sustentável é uma opção para a utilização dos recursos naturais de maneira menos agressiva, que permite a manutenção da caatinga e traz benefícios sociais à população das adjacências, entretanto, não é a única opção viável (CHAVES, 2016). Além do manejo sustentável, a implantação de florestas energéticas com espécies que apresentam boa adaptação e rápido crescimento constituem outra alternativa para o uso sustentável da Caatinga. Alguns ainda consideram isso um desafio devido às condições ambientais do local; entretanto, estudos têm sido feitos e aos poucos, as florestas energéticas estão se estabelecendo em região semiárida.

Nos últimos anos, a implantação de florestas plantadas no Brasil vem se tornando cada vez mais frequente por causa da alta demanda por matéria prima florestal para diversas finalidades, mas com grande destaque para o setor industrial de celulose e papel, produção de energia e serrarias. Espécies do gênero *Eucalyptus* têm sido bastante utilizadas para estes fins, se destacado por sua boa capacidade de adaptação e rápido crescimento. Por isso, há muitos estudos com essas espécies principalmente na área de melhoramento genético, com a finalidade de criar clones e híbridos que atendam melhor aos objetivos do plantio e a obtenção do produto final.

O carvão vegetal se destaca como produto consumido para fins energéticos, devido à alta demanda no setor de siderurgia no Brasil, que é um grande produtor de ferro-gusa, e requer grandes quantidades de carvão para manter esse setor industrial em funcionamento (SOARES et al., 2014).

A qualidade do produto varia em função da anatomia, composição química e propriedades físicas da madeira, que expressam efeitos nas propriedades do carvão vegetal. A utilização de fontes alternativas como essa para fins energéticos tem vantagens ambientais, principalmente na substituição dos combustíveis fósseis (SANTOS et al., 2012). Além disso, podem ser citados outros benefícios gerados pelas florestas plantadas, como: evitar o desmatamento de florestas nativas para o consumo de energia, são fontes renováveis e ajudam a reduzir a emissão de poluentes (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ, 2015).

A espécie *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake apresenta boa adaptação, crescimento e resistência à seca, possuindo diversas aplicabilidades no setor industrial e se destaca por sua resistência ao ataque do fungo *Cryphonectria cubensis* (Bruner) Hodges, que é o patógeno responsável pelo cancro do eucalipto (PINTO et al., 2014), o seu potencial produtivo, a boa capacidade de rebrota, a facilidade de enraizamento, a resistência ao fungo causador da ferrugem (*Puccinia psidii* G. Winter). Por estes motivos, a espécie foi escolhida para compor o híbrido ‘urograndis’ (*Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*), com a espécie *E. grandis*, que demonstra bom crescimento secundário e desta forma, houve a possibilidade de implantar povoamentos deste cruzamento em áreas que antes eram consideradas inadequadas (PUPIN et al., 2015).

Conhecer as propriedades da madeira é a base para determinar a melhor finalidade da matéria prima, como a densidade básica que ajuda a determinar a qualidade da madeira e pode ser determinada por meio da razão entre a massa seca e o volume saturado da madeira (SILVEIRA et al., 2013). A mesma influencia outras propriedades da madeira e, por causa disso, é um dos principais índices de qualidade, carvões oriundos de madeiras de maior densidade apresentam maior resistência mecânica (COUTO, 2014). Isso ajuda a escolher os clones mais adequados para a

produção do carvão que apresenta melhor desempenho e qualidade, como rendimento gravimétrico e teor de cinzas (CRUZ et al., 2015).

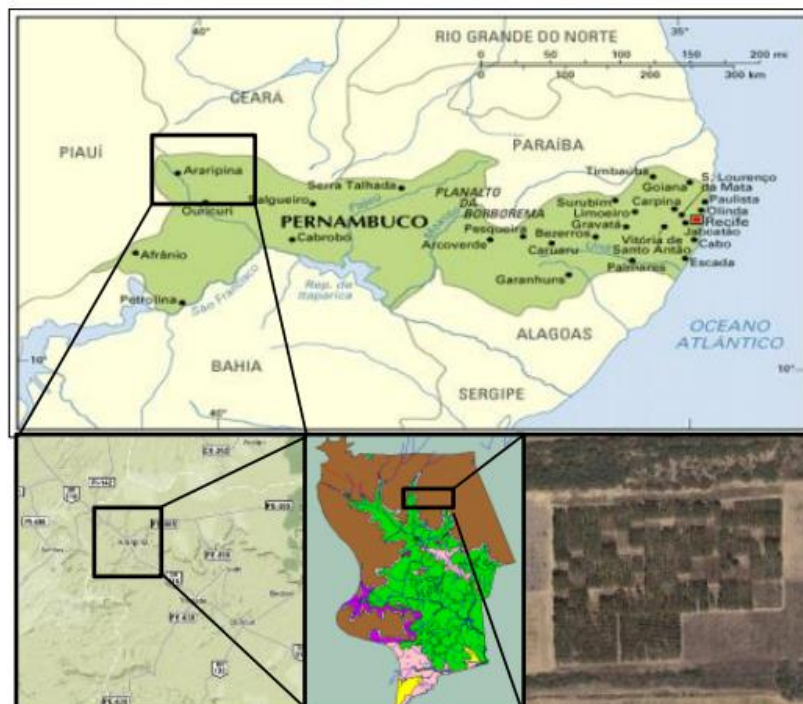
Nesse contexto, objetivou-se realizar estudar a densidade básica da madeira, e o rendimento gravimétrico e o teor de cinzas do carvão vegetal provenientes de clones de *E. urophylla*, por meio da análise imediata.

Metodologia

1. Área de estudo e coleta do material

Foram utilizados os clones C39, C41 e C33 da espécie *Eucalyptus urophylla*, que correspondem aos tratamentos A, B e C, provenientes do plantio experimental implantado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) localizado na Chapada do Araripe, município de Araripina (07°29'00" S; 40°36'00" W), semiárido de Pernambuco (Figura 1). O solo é do tipo latossolo vermelho-amarelo e o clima é quente e seco com chuvas de verão, BShw' de Köppen (PONTES NETO, 2012 *apud* ALVES, 2007). No momento da coleta do material, os indivíduos apresentavam a idade de 5,5 anos e eram de segunda rebrota.

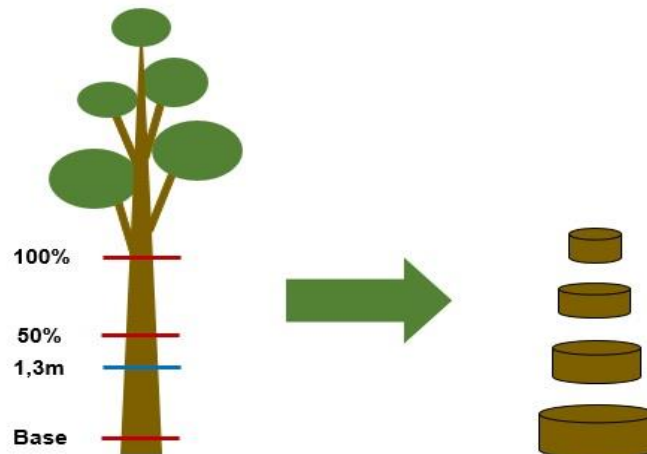
Figura 1 - Mapas do município de Araripina, região de coleta do material.



Fonte: PONTES NETO, 2012.

Após o abate das árvores, foram retirados discos nas posições 0% (base), 50%, 100% e DAP da altura comercial do fuste, como esquematizado na figura 2. Em seguida, o material coletado foi transportado para o Laboratório de Tecnologia Florestal do Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Figura 2 - Representação das diferentes alturas de coleta dos discos.



Fonte: autora.

2. Determinação da densidade básica

Para a determinação da densidade básica da madeira, os discos foram acondicionados em um tambor de água visando a saturação dos mesmos, visto a perda de umidade durante as etapas de coleta e transporte do material. Posteriormente, determinou-se a densidade básica da madeira de acordo com a norma NBR 7190 (ABNT, 1997). Foram tomados o volume dos discos saturados, e em seguida, transferiu-se para a estufa regulada a $103^{\circ}\text{C} \pm 2$, onde permaneceram até apresentar peso constante. A densidade básica foi obtida pela razão entre a massa seca e o volume saturado da madeira.

3. Preparo da amostra

Os discos de madeira foram transformados em cavacos e armazenados em local arejado, separados por tratamento e por árvore. Em seguida, os cavacos oriundos de árvores que correspondiam ao

mesmo tratamento foram homogeneizados a fim de produzir uma amostra composta, sendo retirada de cada tratamento uma amostra única para a análise imediata do carvão vegetal (Figura 3).

Figura 3 - A: Discos de madeira; B: Cavacos retirados dos discos; C: Amostra composta dos cavacos de árvores do mesmo tratamento.



Fonte: autora.

4. Teor de Cinzas (CZ)

A determinação do teor de cinzas da madeira foi realizada de acordo com a NBR 13999 (2003). Utilizaram-se cadinhos previamente secos em estufas e pesados, adicionando-se aproximadamente 2,0g de cada amostra de madeira. Na sequência, os cadinhos foram levados à uma mufla regulada a $575 \pm 25^\circ\text{C}$ durante 4 horas. Por fim, os cadinhos foram transferidos para o dessecador, onde permaneceram até atingir a temperatura ambiente, e em seguida foram pesados na balança de precisão. O cálculo do teor de cinzas (CZ) foi realizado segundo a equação:

$$CZ = \frac{P_I}{P_F} \times 100$$

Onde:

CZ = Teor de cinzas (%);

PI = Peso inicial (g);

PF = Peso final (g);

5. Carbonização

A carbonização foi realizada em um tempo total de 210 minutos e a uma temperatura máxima de $460 \pm 10^\circ\text{C}$. A carga para a carbonização foi feita com aproximadamente 100g de cavacos colocados em uma cuba vedada que foi introduzida para um forno do tipo mufla. O processo foi iniciado com o termostato da mufla em 150°C e, após 30 minutos, a temperatura foi elevada para 250°C e permaneceu por mais 30 minutos. Em seguida, a taxa de aquecimento foi aumentada a $1,4^\circ\text{C}/\text{min}$ até a temperatura máxima.

6. Rendimento Gravimétrico do Carvão (RGC)

O rendimento gravimétrico foi calculado de acordo com a metodologia de Silva et al. (2007), através da seguinte equação:

$$RGC = \frac{P_{\text{Carvão}}}{P_{\text{Madeira}}} \times 100$$

Onde:

RGC = rendimento gravimétrico de carvão (%);

$P_{\text{carvão}}$ = peso do carvão produzido (g);

P_{madeira} = peso da madeira enfiada (g);

7. Análise Estatística

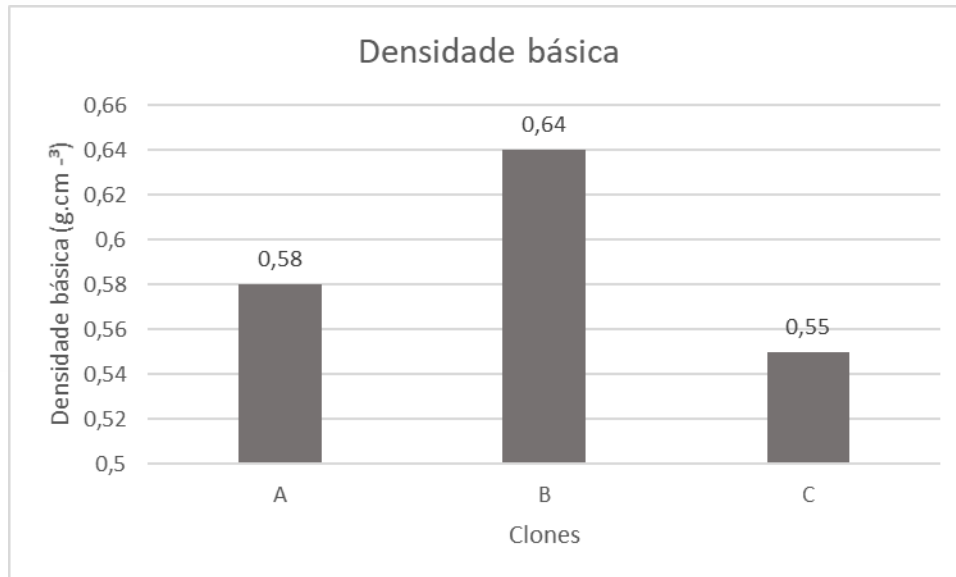
O experimento foi conduzido como Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), os dados foram analisados estatisticamente por meio da Análise de Variância (ANOVA) e, aqueles que apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, tiveram suas médias comparadas por meio do teste de Tukey ($\alpha = 5\%$), utilizando o *software* Assistat (SILVA; AZEVEDO, 2016).

Resultados e discussão

Na figura 4 são apresentados os resultados dos cálculos da densidade básica da madeira para os três tratamentos, que variaram de 0,550 a $0,640 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Esses valores são considerados pertencentes à categoria de média densidade, geralmente as madeiras de eucalipto destinada para a produção de

carvão vegetal apresentam densidade em torno de $0,54 \text{ g.cm}^{-3}$ (SILVEIRA et al., 2013; CARNEIRO et al., 2014).

Figura 4 – Apresentação dos valores médios de densidade básica entre os clones A, B e C de *E. urophylla*.



Fonte: autora.

Entretanto, esses valores ainda estão abaixo do que normalmente são encontrados em espécies da Caatinga o que faz com que as suas espécies nativas sejam tão procuradas para a produção de energia . Por exemplo, para a espécie *Poincianella bracteosa*, por exemplo, Machado Neto e Brandão (2015) encontraram valores médios de $1,11 \text{ g.cm}^{-3}$ de densidade básica e afirmam ainda que madeiras com densidades mais altas têm capacidade de uma queima mais demorada e com maior produção de energia.

É sabido que o bioma Caatinga vêm passando por um processo de degradação há muitos anos, devido a retirada da sua vegetação em grandes quantidades e de maneira imprudente, resultando em diversos impactos negativos. Pensando nisso, mais florestas plantadas, como de eucalipto por exemplo, devem implantadas nessas regiões, e principalmente, onde há um alto consumo de lenha e carvão, como uma oferta alternativa desses produtos. Desta forma, é possível complementar a oferta de madeira para estes fins e por consequência, ocorre a redução da remoção de espécies da Caatinga para a queima auxiliando na preservação do bioma.

Em relação ao percentual de cinzas, os resultados variaram de 0,39 a 0,65 % (Tabela 1), próximos aos teores encontrados por Reis et al. (2012), que apresentou valores entre 0,44 e 0,81% em estudo realizado com clones de *E. urophylla*. O tratamento B apresentou diferença significativa em relação

aos demais tratamentos; os tratamentos A e C apresentaram resultados semelhantes. Esses valores são considerados pelos mesmos autores como baixos teores de cinzas, o que é desejável visto que esse material residual não participa da reação de combustão, e em grandes quantidades, pode reduzir a qualidade do carvão vegetal.

Tabela 1 – Resultados dos teores de cinzas (%) e dos rendimentos gravimétricos (%) da madeira de *E. urophylla*. Médias seguidas por mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade

Tratamento	Rendimento Gravimétrico (%)	Teor de Cinzas (%)
A	32,16 a	0,40 b
B	34,00 a	0,65 a
C	32,63 a	0,39 b

Um maior percentual de resíduos minerais pode ser prejudicial pois exigem um sistema próprio para a sua retirada e, além disso, pode ser um material abrasivo capaz de corroer equipamentos metálicos (BRAND, 2010). De acordo com Santos (2010) o alto teor de cinzas, pode ser uma indicação de contaminação com resíduos de solo, o que não é desejável, contribui na redução do poder calorífico, deteriorar o alto forno e, em caso de uso para siderurgia por exemplo, pode prejudicar a qualidade do ferro-gusa. Desta maneira, os tratamentos A e C seriam os mais indicados para o uso por apresentarem menores percentuais de cinzas. Entretanto, mesmo que o tratamento B tenha apresentado um maior percentual de cinzas entre os três, ainda está dentro da margem aconselhada para o percentual de resíduo mineral.

Para a variável rendimento gravimétrico, os clones não diferiram estatisticamente entre si. Esses percentuais são semelhantes aos encontrados na literatura por Protásio et al. (2013) para eucalipto, que variam entre 32,43 e 33,27%. Desta forma, os resultados se mostraram satisfatórios visto que quanto maior for o rendimento gravimétrico do carvão vegetal, maior será o aproveitamento da madeira em fornos (PROTÁSIO et al., 2013). Essa variável é influenciada pela presença lignina, pois assim como a qualidade do carvão produzido, o rendimento gravimétrico tem relação direta aos teores de lignina que a madeira possui (NEVES, 2012).

Segundo Cruz et al. (2015), as variáveis densidade básica da madeira e rendimento gravimétrico do carvão apresentam uma correlação positiva, ou seja, existe tendência de que quanto maior a densidade da madeira, maior o rendimento gravimétrico. Desta forma, quanto maiores forem os valores dessas variáveis, melhor qualidade terá o carvão produzido a partir da madeira com essas

características. Além disso, se a madeira possui densidade básica elevada, conseqüentemente o carvão produzido apresentará maior densidade aparente e, juntamente com altos teores de lignina e carbono fixo, e alto rendimento gravimétrico terá como resultado o carvão de melhor qualidade (REIS et al., 2012).

Para a produção de carvão vegetal, as espécies do gênero *Eucalyptus* se mostram como boas opções, devida a sua produtividade e características da madeira, que tem sido muito usada para a produção de lenha e carvão vegetal, o que substitui o uso de madeiras retiradas de florestas nativas (NONES et al., 2014).

Os três clones estudados, C39, C41 e C33 da espécie *E. urophylla*, apresentaram resultados de densidade básica, teores de cinzas e rendimentos gravimétricos dentro das margens desejáveis para utilização em produção de energia. Isso sugere que o carvão vegetal produzido a partir destes clones de *E. urophylla* têm um bom potencial para serem usados para a queima, entretanto, é preciso que sejam feitas outras análises para complementar esses resultados, como o estudo do teor de materiais voláteis, poder calorífico e características químicas.

Conclusões

O clone C (C33) é o mais indicado entre os avaliados para a produção de carvão vegetal, pois apresentou o menor percentual de cinzas, característica esta que é desejável. É importante a realização de estudos que comprovem a eficiência das florestas plantadas na região, pois isso pode estimular o interesse de empresas a investir mais para a implantação de novas áreas. Isso é de suma importância, visto que existe uma alta demanda por esse combustível na região e ao mesmo tempo, contribui para a redução da exploração excessiva das florestas nativas, permitindo a sua conservação.

Fomento

Agradecimentos ao Programa de Educação Tutorial – PET AgroEnergia UFRPE pela concessão da bolsa e ao Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA) por fornecer o material de estudo.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13999: Determinação do resíduo (cinza) após a incineração a 525°C. 2003. 4p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. 1997, 12p.
- BRAND, M.A. Potencial de uso da biomassa florestal da caatinga, sob manejo sustentável, para geração de energia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 117-127, 2017
- BRAND, M.A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131p.
- CARNEIRO, A.C.O. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus sp.* em função da idade e de diferentes materiais genéticos. **Árvore**. Viçosa, v.38, n.2, p.375-381. 2014.
- CHAVES, A.G.C. **Diagnóstico da exploração de lenha em planos de manejo florestal sustentável na caatinga do Rio Grande do Norte**. Macaíba: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).
- COUTO, A.M. **Influência das propriedades anatômicas, químicas e físicas da madeira de *Eucalyptus* e *Corymbia* na qualidade do carvão para uso siderúrgico**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2014. 173p. Tese (Doutorado em Processamento e Utilização da Madeira).
- CRUZ, C.R. et al. Propriedades da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus sp.* cultivados na região do Recôncavo da Bahia. **Magistra**, Cruz das Almas – BA, v. 27, n.2, p.188-198, 2015.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). 2015. 64p.
- MACHADO NETO, A.P.; BRANDÃO, C.F.L. Densidade e poder calorífico como base para prevenção de incêndios florestais sob linhas de transmissão. **Nativa. Sinop**, v. 03, n. 01, p. 09-15. 2015.
- NASCIMENTO, E.O.; MACHADO, D.D.; DANTAS M.C. O bioma caatinga é abordado de forma eficiente por escolas no semiárido? **Didática Sistemica**, Rio Grande, v. 17, n 1, 2015.
- NEVES, T.A. **Qualidade da Madeira e do Carvão Vegetal de Clones de *Eucalyptus* Cultivados no Sul de Minas Gerais**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira).
- NONES, D.L. et al. Determinação das propriedades energéticas da madeira e do carvão vegetal produzido a partir de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 57 - 64, 2015.

- PINTO, D.S.; et al. Seleção precoce para características de crescimento em testes clonais de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v.42, n.102, p.251-257. 2014.
- PONTES NETO, T.P. **Comparação de Modelos Lineares e não Lineares em Relações Hipsométricas para Clones de *Eucalyptus spp*, no Pólo Gesseiro do Araripe - PE**. Recife: UFRPE, 2012.75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).
- PROTÁSIO, T.P.; et al. Potencial siderúrgico e energético do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus spp*. aos 42 meses de idade. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v.33, n.94, p.136-149. 2013.
- PUPIN, S.; et al. Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênes de polinização aberta de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v.43, n.105, p.127-134. 2015.
- REIS, A.A.; et al. Composição da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus urophylla* em diferentes locais de plantio. **Pesquisa Florestal Brasileira**. v. 32, n. 71, p. 277-290, 2012.
- SANTOS, R.C. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010. 159p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira).
- SANTOS, R.C.; et al. Análise Termogravimétrica em clones de eucalipto como subsídio para a produção de carvão vegetal. **Cerne**. Lavras, v.18, n.1, p.143-151. 2012.
- SILVA, M.G. et al. Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, PA. **Acta Amazonica**. v.37, n.1, p.61-70. 2007.
- SILVA, J.A.A.; et al. Produtividade volumétrica de clones de *Eucalyptus spp*. no Polo Gesseiro do Araripe, Pernambuco. **Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**. Recife, v.10, p.240-260, 2013.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522
- SILVEIRA, L.H.C.; et al. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. **Acta Amazônica**. Manaus, v.43 (2), p. 179 - 184, 2013.
- SOARES, V.C.; et al. Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto. **Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.3, p.543-549, 2014.
- TEIXEIRA, M.G. **Unidades de Conservação da caatinga: distribuição e contribuições para conservação**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia).