



## Potencial produtivo de carvão vegetal da espécie *Bambusa vulgaris* Schrad. cultivado em Timon, Ma

### *Productive potential of species Bambusa vulgaris Schrad. charcoal grown in Timon, Ma*

Jaily Kerller Batista de Andrade<sup>1</sup>, Elisabeth de Oliveira<sup>2</sup>, Carlos Roberto de Lima<sup>3</sup>, Leandro Calegari<sup>4</sup>, Djailson Silva Costa Júnior<sup>5</sup>, Osmarino da Silva Borges Filho<sup>6</sup>

**Resumo:** Em decorrência da escassez de madeira para produção energética, alguns setores tem se empenhado com grandes esforços para a produção de seus próprios insumos. Uma alternativa a essa problemática é a utilização do bambu na produção de carvão vegetal, pois é uma espécie tolerante aos mais variados tipos de ambientes e apresenta boa capacidade produtiva. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial produtivo de carvão vegetal de *Bambusa vulgaris* Schrad. cultivado em Timon, MA. As amostras foram coletadas num bambuzal de 48,56 ha dividido em quatro talhões (tratamentos), no município de Timon, MA. Em seguida, levadas ao Laboratório de Tecnologia da Madeira da UFCG/CSTR onde se determinou a densidade básica dos colmos do bambu, o rendimento em carvão, rendimento em líquido pirolenhoso, gases incondensáveis e análise química imediata. A densidade básica média do bambu foi de 490 kg/m<sup>3</sup>, não apresentando diferença significativa entre as médias dos quatro tratamentos. O rendimento médio em carvão vegetal foi de 39,05%, sendo que os tratamentos 1 e 4 apresentaram os maiores valores, com médias de 40,34% e 39,85%, entretanto não diferiram estatisticamente. O rendimento médio em gases condensáveis foi de 12,17%. A densidade aparente variou de 1,945 a 2,833 g/cm<sup>3</sup>. Os teores médios de materiais voláteis, carbono fixo e rendimento em carbono fixo foram respectivamente 28,55%, 64,11% e 25,04%, não apresentando diferença significativa entre os tratamentos. De acordo com as análises realizadas, verificou-se que o carvão vegetal produzido a partir dos colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. possui potencial para comercialização e utilização como fonte energética.

**Palavras-chaves:** Biomassa Florestal. Fontes Energéticas. Bambu.

**Abstract:** As a result of the scarcity of raw material (wood) for the production of energy, some sectors have committed themselves with great efforts to produce their own inputs. An alternative for this problem is the usage of bamboo in the production of vegetable coal, as it is a species which is tolerant to various types of environment and presents a good productive capacity. In this context, the present study aimed to assess the production potential of vegetable coal of *Bambusa vulgaris* Schrad, cultivated in Timon, MA. The samples were collected in a bamboo grove of 48,56 ha divided into four stands (treatments), located in the municipality of Timon, MA. Subsequently, taken to the Laboratory of Wood Technology of the UFCG/CSTR, where the basic density of the bamboo poles, the efficiency in the conversion into coal, efficiency in pyrolysis liquid, incondensable gases and immediate chemical analysis were determined. The average basic density of the bamboo was of 490kg/m<sup>3</sup>, not presenting significant difference between the averages of the four treatments. The average yield in vegetable coal was of 39,05%, and the treatments 1 and 4 presented higher values, with averages of 40,34% and 39,85%, however they did not differ statistically. The average yield of the condensable gases was of 12,17%. The apparent density varied from 1,945 to 2,833 g/cm<sup>3</sup>. The average contents of volatile materials, fixed carbon and fixed carbon efficiency were respectively 28,55%, 64,11% and 25,04%, not presenting significant difference among the treatments According to the analysis carried out, it was verified that the vegetable coal produced from the poles of *Bambusa vulgaris* Schrad. has potential for commercialization and use as an energy source.

**Keywords:** Forest Biomass. Energy Sources. Bamboo.

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 22/06/2015; aprovado em: 10/07/2015

<sup>1</sup>Engenheiro Florestal, Mestrando em Ciências Florestais da UFES/CCA – Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, e-mail: jaily.10@hotmail.com

<sup>2</sup>Professora Adjunta da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da UFCG/CSTR – Patos, Paraíba.

<sup>3</sup>Professor Adjunto da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da UFCG/CSTR – Patos, Paraíba.

<sup>4</sup>Professor Adjunto da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da UFCG/CSTR – Patos, Paraíba.

<sup>5</sup>Professor Substituto Auxiliar do Departamento de Ciências Vegetais da UFERSA/DCV – Mossoró, Rio Grande do Norte

<sup>6</sup>Diretor da Proflora-PCF Projeto e Consultoria Florestal

## INTRODUÇÃO

O carvão vegetal é o produto resultante do processo de termodegradação da madeira na presença de calor, também denominado “destilação seca”. Entretanto, quando se realiza esse processo, obtêm-se outros subprodutos: uma fração gasosa, que pode ser utilizada como combustível nesse processo; e uma fração líquida, o licor pirolenhoso e o alcatrão.

A participação do consumo de carvão vegetal está distribuída principalmente nos setores industrial, residencial e comercial. Contudo, dentre esses seguimentos, um que merece maior destaque e preocupação econômica e ambiental é o setor de siderurgia, uma vez que este remonta um setor primário da indústria de base e grande consumidor de carvão vegetal. (MELO et al., 2008; BRASIL, 1990; BROTEL et al., 2007; FONTE et al., 2004).

Seja no cozimento de alimentos ou apenas como fonte de aquecimento, a madeira sempre esteve presente na história da humanidade como fonte de energia, dentre outros usos. O uso de carvão vegetal como redutores de minério de ferro remontam do Sec. IX, nas forjas catalãs. Sua utilização na indústria de ferro nacional teve início por volta de 1587, na manufatura de utensílios domésticos, cravos e ferramentas. Porém, mesmo mais de um século após a produção do primeiro ferro-gusa, o carvão vegetal de origem clandestina de grande valor biológico e baixa eficiência energética, ainda continua sendo o principal pilar das exportações de ferro-gusa no Brasil (MELLO, 2001).

A biomassa florestal é uma das principais fontes para a produção energética no Brasil, sendo a madeira proveniente de ecossistemas naturais tem sido a mais visada, com o comprometimento de Cerrados, Mata Atlântica e Caatinga. A maior utilização desta se concentra nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste, onde o manejo inadequado desses biomas aliada e a pressão conservacionista, eleva cada vez mais a necessidade de madeira originada de plantios florestais (BRITO, 1990).

No Brasil, grande parte do carvão produzido é proveniente da exploração de florestas nativas que por sua vez, pode causar sérios danos ao ecossistema florestal, como a extinção dos indivíduos arbóreos existentes no local. Este fato deve-se principalmente ao manejo inadequado da terra para as práticas agrícolas ou pecuárias que se seguem ao desmatamento dessas áreas, onde a produção de madeira de reflorestamento não é uma preocupação comercial. Desse modo, os recursos florestais ficam cada vez mais escassos, gerando uma situação de falta de matéria prima para a siderurgia em longo prazo.

Em decorrência da escassez de matéria prima (madeira) para produção energética, alguns setores tem se empenhado com grandes esforços para a produção de seus próprios insumos. Uma alternativa a essa problemática é a utilização do bambu na produção de carvão vegetal. Espécie tolerante aos mais diversos tipos de ambientes, apresenta boa capacidade produtiva nos mais variados tipos de solos, com melhor desenvolvimento vegetativo em solos arenosos e leves com elevado teor de matéria orgânica e boa drenagem, essencial para o ciclo de vida vegetativa de espécies tropicais. Entretanto, estudos sobre bambu ainda são escassos nesse campo, o que torna este trabalho um importante aliado para futuros estudos sobre a temática.

Dessa forma, o presente estudo objetiva avaliar potencial de produção de carvão vegetal de *Bambusa vulgaris* Schrad. cultivado em Timon – MA.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização e caracterização da área do plantio

O bambuzal com espaçamento de 7,0 x 3,5 m e três anos de idade, localiza-se no município de Timon - MA, entre as coordenadas geográficas 5°11'52,7" S e 42°48'59,5" W. Apresenta quatro talhões de áreas: 10,53; 13,61; 13,03 e 11,39 ha, totalizando 48,56 ha, pertencentes à Fazenda Santana da Gameleira. Os quatro talhões receberam plantios de bambus obtidos a partir de propagação vegetativa de touceiras diferentes (material genético de grande variabilidade), os quais foram coletados em várias propriedades do município de Timon, às margens do Rio Paraíba.

### Amostragem

Em outubro de 2013, foram coletados aleatoriamente 12 colmos de cada talhão (subdivididos em 4 touceiras, onde em cada foram retiradas 3 colmos) que apresentavam boa fitossanidade. Em seguida, os colmos foram transportados para o viveiro florestal da PROFLOTA, onde foram cavaqueados manualmente e homogeneizados por talhão. Por último, as amostras foram levadas ao Laboratório de Tecnologia da Madeira UFCG/CSTR – Campus de Patos para posteriores análises.

### Densidade do bambu

A densidade básica foi determinada de acordo com o método de imersão em água, descrito por Vital (1984), cujos cavacos foram colocados num recipiente contendo água até a completa saturação das fibras. Em seguida, calculou-se o seu volume através do princípio de Arquimedes e sua massa a 0% de umidade.

### Carbonização em escala de laboratório

As análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal de Campina (UFCG), Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Campus de Patos – PB.

Carbonizou-se em média 250g de cavacos. Os vapores produzidos a partir de cada carbonização foram conduzidos por um condensador tubular, com recolhimento do líquido pirolenhoso num recipiente e a liberação dos gases incondensáveis para a atmosfera. As carbonizações foram realizadas em forno elétrico do tipo mufla, em duplicatas para as amostras de cada talhão, totalizando oito carbonizações, com os cavacos previamente secos em estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$  por 24 horas, até a temperatura máxima de  $450^\circ\text{C}$ .

### Rendimento gravimétrico

Após as carbonizações, determinou-se o rendimento em carvão em relação a massa de madeira seca. O rendimento gravimétrico consistiu na relação entre o peso do carvão produzido e o peso da madeira enfiada, expresso em porcentagem, assim como a quantidade de líquido pirolenhoso condensado e por diferença os gases incondensáveis.

**Densidade aparente do carvão vegetal**

Para a determinação da densidade aparente, utilizou-se a fração 40/60 mash, com base na Norma MB 1269 (ABNT, 1979). O volume determinado através do princípio de Arquimedes, sugerida pela COPANT 461/72.

**Análise química imediata**

Essa análise foi realizada com base na norma ASTM D-1764, com adaptação feita por Oliveira et al. (1982). Inicialmente as amostras foram maceradas. Logo após, os materiais foram classificados em peneiras Bertel selecionando-se a fração 40/60 mesh, para a análise química imediata, as quais retornaram para a estufa ( $105 \pm 3$  °C) por um período de 24 horas. Por último, os valores de matérias voláteis, teor de cinzas e teor de carbono fixo foram determinados.

**Análises dos resultados**

Os dados de cada análise foram tabulados em planilhas do Excel 2010 e posteriormente analisados. O delineamento experimental foi o Inteiramente Casualizado (DIC), em que utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de

probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas através do software ASSISTAT versão 7.7 desenvolvido e distribuído gratuitamente pela UFCG.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO****Densidade básica dos colmos**

Os valores médios da densidade básica dos colmos (DBM) foram obtidos por talhão, cujos valores foram:  $T_1 = 490 \text{ kg/m}^3$ ,  $T_2 = 500 \text{ kg/m}^3$ ,  $T_3 = 510 \text{ kg/m}^3$  e  $T_4 = 460 \text{ kg/m}^3$ , respectivamente. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Bonfatti Júnior (2010), que analisando as propriedades anatômicas, químicas e densidade da espécie *Bambusa vulgaris* Schrad. para a produção de celulose kraft com diferentes cargas de álcali, encontrou uma densidade básica média de  $494 \text{ kg/m}^3$ .

Na Tabela 1, observa-se a análise de variância, onde podemos constatar que não houve efeito significativo dos tratamentos pelo teste F a 5% de probabilidade. Isto comprova que a densidade da madeira do bambu é bastante semelhante, não havendo diferença estatística entre os tratamentos.

**Tabela 1** – Análise de Variância (ANOVA) para a densidade básica média dos colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. coletados no município de Timon – MA.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	0.01101	0.00367	0.3044 <sup>ns</sup>
Resíduo	36	0.43406	0.01206	
Total	39	0.44508		

ns = não significativo ( $p \geq .05$ ).

Na escolha de espécies para a produção de energia, a densidade básica da madeira é um dos aspectos que devem ser levados em consideração, bem como seus constituintes anatômicos (SANTOS, 2010), sendo assim, um parâmetro de grande importância que qualifica a madeira.

A densidade dos colmos de espécies de bambu é um aspecto físico bastante considerável, variando entre  $500 \text{ kg/m}^3$  a  $900 \text{ kg/m}^3$  (ZHOU, 1981). No entanto, depende da camada do colmo estudada. Geralmente nas camadas internas a densidade é bem menor que nas camadas externas. Fato este, comprovado nos estudos de Tomazello Filho e Azzini (1987), onde a DBM aumentou das camadas internas para as externas.

Para a espécie estudada, os valores da DBM se enquadram nos padrões de densidade estabelecidos para espécies florestais mostrados por Burger e Richter (1991). Esses valores variam de  $130 \text{ kg/m}^3$  a  $1400 \text{ kg/m}^3$ .

Estudos realizados por Fonsêca (2011) comparando o potencial energético do juazeiro e da algarobeira apresentaram valores de densidade bastante superiores ao do bambu, com médias de  $973,59 \text{ kg/m}^3$  e  $1201,14 \text{ kg/m}^3$ . Enquanto que os valores médios encontrados por Costa Júnior (2013) para duas espécies de eucalipto foram inferiores, tendo  $442,5 \text{ kg/m}^3$  e  $445 \text{ kg/m}^3$ .

A densidade básica da madeira também se relaciona positivamente com a densidade do carvão vegetal. Madeiras de alta densidade resultam em carvões de alta densidade (BRITO, 1993).

**Rendimentos gravimétricos**

Na Tabela 2, observam-se os valores médios por talhão das análises do carvão de *Bambusa vulgaris* Schrad.

**Tabela 2** – Valores médios por talhão das análises do carvão obtido a partir dos colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. coletados no município de Timon – MA.

Talhão	RCV (%)	RGC (%)	RGI (%)	DA ( $\text{g/cm}^3$ )
1	40,34 a	16,94 a	42,72 b	2.833 a
2	38,25 a	14,34 a	47,41 b	2.059 a
3	37,75 a	6,02 b	56,23 a	1.945 a
4	39,85 a	11,38 ab	48,77 b	1.954 a

RCV= rendimento em carvão vegetal; RGC= rendimento em gases condensáveis; RGI = rendimento em gases incondensáveis; DA= densidade aparente.

\* Valores médios seguidos de mesma letra na respectiva coluna não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O bambu apresentou um rendimento médio em carvão vegetal de 39,05% numa temperatura de 450 °C. Os talhões 1 e 4 apresentaram os maiores valores, com médias de 40,34% e 39,85%, entretanto não houve diferença

significativa entre os quatro talhões. Em estudos para essa mesma espécie, em temperaturas variáveis de 400, 600 e 800 °C, Costa (2004) obteve rendimentos de 32,54, 25,30 e 23,02%; mostrando que quanto menor a temperatura, maior

será o rendimento do carvão. Vários autores mostram haver uma estreita relação entre o RCV e a temperatura máxima alcançada na carbonização da madeira (ANDRADE, 1993; BRITO, 1990).

Diversos estudos comprovam que o bambu apresenta um RCV maior que o de espécies de eucalipto. Fato este, devido aos menores teores de celulose encontrados nos colmos do bambu. Isso pode ser evidenciado nos resultados alcançados por Assis (2012) com rendimentos em carvão vegetal obtidos em plantios de um clone híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* no estado de Minas Gerais, os quais variaram de 30 a 32,97%.

Medeiros Neto (2011) avaliando o lenho de duas espécies nativas da Região Nordeste encontrou um teor de rendimento em carvão inferior para a espécie *Handroanthus impertiginosus* (37,90%). Enquanto que a espécie *Poincianella pyramidalis* apresentou um RCV superior (43,03%) comparado ao da *Bambusa vulgaris*.

Quanto ao rendimento em gases condensáveis (líquido pirolenhoso), houve diferença significativa. O talhão 3 diferiu estatisticamente dos talhões 1 e 2, mas não apresentou diferença entre o talhão 4. Essa diferença pode ter ocorrido devido perdas por vazamento no processo da carbonização. Também podemos notar que o maior valor de RGC foi daquele que obteve um maior RCV.

O rendimento em gases incondensáveis apresentou uma média de 48,78%, havendo efeitos significativos entre os talhões 1, 2 e 4. O talhão 3 obteve uma média de 56,23% e com isso, diferindo dos demais talhões. Observa-se ainda, que quanto menor o rendimento médio em líquido pirolenhoso por talhão, maior é o seu rendimento em gases não condensáveis.

Os teores do rendimento em gases condensáveis e dos gases incondensáveis podem variar de acordo com a densidade e os constituintes químicos da madeira. Para Valente et al. (1985), a elevação da temperatura no processo de carbonização acarreta no aumento da produção de gases incondensáveis.

As médias da densidade aparente do carvão vegetal obtidas em cada talhão não diferiram estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade, apresentando uma densidade aparente média de 2,198 g/cm<sup>3</sup>. Esse valor foi superior aos encontrados por Almeida (2010) para as espécies *Amburana cearensis* e *Piptadenia stipulaceae* de ocorrência no semiárido nordestino, cujas médias foram 0,301 e 0,468 g/cm<sup>3</sup>.

### Análise química imediata

Os resultados obtidos neste estudo para a análise química imediata (Teor de materiais voláteis, teor de cinzas, teor de carbono fixo e rendimento em carbono fixo) se encontram na Tabela 3.

**Tabela 3** – Análise química imediata e rendimento em carbono fixo por talhão do carvão obtido a partir dos colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. coletados no município de Timon – MA.

Talhão	TMV (%)	TCZ (%)	TCF (%)	RCF (%)
1	28,15 a	3,35 b	66,38 a	26,78 a
2	28,03 a	6,80 a	63,18 a	24,17 a
3	27,88 a	3,93 b	64,55 a	24,37 a
4	30,15 a	5,10 ab	62,31 a	24,83 a

TMV= teor de materiais voláteis; TCZ= teor de cinzas; TCF = teor de carbono fixo; RCF = rendimento em carbono fixo.

\* Valores médios seguidos de mesma letra na respectiva coluna não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os teores médios de materiais voláteis, carbono fixo e rendimento em carbono fixo foram respectivamente 28,55%, 64,11% e 25,04%, não apresentando diferenças significativas entre os talhões. Já o teor de cinzas médio foi 4,80%, cujos talhões 1,3,4 apresentaram valores semelhantes estatisticamente, diferindo significativamente do talhão 2.

De acordo com valores da análise química imediata alcançados, o carvão da espécie *Bambusa vulgaris* se enquadra nos padrões do carvão vegetal comercializado no Brasil para processos siderúrgicos (materiais voláteis: 25-35%, carbono fixo: 65-75%, cinzas: 2-5%) (MELLO, 2001). Combustíveis com elevados teores de carbono fixo e teores de materiais voláteis baixos queimam lentamente e necessitam de um maior tempo na fornalha para que o mesmo seja totalmente queimado (BRAND, 2010).

Os dados mostram o grande potencial do carvão vegetal do bambu, visto que quanto maior o teor de carbono fixo, maior será a sua capacidade energética.

### CONCLUSÕES

A espécie *Bambusa vulgaris* Schrad. apresentou um bom rendimento em carvão vegetal, com uma média de 39,05%; não havendo diferença significativa entre os quatro talhões.

As médias da densidade básica dos colmos de cada talhão também não apresentaram diferenças significativas

entre si. O bambu obteve uma densidade básica média de 490 kg/m<sup>3</sup>.

O líquido pirolenhoso obtido a partir das carbonizações apresentou um maior teor no Talhão 1, o qual também alcançou um maior rendimento em carvão vegetal. O baixo teor de líquido pirolenhoso apresentado no Talhão 3 provavelmente ocorreu devido perdas por vazamento durante a carbonização.

Os resultados médios alcançados na análise química imediata para os teores de materiais voláteis, carbono fixo e rendimento em carbono fixo mostram não haver efeito significativo entre os talhões. Já para o teor de cinzas, o mesmo não ocorreu.

De acordo com as análises realizadas neste estudo, verificou-se que o carvão vegetal produzido a partir dos colmos de *Bambusa vulgaris* Schrad. possui potencial para comercialização e utilização como fonte energética, inclusive para fins siderúrgicos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. M. C. Avaliação anatômica, físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulaceae* (Benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 40 f. 2010.

- ANDRADE, A. M. **Efeitos da fertilização mineral e da calagem na produção e na qualidade da madeira e do carvão de eucalipto.** Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 105 f. 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Norma MB 1269/79.** Rio de Janeiro: ABNT, 1979.
- BRAND, M. A. **Energia de biomassa Florestal.** 1 ed. Editora Interciência Ltda. Rio de Janeiro – RJ, p. 131, 2010.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA INFRA ESTRUTURA. **Balço energético nacional,** Brasília, 1990, 144p.
- BRITO, J. O. Reflexões sobre a qualidade do carvão vegetal para uso siderúrgico. Circular técnica, 181 – IPEF. Piracicaba, p.6, 1993.
- BRITO, J. O.; DEGLISE, X. states and potential of using wood for energy in Brasil. **Revue Forestière Française,** Paris, n. 6, p.175-179, 1990.
- BROTEL, M.C.G; TRUGILHO, P.F; ROSADO, S.C.S; SILVA, J.R.M. Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de Eucaliptus. Viçosa (MG), **Revista Árvore,** vol 31, n. 3, p. 10-14, 2007
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira.** São Paulo: Nobel, p .154, 1991.
- COMISSION PANAMERICANA DE NORMA TÉCNICAS. **Maderas: método de determinacion del peso específico aparente. (COPANT- 461).** Caracas, 1972.
- COSTA JÚNIOR, D. S. **Avaliação físico-química do carvão das espécies *Eucalyptus grandis* Hill (ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* Smith proveniente de plantios no Rio de Janeiro.** 2013. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande, Patos-pb, 2013.
- FONSÊCA, C. M. B. **Estudo comparativo do potencial energético do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Martius) e da algarobeira (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) na produção de carvão no semiárido paraibano.** 2011. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande, Patos-pb, 2011.
- FONTE, D. J. P; QUIRINO, W. F; PASTORE, F. J. **Agglutinantes para briquetagem de carvão vegetal.** 2004.
- MEDEIROS NETO, P. N. de. **Avaliações físico-químicas, anatômicas e energéticas do lenho das espécies *Poincianella pyramidalis* Til. L.P. Queiroz e *Handroanthus impertiginosus* (Mart. Ex DC.) Mattos de ocorrência no semiárido brasileiro.** 2011. 51 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande, Patos-pb, 2011.
- MELLO, M. G. **Biomassa energia dos trópicos em Minas Gerais.** editora UFMG, Minas Gerais, p. 151-158, 2001.
- MELO, A. C. G.; MIRANDA, D. L. C.; SANQUETTA, C. R.; DURINGAN, G.; FORSTER, H. W.; FLORSHEIN, S. M. B.; LIMA, I. L. **Qualificação de biomassa e carbono em reflorestamento de restauração.** (Relatório final de projeto de pesquisa) São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; Instiyuto Florestal, 2008. 38p.
- OLIVEIRA, J. B.; VIVACQUA FILHO, A.; MENDES, M. G.; GOMES, P. A. **A produção de carvão vegetal: aspectos técnicos.** Produção e utilização de carvão vegetal. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC, p. 54-74, 1982.
- SANTOS, R.C. **Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto.** (Tese Doutorado). Universidade Federal de Lavras, Lavras. p. 173, 2010.
- TOMAZELLO FILHO, M.; AZZINI, A. Estrutura anatômica, dimensões das fibras e densidade básica de colmos de bambusa vulgaris SCHRAD. **Instituto de Pesquisas Estudos Florestais,** n.36, p.43-50, ago.1987.
- VALENTE, O. F.; ALMEIDA, J. M.; VITAL, B. R.; LUCIA, R. M. Efeito da temperatura de carbonização nos rendimentos e propriedades do carvão vegetal produzido. **Revista Árvore,** Viçosa, MG, v. 9, n. 2, p. 26-39, 1985.
- VITAL, B.R. Métodos de determinação da densidade da madeira. In: **Boletim técnico SIF – 01.** Viçosa: MG, 21 p. 1984.
- ZHOU, F. C. Studies on physical and mechanical properties of bamboo woods. **Journal of Nanjing Technology College of Forest Products,** v. 2, p.1-32, 1981.