

## Potencial de geração de bioeletricidade com casca de arroz no Brasil

Samuel N. Melegari de Souza<sup>1</sup>, Ana Carla Vieira<sup>2</sup>, Reginaldo F. Santos<sup>1</sup>, Deonir Secco<sup>1</sup>,  
Reinaldo A. Bariccatti<sup>1</sup> e Carlos Eduardo Camargo Nogueira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professor do Curso de Mestrado em Energia na Agricultura, <sup>2</sup>Msc. em Energia na Agricultura – UNIOESTE,  
Rua Universitária 2069, Cascavel-PR, e-mail: Samuel.Souza@unioeste.br

**Resumo:** O Brasil por apresentar grandes dimensões cultiváveis, solo e condições climáticas adequadas é um importante fornecedor de matéria prima para a produção de bioenergia, ou seja, os resíduos gerados durante o processo de produção agrícola podem ser utilizados para geração de energia. Este trabalho teve como objetivo determinar o potencial energético da casca de arroz por meio da obtenção do poder calorífico e outros parâmetros de combustão, em seguida foi determinado o potencial de produção de bioeletricidade com casca de arroz no Brasil. Uma amostra de casca foi seca em uma estufa, queimada numa mufla a diferentes temperaturas de acordo com a análise pretendida, obtenção da umidade, carbono fixo, voláteis e teor de cinzas, seguindo normas da ABNT (NBR 8112). O poder calorífico superior (PCS) foi determinado utilizando-se uma bomba calorimétrica. Com dados de produção de arroz no Brasil, obtidos em boletins do IBGE (2012), as estimativas de casca de arroz (20% do peso do arroz) e o poder calorífico inferior (PCI) foi obtido o potencial técnico de geração de bioeletricidade. A casca de arroz apresentou um poder calorífico inferior de 13,15 MJ.kg<sup>-1</sup>. O potencial de produção de bioeletricidade com casca de arroz em 2010 foi estimado em 15,4 a 20,6 TWh.

**Palavras Chave:** biomassa, análise imediata, energia renovável.

## Potential of bioelectricity generation with rice husk in Brazil

**Abstract:** Brazil is by having large cultivable soil and climatic conditions is an important supplier of raw materials for bioenergy production, ie, the waste generated during the process of agricultural production can be used for power generation. This study aimed to determine the energy potential of rice husk by means of attainment of the energy value and others parameters of combustion, after that was obtained the potential of bioelectricity production with rice husk in Brazil. One sample of husk was dried in greenhouse chamber, burned in an oven varying the temperature according the analysis aimed, attainment of moisture, carbon fix, volatiles and ash, following norms of ABNT (NBR 8112). The high energy value (HEV) was obtained using a calorimetric bomb. With the dates of rice production in Brazil wich are available in statistical dates information of IBGE (2012), the husk estimation (20% weight of paddy) and low energy value (LEV) was determinated the technical potential of bioelectricity. The rice husk has a LEV of 13,15 MJ.kg<sup>-1</sup>. The potential of bioelectricity production in 2010 was estimated in 15,4 and 20,6 TWh.

**Keywords:** biomass, instant analysis, renewable energy.

## Introdução

O Brasil é considerado como um dos maiores produtores agrícolas devido a uma série de razões, desde a disponibilidade de área para cultivo, possibilidade de introdução de culturas variadas à posição geográfica (condições climáticas adequadas). Porém uma

produção intensiva gera grandes quantidades de resíduos agrícolas, quais podem causar passivos ambientais. Neste contexto de impactos ambientais que este resíduo pode gerar associado a uma crise energética estudos e pesquisas vêm sendo desenvolvidos para produzir energia de fontes renováveis como a biomassa.

Considera-se biomassa uma fonte alternativa de energia, pois a mesma consiste em um material orgânico de origem vegetal. Segundo Nogueira e Lora (2003) *apud* Klautau (2008), a biomassa é a matéria vegetal oriunda da fotossíntese, qual contém energia química procedente da transformação energética da radiação solar. Segundo Werther *et al.* (2000), a biomassa engloba principalmente os resíduos agrícolas qual apresentam um alto potencial de energia.

Segundo Açma (2003), a energia presente na biomassa pode ser transformada por meio de processos de conversão físicos, químicos e biológicos em combustíveis líquidos, sólidos e gasosos. O objetivo desta conversão é transformar um material carbonáceo, de baixa eficiência energética, para uma eficiência economicamente viável, porém para que este objetivo seja atingido, uma caracterização da biomassa deve ser feita, ou seja, conhecer suas propriedades, para que seja optada por uma biomassa adequada e conseqüentemente a tecnologia de conversão.

A caracterização pode basear nas propriedades físicas (granulometria, massa específica, densidade e teor de Umidade), na análise imediata (teor de umidade, voláteis, cinzas e carbono fixo), análise Elementar, para análise dos elementos químicos presentes na biomassa, análise somativa (teor de lignina, celulose e hemicelulose) e Poder Calorífico.

O Brasil, por apresentar extensas dimensões de áreas cultiváveis com solos e condições climáticas adequadas como dito anteriormente afigura-se, portanto, como um fornecedor com potencial altíssimo de matérias primas (resíduos) para a produção de bio energia.

A casca de arroz é um dos mais abundantes resíduos agrícolas, estima-se que para cada hectare de cultura de arroz seja produzido de 4,0 -6,0 Mg de resíduos (Nogueira *et al.* 2000 *apud* Cortez; Lora; Ayarza, 2008).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a casca de arroz através da análise imediata (teor de umidade, teor de voláteis, teor de cinzas, teor de carbono fixo), obter o poder calorífico superior e inferior, e finalmente o potencial teórico de produção de energia com casca de arroz no Brasil.

### Material e Métodos

Os procedimentos foram realizados no Laboratório de Solo e Saneamento Básico da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – Campus Cascavel, sendo regidos pela norma da ABNT NBR 8112, segundo Nogueira e Rendeiro (2008). Foram realizados três ensaios para cada análise pretendida e adotada a média da mesma para posterior comparação a literatura.

O teor de umidade consistiu em colocar as amostras em uma estufa a  $100 \pm 10^\circ\text{C}$  até que a massa ficasse constante. Em seguida os valores foram colocados na Equação 1 para determinar o teor de umidade.

$$Tu = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

onde Tu é o teor de umidade;  $m_1$  a massa inicial da amostra (g) e  $m_2$  a massa final (g).

Após o teor de umidade, esta mesma amostra foi introduzida em uma mufla marca *Quimis*, à  $850 \pm 10^\circ\text{C}$  por sete minutos para quantificar o teor de voláteis. Depois a amostra foi então colocada em um dessecador para resfriamento da mesma e posterior pesagem. O teor de voláteis foi determinado pela Equação 2:

$$Tv = \frac{m_2 - m_3}{m_2} \times 100 \quad (2)$$

onde  $T_v$  é o teor de voláteis,  $m_2$  é a massa (g) da amostra antes do experimento e  $m_3$  é a massa residual após o experimento (Nogueira; Rendeiro; Barreto, 2008).

A amostra (biomassa) já sem umidade e voláteis foi colocada em uma mufla a uma temperatura de  $710 \pm 10^\circ\text{C}$  por uma hora (meia hora com a porta meio aberta e meia hora com a porta da mufla fechada). O teor de cinzas foi calculado utilizando a Equação 3.

$$Tc = \frac{m_3 - m_4}{m_3} \times 100 \quad (3)$$

onde  $T_c$  é o teor de cinzas;  $m_3$  a massa da amostra antes do experimento e  $m_4$  é a massa da amostra após o experimento.

O Teor de Carbono Fixo ( $T_{cf}$ ) foi a última análise a ser realizada, sendo que este é obtido por diferença através da equação, qual se baseia em

$$Tcf = 100 - (Tv + Tc) \quad (4)$$

Para obter o Poder Calorífico Superior (PCS) foi adicionado uma amostra da biomassa pesando quatro gramas, dentro de uma bomba calorimétrica modelo E2K. O poder calorífico inferior (PCI) foi obtido pela equação a seguir (Paula *et al.*, 2011).

$$PCI = PCS - 5,72.(9H + U) \quad (5)$$

Onde PCS é poder calorífico superior ( $\text{cal.g}^{-1}$ ); H o teor de hidrogênio (%) e U a umidade (%).

Primeiramente obteve-se a produção mensal de arroz do Brasil, ano base 2010, utilizando-se boletins estatísticos do IBGE (2012). Com a produção mensal de arroz e adotando-se a relação de 0,20 kg de casca para 1 kg de arroz (20%) (Kapur *et al.*, 1996; Akgün e Luukkanen, 2012; Natarajan *et al.*, 1998), obteve-se a produção de casca.

O potencial teórico de energia da casca de arroz no Brasil, foi obtido considerando-se a produção de casca de arroz e o poder calorífico inferior.

$$PT = PC.PCI \quad (6)$$

PT é o potencial teórico de energia ( $\text{kWh/ano}$ ); PC a produção de casca de arroz ( $\text{kg/ano}$ ) e PCI o Poder calorífico inferior ( $\text{kJ/kg}$ ).

O técnico de geração depende da eficiência de conversão do sistema de geração de energia.

$$PTC = PT.\eta \quad (7)$$

onde PTC é o potencial técnico de energia ( $\text{kWh/ano}$ ) e  $\eta$  a eficiência de conversão (0 – 1,0). Segundo Kapur *et al.* 1996 e Souza *et al.* 2002, a eficiência de conversão de biomassa em energia elétrica, por meio de turbo geradores a vapor utilizando-se casca de arroz é de 15 a 20%, dependendo da tecnologia de produção de vapor e eletricidade.

### Resultados e Discussão

Os resultados da Análise Imediata e Poder Calorífico Superior (PCS) foram descritos na Tabela 01, junto com os valores encontrados na literatura para comparação e discussão dos

mesmos. Os resultados obtidos da análise imediata diferiram de alguns estudos encontrados devido os mesmos não descrevem a metodologia que o mesmo utilizou podendo conter algumas diferenças do método utilizado por este. Outra razão se deve ao fato que os resíduos não são da mesma localização geográfica, do mesmo solo, o que interfere na composição química dos resíduos e consequentemente nos resultados obtidos. A condição meteorológica em que o procedimento é realizado também pode interferir, principalmente na umidade.

**Tabela 01** - Resultados das Análises Realizadas neste Estudo e na Literatura

| <b>Análise Imediata da</b> | <b>Estudo *</b>          | <b>Literatura</b>                                     |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>Casca de Arroz</b>      |                          |                                                       |
| Teor de Umidade            | 11,31%                   | 7,9% Diniz (2005)                                     |
| Teor de Voláteis           | 82,09%                   | 70,1% Rocha, Perez, Cortez (2004)                     |
| Teor de Cinzas             | 15,51%                   | 17,1% Diniz (2005)                                    |
| Teor de Carbono Fixo       | 2,39%                    | 18,06 % Morais <i>et al.</i> (2006)                   |
| PCS                        | 14,67MJ.kg <sup>-1</sup> | 12,92 Mj.kg <sup>-1</sup> Morais <i>et al.</i> (2006) |

\* O valor resulta da média das três repetições realizadas.

Quando a biomassa apresenta um alto teor de umidade o mesmo faz com que o processo de combustão seja mais baixo, isto comparado quando utilizado material seco. Assim, quanto maior o valor da umidade presente na biomassa mais energia é necessária para iniciar o processo de queima, ou seja, mais energia é requerida para vaporizar a água e menos energia então é fornecida para a reação endotérmica (a queima). Brand (2008) e Klautau (2008) concordam relatando que a presença de umidade dificulta esta queima, pois o poder calorífico é reduzido, aumentando o consumo do combustível, e também na remoção das cinzas (pois a mesma permanece no local do processo de combustão), devido ao fato que as cinzas são consideradas material abrasivo quais podem vir a causar problemas de corrosão em equipamentos metálicos.

A presença de um alto valor de umidade gera poluição ambiental devido ao aumento do volume de produtos de combustão e de material particulado, sem contar que o processo de corrosão é acelerado na parte final do gerador de vapor e acúmulo de sujeira nas superfícies de aquecimento (Brand, 2008).

Para Lewandowski (1997) *apud* Klautau (2008), o material volátil interfere na ignição, pois quanto maior o teor de voláteis maior será a reatividade consequentemente a ignição. Enfim, determina a facilidade com que uma biomassa queima. A biomassa ao apresentar um

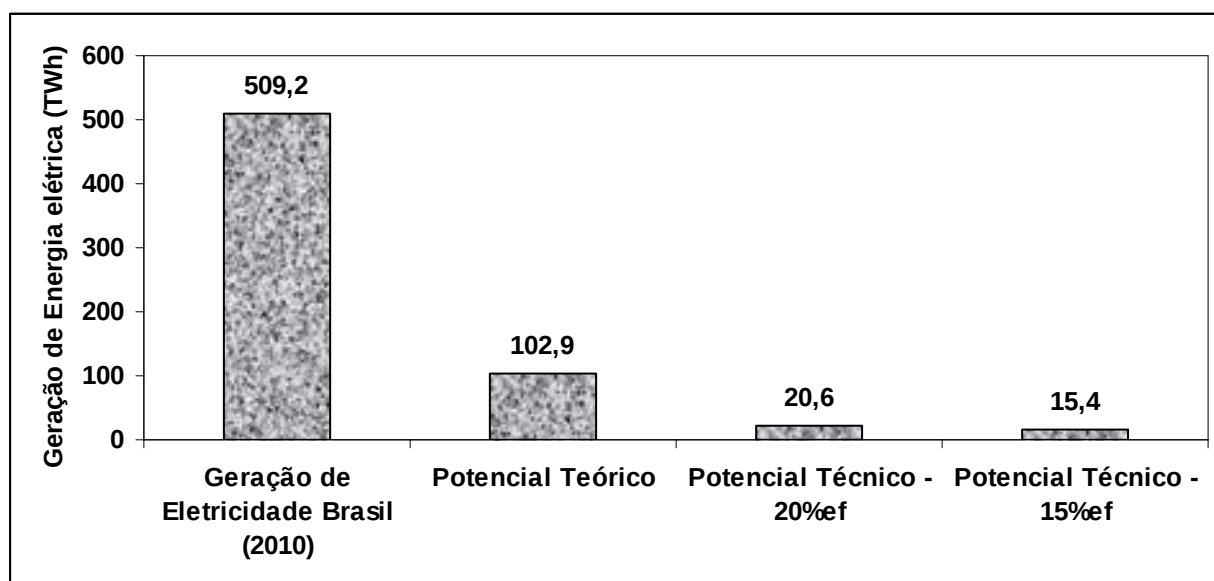
alto teor de voláteis tem maior facilidade de incendiar e queimar, embora o processo de combustão ser rápido o mesmo é difícil de controlar, podendo ainda afetar o processo de combustão em geral.

As cinzas são constituídas de composto de silício (Si), potássio (K), sódio (Na), enxofre (S), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg) e ferro (Fe). Estas cinzas se em alta concentração podem diminuir o poder calorífico (PC) e podem ainda causar perda de energia e sua presença afeta também a transferência de calor sendo, portanto necessário a remoção das mesmas (Strehler, 2000 *apud* Klautau, 2008). Segundo Hoffmann (2010) um alto teor de cinzas leva a uma diminuição da eficiência devido ao aumento do consumo de oxigênio para derreter as cinzas e pela perda de calor com a saída das cinzas do reator, que não pode ser plenamente recuperado. Relata ainda, que para a gaseificação o menor teor de cinzas inibe o entupimento e incrustações por escórias no equipamento.

O teor de carbono fixo está relacionado à quantidade de cinzas e volátil, pois o mesmo representa a massa restante após a saída de compostos voláteis, excluindo as cinzas e teores de umidade.

Segundo Nogueira (2007) e Van Wylen (1998) *apud* Klautau (2008), PCS representa o calor liberado, ou seja, a quantidade máxima de energia que pode ser obtida da transferência de calor do combustível. Utilizando-se a equação 5 tem-se que o Poder Calorífico Inferior (PCI) da casca de arroz analisada é de  $13,15 \text{ MJ.kg}^{-1}$ , para um PCS de  $14,67 \text{ MJ.kg}^{-1}$ .

A figura 01 mostra que a geração de eletricidade no Brasil em 2010 foi de 509,2 TWh, em centrais de serviço público e autoprodutores (MME, 2011). Utilizando-se toda casca de arroz no Brasil para a geração de energia elétrica, o potencial técnico de produção seria da ordem de 15,4 a 20,6 TWh, com sistemas de geração de 15 e 20% de eficiência global. Esses valores corresponderiam entre 3 e 4% da geração de eletricidade no Brasil. Com isso a utilização da casca de arroz contribuiria para o incremento da produção de bioeletricidade na matriz energética brasileira, tornando-a menos dependente da geração hidrelétrica.



**Figura 01** - Potencial de produção de eletricidade com casca de arroz no Brasil (2010).

### Conclusão

Através dos resultados obtidos da análise imediata e Poder Calorífico Superior (PSC), observou-se que a Casca de Arroz apresenta um potencial como biomassa para gerar energia, isto devido ao fato de apresentar um baixo teor de umidade, alto teor de voláteis e um poder calorífico inferior (PCI) de  $13,15 \text{ MJ.kg}^{-1}$ . O potencial técnico de produção de eletricidade com biogás da casca de arroz, seria da ordem de 15,4 a 20,6 TWh, representando 3 a 4% da energia elétrica produzida no Brasil.

### Referências

- AKGÜN, O.; LUUKKANEN, J. Extension of rice husk gasification technology for electricity generation in Cambodia. **Energy Procedia**, v.14, p. 1244-1249, 2012.
- AÇMA, H. H. Combustion characteristics of different biomass materials. **Energy Conversion e Management**, v. 44, p. 155-162, 2003.
- BRAND, M. A. **Fontes de Biomassa para a Geração de Energia**. Disponível em: <http://www.solumad.com.br/artigos/201011171818441.pdf> . Acesso em: 15 de jun de 2011.
- CORTEZ, L.A.B.; LORA, E.E.S; AYARZA, J.A.C. (Org). Biomassa no Brasil e no Mundo. In: **Biomassa Para Energia**. Campinas-SP: Editora Unicamp, 2008
- DINIZ, J. **Conversão Térmica de Casca de Arroz à baixa temperatura: Produção de Bioóleo e Resíduo Sílico Carbonoso Adsorvente**. 2005. 156p. Tese (Doutorado em química) PPGQ, UFSM, Santa Maria, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística de produção Agrícola 2011**. Disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), acesso em 02 de Abril de 2012.

KARPUR, T.; KANDRAL, T. C.; GARG, H. P. Electricity generation from rice husk in indian rice mills: potential and financial viability. **Biomass and Bioenergy**, v.10, n.5/6, p.393-403, 1996.

KLAUTAU, J. V. P. **Análise Experimental de uma Forno a lenha de Fluxo Cocorrente Para Secagem de Grãos**. 2008. 140p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) PPGERHA, UFPR, Curitiba, 2008.

MME – Ministério das Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional: Ano base 2010**. Rio de Janeiro: EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2011, 266p.

MORAIS, Márcia R., SEYE, Omar, FREITAS, Katriana T. de *et al.* Obtenção de briquetes de carvão vegetal de cascas de arroz utilizando baixa pressão de compactação.. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022006000200019&lng=pt&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000200019&lng=pt&nrm=abn)>. Acesso em: 13 Mar. 2012.

NATARAJAN, E.; NORDIN, A.; RAO, A. N. Overview of combustion and gasification of rice husk in fluidized bed reactors, **Biomass and Bioenergy**, n. 5/6, v. 14, p.533-546, 1998.

NOGUEIRA, M. F. M.; RENDEIRO, G. (2008). Caracterização Energética da Biomassa Vegetal. In: BARRETO, Eduardo José Fagundes (Coord). **Combustão e Gaseificação da Biomassa Sólida: Soluções Energéticas para a Amazônia**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. p. 52-63.

PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation. **Cerne**, v. 17, n.2, p. 237-246, 2011.

ROCHA, J.D; PÉREZ, J.M. Mesa; CORTEZ, L.A.B. **Aspectos Teóricos e Práticos do Processo de Pirólise de Biomassa**. Curso “Energia na Indústria de Açúcar e Alcool” UNIFEI, Itajubá, 12-16 de julho de 2004.

SOUZA, S. N. M.; SORDI, A.; OLIVA; C. A. **Potencial de energia primária de resíduos vegetais no Paraná** – 4º Encontro de Energia no Meio Rural, Campinas, 2002.

WERTHER J.; SAENGER, M.; HARTGE, E. U.; OGADA, T.; SIAGI, Z. Combustion of agricultural residues. **Progress in energy and combustion science**. Alemanha: Pergamon, v.26, p. 1-27, 2000.