

# REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

## **Produção de Briquetes de Resíduos Agrícolas e de Serraria Acrescido de Resina de Breu Amarelo<sup>1</sup>**

Braulio Crisanto Carvalho da Cruz<sup>2</sup>, Denise Araújo da Silva<sup>2</sup>, Álef dos Santos de Oliveira<sup>3</sup>, Aderlei Barros Santos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aceito para Publicação no 2º Trimestre de 2016.

<sup>2</sup>Docentes do Instituto Federal de Roraima- IFRR, [braulio.cruz@ifrr.edu.br](mailto:braulio.cruz@ifrr.edu.br), [denise.araujo@ifrr.edu.br](mailto:denise.araujo@ifrr.edu.br).

<sup>3</sup>Alunos do Curso Técnico em Agropecuária no Instituto Federal de Roraima- IFRR, [baucruz@hotmail.com](mailto:baucruz@hotmail.com), [braulio.cruz@ifrr.edu.br](mailto:braulio.cruz@ifrr.edu.br).

### **Resumo**

Com o objetivo de avaliar o poder da eficiência térmica de resíduos agrícolas e de serraria na produção de briquetes (lenha ecológica), avaliou-se o poder de combustão, densidade, umidade e minerais totais de briquetes de casca de arroz, caroço de açaí, acrescidos de pó de serra e breu amarelo. Pode-se observar que os briquetes acrescidos de resina breu amarelo apresentaram uma melhor queima e textura, pelo poder de aglutinação que a resina proporcionou bem como maior queima, não houve diferença do potencial energético entre umidade, materiais voláteis e densidade. No teste de combustão, o tratamento com casca de arroz foi superior aos demais.

**Palavras-Chaves:** Energia térmica, Lenha ecológica, Resina-Breu.

## Briquette production Agricultural Waste and Sawmill Plus“Breu Yellow” Resin

### **Abstract**

In order to assess the power of thermal efficiency of agricultural residues and sawmill in the production of briquettes (ecological wood) , evaluated the power of combustion , density, moisture and minerals total rice husk briquettes, acai seed, plus mountains and yellow rosin powder. It can be observed that the briquettes plus pitch yellow resin had a better burning and texture, the bonding power of the resin provided as well as higher burn, there was no difference between the energy potential moisture, volatiles and density. In the combustion test treatment with rice husk was higher than the other .

**Key Words:** Thermal energy, ecological firewood, “Breu” Yellow.

### **Introdução**

O extrativismo vegetal é a principal fonte de renda da região Norte do Brasil, com destaque para a madeira. Esta alta exploração da madeira gera anualmente toneladas de serragem, oriunda do corte e do beneficiamento industrial, que vem sendo queimada sem nenhum controle ou propósito. Uma alternativa para diminuir os impactos causados pelo homem ao meio ambiente sejam eles o aumento do efeito estufa e o consumo de combustíveis fósseis seria a produção da bioenergia de materiais lignocelulósicos.

A casca de arroz pode gerar grandes passivos ambientais quando não há uma destinação adequada. Como exemplo de destinação inadequada pode-se citar o depósito das cascas de arroz diretamente no solo, em terrenos a céu aberto, pois com esse tipo de descarte a casca leva aproximadamente cinco anos para se decompor e exala um elevado volume de metano (CH<sub>4</sub>) que é um gás causador do efeito estufa (Cardoso, 2012).

A biomassa, que contém energia química proveniente da conversão da energia luminosa graças à fotossíntese, tem sido cogitada como uma das alternativas aos combustíveis fósseis pelas suas características ambientais, renovável, por possuir baixo

preço, ser farta e possuir um potencial de produção no limite das terras cultiváveis que o planeta oferece (ROSSILO-CALLE, 2004).

Os briquetes são fabricados para atender os estabelecimentos e indústrias que possuam fornalhas, fornos, caldeiras e que utilizam lenha para gerar energia; eles substituem com vantagem a lenha à medida que reduz custos, facilita o transporte, a manipulação e o armazenamento. Seu formato cilíndrico padronizado reúne uma alta densidade de resíduos prensada, sem a adição de produtos químicos ou aglutinantes, com alto poder calorífico. Os briquetes contribuem para o controle do desmatamento e da poluição já que uma grande quantidade de resíduo que seria descartado pode ser aproveitada (Gentil, 2008). A briquetagem é uma forma bastante eficiente para concentrar a energia disponível da biomassa, pois 1,0 m<sup>3</sup> de briquetes contém de 2 a 5 vezes mais energia que 1,0 m<sup>3</sup> de resíduos. Isso levando-se em consideração a densidade a granel e o poder calorífico médio desses materiais (Silveira, 2008).

O Breu amarelo é encontrado na região amazônica, obtida, principalmente, de espécies botânicas do gênero *Protium* Burman, (*Burseraceae*). *Protium* é um gênero com distribuição pantropical, e possui aproximadamente 600 espécies entre arbustos e árvores, sendo bem diversificado na Amazônia, onde ocorrem 73 espécies, 42 delas endêmicas da região. Das cascas de várias espécies são retiradas resinas utilizadas para calafetar embarcações, produzir incensos e, com fins medicinais, para matar bernes (Sousa et. Al., 2001). Neste sentido objetivou-se com o presente estudo avaliar a eficiência térmica de briquetes de pós de serra e de diferentes tipos de resíduos agrícolas adicionados ou não de resina “breu amarelo”.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido no laboratório de Sementes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, Campus Novo Paraíso no período de maio a dezembro de 2015.

Os resíduos agrícolas (casca de arroz e caroço de açaí) foram adquiridos de pequenos produtores regionais, no município de Rorainópolis. A resina “breu amarela” foi comprada em um estabelecimento comercial para artigos de navegação em Boa Vista. A serragem utilizada no processo de briquetagem foi da espécie *Hymenolobium petraeum* Ducke (Angelim-pedra) adquirida em serrarias na cidade de Rorainópolis.

### Confecção dos Briquetes

Os briquetes foram confeccionados no laboratório de sementes do Instituto Federal de Roraima, Campus Novo Paraíso, utilizando uma prensa hidráulica com capacidade total de 15 toneladas, como dispositivo de temperatura utilizou-se uma resistência de coleira no qual ficou envolta de um tubo de aço com 2 ½ polegadas. A pressão exercida sobre a massa era de 1 tonelada e a temperatura de 120°C durante 20 minutos.

Os tratamentos consistiram em:

T1: Briquete de pó de serra sem resina de breu amarelo;

T2: Briquete de pó de serra com 10% de resina de breu Amarelo;

T3: Briquete de pó de serra (65%), Casca de Arroz (25%) e resina de breu Amarelo (10%);

T4: Briquetes de pó de serra (65%), Carvão de Açai (25%) e resina de breu amarelo (10%).



Figura 01. Prensa hidráulica usada na confecção dos briquetes

### **Análises Físico-Químicas**

Efetuiu-se as análises de umidade, matéria mineral e Extrato Etéreo com três repetições mediante metodologia descrita por Quirino & Brito (1991), descrito abaixo.

A umidade de um material está relacionada com o seu teor de água, no caso do briquete ovalor de 10 a 12% de umidade é considerado baixo em relação à lenha convencional que é de 30 a 40%. Com relação ao carbono fixo tem-se que quanto maior este valor maior o calorgerado, já os materiais voláteis quanto menor o valor mais lentamente será a queima do material, apesar dos valores encontrados nos briquetes para estes dois parâmetros está em desacordo com o conceito, o alto poder calorífico do briquete, que é a quantidade de calor que desprende 1 kg de combustível quando de sua combustão completa, supera esta questão já que este valor é bem superior ao da lenha (2.000 a 2.500 Kcal/Kg).

#### **Determinação do teor de umidade**

Colocou-se a bandeja com as placas de Petrina estufa por 10 minutos e submetida a temperatura de  $105 \pm 2^\circ \text{C}$  para eliminação de contaminantes dessas.

Após esse tempo a bandeja foi retirada da estufa e a massa de cada placa de Petri tarada. Posteriormente foram colocados 10g de resíduos em cada placa que foi novamente levada para a estufa onde permaneceu até que os resíduos atingissem massa constante.

Realizou-se pesagem das placas com os resíduos 2 horas após a colocação do material úmido na estufa.

O teor de umidade foi determinado segundo a Equação 1:

$$TU = \frac{m_0 - m_1}{m_0} * 100 \quad \text{Equação 1 (NBR 8112/86).}$$

Onde:

TU= teor de umidade, em %;

$m_0$ = massa inicial da amostra, em g;

$m_1$ = massa final da amostra, em g.

#### **Determinação do teor de materiais voláteis**

Os materiais foram classificados entre 80 e 100 ABNT/ASTM, com auxílio das peneiras já que a norma determina granulometria inferior a 0,210mm e superior a 0,150mm. Foram colocados em placas de Petri e secos em estufa a temperatura de  $105\pm 2^{\circ}\text{C}$  até atingirem massa constante.

Os cadinhos com suas tampas foram deixados por 3 horas na mufla para calcinação. Após esse tempo foram colocados no dessecador para esfriar. Posteriormente foram tarados e em cada cadinho foi colocado 1g do material seco. Foram utilizados 3 cadinhos por resíduo.

Esses foram colocados sobre a porta da mufla previamente aquecida por 3 minutos. Após esse tempo, foram colocados no interior da mufla por 7 minutos com a porta fechada.

Em seguida, os cadinhos foram retirados da mufla e colocados em um dessecador para esfriarem e pesados para determinação da massa final.

O teor de materiais voláteis foi determinado segundo a Equação 2:

$$MV = \frac{m_2 - m_3}{m} * 100 \quad \text{Equação 2 (NBR 8112/86).}$$

Onde:

MV = teor de materiais voláteis, em %;

$m_2$  = massa inicial do cadinho + amostra do resíduo, em g;

$m_3$  = massa final do cadinho + amostra de resíduo, em g;

m = massa da amostra do resíduo, em g.

### **Determinação do teor de cinzas**

Os resíduos de cada material foram classificados utilizando uma peneira de 80 ABNT/ASTM já que a norma determina granulometria inferior a 0,210mm. Esse material foi colocado em placas de Petri e secos em estufa à temperatura de  $105\pm 2^{\circ}\text{C}$  até atingirem massa constante.

Os cadinhos sem as tampas foram deixados por 3 horas na mufla para calcinação. Após esse tempo foram colocados no dessecador para resfriar. Posteriormente esse material foi tarado e em cada cadinho foi colocado 1g do material seco. Utilizando-se 3 cadinhos por resíduo.

Os cadinhos com as amostras de resíduos foram colocados na mufla previamente aquecida a  $700\pm 10^{\circ}\text{C}$  e deixados até a queima completa do material.

Em seguida, os cadinhos foram retirados da mufla e colocados em um dessecador para resfriar e pesados para determinação da massa final.

O teor de materiais voláteis foi determinado segundo a Equação 3:

$$CZ = \frac{m_1 - m_0}{m} * 100 \quad \text{Equação 3 (NBR 8112/86)}.$$

Onde:

CZ = teor de cinza, em %;

$m_0$  = massa do cadinho, em g;

$m_1$  = massa do cadinho + amostra do resíduo, em g;

$m$  = massa da amostrado resíduo, em g.

### **Determinação do teor de carbono fixo**

O teor de carbono fixo por ser uma medida indireta, foi determinado conforme a Equação 4:

$$CF = 100 - (CZ + MV) \quad \text{Equação 4 (NBR 8112/86)}.$$

CF = Teor de carbono fixo, em %;

CZ = Teor de cinza, em %;

MV = Teor de materiais voláteis, em %.

### **Densidade**

Com relação à densidade, que é definida como a relação entre a sua massa e o seu volume, ela informa se a substância de que é feito um corpo é mais ou menos compacta; no caso específico a densidade da lenha (280 kg/m<sup>3</sup>) é bem menor do que do briquete, portanto o briquete é mais compacto do que a lenha (Quirino, 2002).

A densidade aparente foi calculada pelo método estequiométrico, assim, densidade é a massa por unidade de volume, os briquetes foram confeccionados em formado cilíndrico, deste modo, o volume se deu pela equação 5:

$$V = (\pi \cdot a \cdot r^2) / 3.$$

Onde, densidade (g/cm<sup>3</sup>) = Massa/Volume

### **Método para Análise do Teor de Combustíveis**

A determinação dessa propriedade é imprescindível para a caracterização dos resíduos. O teor de combustíveis e o teor de cinzas (ou inertes) fornecem informações aproximadas da combustibilidade dos resíduos e, segundo o Guia de Prática de Análise Imediata de Combustíveis Sólidos – UFMG, é obtido através do seguinte procedimento: tritura-se cada elemento componente dos resíduos (papel, plástico etc.) separadamente; as partes obtidas são misturadas mantendo-se a proporcionalidade em massa e só então se acrescentam os resíduos madeireiros na proporção adequada para a briquetagem; retira-se uma amostra de 10 g, que é colocada em um cadinho de porcelana e secada a 105 °C, durante quatro horas; após esfriar a amostra deve ser pesada e só então carbonizada em cadinho de porcelana a 800 °C, pelo tempo de duas horas, na mufla; depois de esfriar ela é pesada novamente (Gomes, 1980).

O teor de combustíveis (TC) é calculado pela equação 6:

$$TC = (c - d) / c \times 100,$$

Onde:

TC – teor de combustíveis, %

c – peso antes da queima, g

d – peso após a queima, g

### **Teste de Combustão**

Para avaliar o poder de combustão dos briquetes foi confeccionado um dispositivo de queima em aço inox sobre uma chapa de alumínio e uma balança com precisão de 5 mg (figura 02). Para isolar o dispositivo de queima da balança utilizou-se uma base de madeira. Após a montagem do dispositivo de queima sobre a balança, este foi carregado com o briquete com peso de 90 gramas e a queima ocorreu com uma duração total de 50 minutos. A queima inicial ocorreu utilizando 10 g de álcool que foi colocado no compartimento abaixo da grelha de queima, a queima do álcool teve duração média de 1 minuto o que não interferiu nas primeiras medições que iniciaram aos 5 minutos. Para medição da temperatura utilizou-se um termômetro a laser com capacidade máxima de 600°C.

Para a análise de combustão observou-se a massa do briquete e a temperatura em função do tempo (50 minutos) durante a combustão foram confeccionados gráficos de Tempo X Temperatura e Tempo X Massa. A partir de pontos desse gráfico calculou-se o índice de combustão (ICOMB) conforme Quirino (1991), no qual:

$$ICOMB = (A \times B) / (100 \times C)$$

Sendo:

A = % do tempo no qual a temperatura permaneceu acima de 150°C, em relação ao tempo total do teste (60 minutos)

B = % da temperatura máxima atingida no teste em relação a temperatura de 150°C;

C = % da massa total consumida gerando temperaturas acima de 150°C.



Figura 02. Dispositivo de queima para teste de combustão.

### Análise estatística

Utilizou-se o programa ASSISTAT, as variáveis estudadas dos briquetes foram submetidas à análise de variância (ANOVA), considerando-se os 4 tratamentos com 5 repetições e quando significativas efetuava-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### Resultado e Discussão

Os dados das análises físicas encontram-se na tabela 01.

Tabela 01. Teor de Umidade, Cinzas, Teor de Combustível, Densidade, Materiais voláteis e Carbono fixo de briquetes.

Tratamento	Umidade %	Cinzas %	Teor de combustível	Densidade g/cm <sup>3</sup>	Materiais Voláteis %	Carbono Fixo %
1	3,28 a	1,67 a	98,3 a	5,80 a	78,12 a	19,01 a
2	2,87 a	0,99 a	99,0 a	5,85 a	78,56 a	20,01 a
3	3,08 a	1,60 a	98,4 a	5,46 a	69,02 a	18,93 a
4	3,32 a	6,53 b	93,5 b	5,38 a	75,89 a	22,03 a

1 Briquete de Pó de Serra; 2 Briquete de Pó de Serra + 10% Resina Breu Amarelo; 3 Briquete: 65% Pó de Serra; 25% Casca de Arroz; 10% Resina Breu Amarelo ; 4 Briquete: 65% Pó de Serra; 25%Caroço de Açai; 10% Resina Breu Amarelo. Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

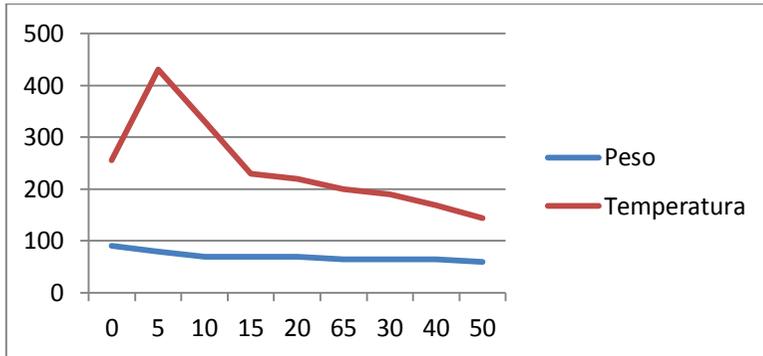
É possível observar que não houve diferença para os teores de umidade; densidade; materiais voláteis e carbono fixo, com valores médios de 3,13; 5,62, 75,4 e 19,9, na ordem citada, resultado este justificado pela alta porcentagem de serragem em cada tratamento, o que causou uma homogeneidade nos briquetes. No entanto, para cinzas, o tratamento com 25% de caroço de açaí se comportou de maneira superior aos demais, apresentando um valor médio de 6,5%, ou seja, cerca de 21% maior que os demais. Ao se analisar o teor de cinzas espera-se que este seja o menor possível, pois resulta em maior queima e consequentemente maior aporte energético. Essa diferença encontrada para cinzas influenciou o teor de combustíveis que proporcionou ao tratamento com caroço de açaí uma média menor que as demais, de 93,5. Podendo indicar uma menor produção energética para este tratamento. Segundo Boog, et al., (2007), o comportamento do teor de cinzas é inversamente proporcional ao encontrado para o teor de combustíveis. Portanto, os briquetes que apresentaram maior combustibilidade e menor teor de cinzas foram os tratamentos 1; 2 e 3. Gonçalves et. al., (2009) citam, que o teor de combustíveis é um índice importante para a briquetagem, pois indica a porcentagem de materiais com potencial de geração de calor e o teor de cinzas corresponde à porcentagem de material inerte, que não produz calor.

Os índices de combustão encontrados a partir da queima dos briquetes em função do tempo e temperatura podem ser observados nos gráficos 1; 2; 3 e 4. Nota-se que o tratamento que apresentou maior média de temperatura dentro dos 50 minutos de queima foi o tratamento “3” com 25% de casca de Arroz, apresentando uma média de 279,6°C, os tratamentos “1”; “2”; e “4” apresentaram média de temperatura de 241; 201 e 148°C, respectivamente. Cardoso, (2012) destaca que a casca de arroz apresenta um poder calorífico médio de 3821 Kcal/Kg, superior ao licor negro (2860 Kcal/Kg), ao bagaço de cana-de-açúcar (2130 Kcal/Kg) e ao capim elefante (3441 Kcal/Kg).

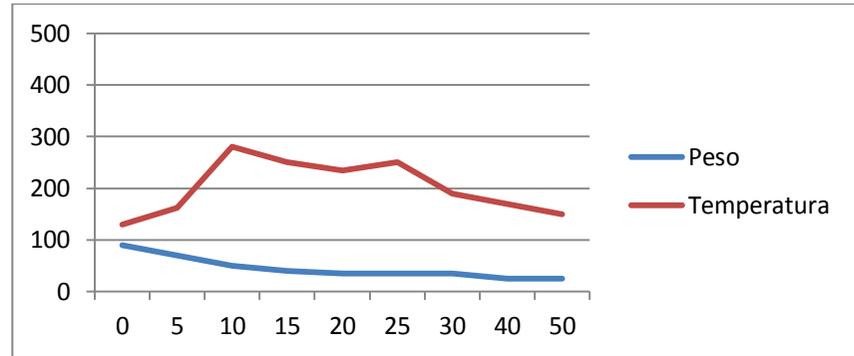
Em relação a queima da massa (g), é possível notar que o tratamento “3” com 25% de casca de arroz, proporcionou uma queima uniforme dentro dos 50 minutos do teste e um mínimo de resíduo após os 50 minutos do teste de combustão. O tratamento “2” (pó de serra com 10% de resina de breu amarelo) se mostrou mais interessante que o tratamento “1” (100% de pó de serra sem resina de breu amarelo), por apresentar uma queima uniforme e menor resíduo após os 50 minutos do teste.

Ramos e Paula et al., (2011) ao avaliarem diferentes resíduos agrícolas na produção de bioenergia, concluem que o briquete de casca de arroz apresentou uma perda de massa mais lenta e um pico de temperatura mais demorado, os autores ainda citam que a lenha de casca de arroz apresenta melhor qualidade, por apresentar maior densidade e alta resistência mecânica.

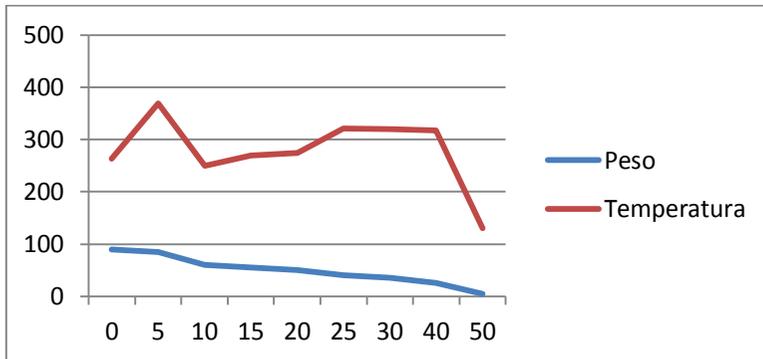
**Gráfico 01.** Teste de Combustão de Briquetes com 100% de Pó de Serra.



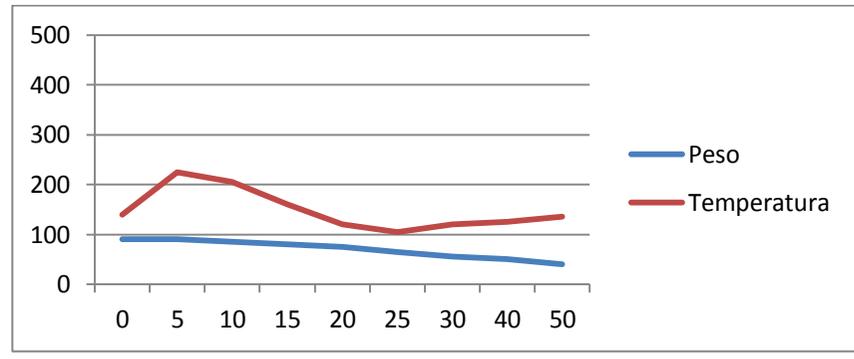
**Gráfico 02.** Teste de Combustão de Briquetes com 90% de Pó de Serra e 10% de Resina de Breu Amarelo.



**Gráfico 03.** Teste de Combustão de Briquetes com 65% de Pó de serra; 25% de Casca de Arroz e 10% de Resina de Breu Amarelo.



**Gráfico 04.** Teste de Combustão de Briquetes com 65% de Pó de Serra; 25% de Carvão de Açai e 10% de Resina de breu Amarelo.



## **Conclusão**

O briquete confeccionado com 25% de casca de arroz mostrou-se superior aos demais em relação à duração do pico de temperatura e uniformidade na queima durante o teste de combustão;

O briquete com 25% de caroço de açaí proporcionou uma menor temperatura, uma queima desuniforme e maior resíduo pós-queima durante o teste de combustão.

A utilização da resina do breu amarelo se mostrou extremamente interessante, uma vez que proporcionou aos briquetes uma melhor textura bem como uma queima mais uniforme.

## Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 8112, Rio de Janeiro, 1986.

BIOMACHINE. Briquetes. Disponível em: <http://www.biomachine.com.br/biomachine.asp> acesso 20 Jul 2007.

BOOG, G. E.; BIZZO, A. W.; VALE, L. T. Avaliação do potencial energético dos resíduos de campo da cultura da mandioca. Revista Raízes e Amidos Tropicais v. 3 Campinas, SP., 2007.

CARDOSO, B. M. Uso da Biomassa como Alternativa Energética. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2012.

GENTIL, L.V.B. Tecnologia e economia do briquete de madeira (Tese de Doutorado em Engenharia Florestal), Brasília, UnB, 2008.

GOMES, P. A . Teoria da carbonização da madeira, In: Uso da madeira para fins energéticos, Belo Horizonte: CETEC, v.1, 1980. p.27-42

GONÇALVES, J.E. SARTONI, M.M.P LEÃO, A.L. Energia de briquetes produzidos com rejeitos de resíduos sólidos urbanos e madeira de *Eucalyptus grandis*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.13, n.5, p.657–661, 2009.

QUIRINO, W.F. Utilização energética de resíduos vegetais –MMA, DIREF,LPF. Brasília, 2002.

QUIRINO,W. F.Características de briquetes de carvão vegetal a seu comportamento na combustão.1991.80f.Dissertação.Escola Superior Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo.Piracicaba.

RAMOS E PAULA, L.E., TRUGILHO, P.F., REZENDE, R.N., ASSIS, C.O., BALIZA, A.E. Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos. Pesquisa florestal brasileira. V.31, n.66, p. 103-112. 2011.

ROSSILO-CALLE, F. Uma breve análise do potencial da biomassa no Brasil. Biomassa & Energia, V1, N 3, 225-236. 2004.

SILVEIRA, M. S. Aproveitamento da casca de coco verde para produção de briquetes em Salvador-BA. Dissertação mestrado. UFBA. 2008.

SOUSA, J.A. GAZEL, A.B. MENEGUELLI, N.A. Padrões de distribuição espacial, características ecológicas e silviculturais de breu branco, breu preto e breu sucuruba em uma floresta de terra firme do Amapá. Circular Técnica 08. EMBRAPA. 2001.