

DESENVOLVIMENTO E ENSAIO DE BRIQUETES FABRICADOS A PARTIR DE RESÍDUOS LIGNOCELULÓSICOS DA AGROINDÚSTRIA

DEVELOPMENT AND TESTING OF BRIQUETTES MADE FROM LIGNOCELLULOSIC RESIDUES OF THE AGRO INDUSTRY

SCHÜTZ, Fabiana Costa Araujo;

Docente do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Medianeira, PR, Brasil
fabianaschutz@utfpr.edu.br

ANAMI, Marcelo Hidemassa;

Docente do Curso de Engenharia Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Londrina, PR, Brasil
mhanami@utfpr.edu.br

TRAVESSINI, Rosana

Aluna do Curso de Engenharia de Produção Agroindustrial
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Medianeira, PR, Brasil
rosana_travessini@yahoo.com.br

RESUMO

A agroindústria produz ao longo de sua cadeia uma grande quantidade de resíduos, o que gera perda de divisas, além de inúmeros problemas ambientais. No Brasil há um enorme potencial para ser trabalhado. As reservas do país formam um dos maiores aglomerados de riquezas ambientais do planeta. Um dos recursos renováveis, que têm suscitado grande interesse da comunidade científica, é a Biomassa, que se define como toda a matéria orgânica susceptível de ser transformada em energia (bioenergia). Uma alternativa de aproveitamento do resíduo gerado é a compactação da parcela ligno-celulósicos, como pó de serra, maravalhas, casca de arroz, palha de milho, sabugo, bagaço de cana, etc, gerando o aproveitamento dos resíduos como matéria-prima para substituir a lenha por um produto equivalente. A briquetagem é uma das alternativas tecnológicas para o melhor aproveitamento dos resíduos de biomassa, consistindo num processo de trituração e compactação que utiliza elevadas pressões para transformar os referidos resíduos em blocos denominados de briquetes, os quais possuem melhor potencial de geração de calor (energia) em relação aos resíduos in natura. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar as principais propriedades físicas, (como a resistência à compressão, ao impacto, à abrasão, à penetração de água e a temperatura de choque) em briquetes produzidos a partir de resíduos da agroindústria regional e a influência de tais propriedades no poder calorífico para diferentes tipos de resíduos.

ABSTRACT

The agricultural industry produces over his chain a lot of waste, which causes loss of foreign exchange as well as numerous environmental problems. In Brazil there is a huge potential to be worked. The country's reserves form one of the major clusters of environmental assets on the planet. One of the renewable resources, which have attracted great interest from the scientific community is the biomass, which is defined as all organic matter that can be converted into energy (bioenergy). An alternative use of waste is generated in the compression portion of the ligno-cellulose materials such as sawdust, wood shavings, rice hulls, straw, maize cobs, bagasse, etc., resulting in the recovery of waste as raw material to replace wood with an equivalent product. The briquette technology is an alternative to the better utilization of biomass waste, consisting of a grinding process and compression using high pressures to transform the waste into blocks called briquettes, which have better potential for heat generation (energy) in relation to waste in nature. In this context, this study aims to assess the main physical properties (such as compressive strength, impact, abrasion, penetration of water and temperature shock) on briquettes made from waste agricultural industry and the influence of regional such properties in the calorific value for different types of waste.

Key words: agro-industrial waste, recycling, briquetting.

INTRODUÇÃO

A agroindústria produz ao longo de sua cadeia uma grande quantidade de resíduos, o que gera perda de divisas, além de inúmeros problemas ambientais.

No Brasil há um enorme potencial para ser trabalhado. As reservas do país formam um dos maiores aglomerados de riquezas ambientais do planeta. Um dos recursos renováveis, que têm suscitado grande interesse da comunidade científica, é a Biomassa, que se define como toda a matéria orgânica susceptível de ser transformada em energia (bioenergia). A biomassa constitui uma alternativa economicamente viável aos projetos tradicionais. (BEZZON & IVENGO, 1999).

O grande potencial de biomassa existente no país, especialmente no resíduo gerado é a compactação da parcela ligno-celulósicos, como pó de serra, maravalhas, casca de arroz, palha de milho, sabugo, bagaço de cana, etc, gerando o aproveitamento dos resíduos como matéria-prima para substituir a lenha por um produto equivalente.

A briquetagem é uma das alternativas tecnológicas para o melhor aproveitamento dos resíduos de biomassa, consistindo num processo de trituração e compactação que utiliza elevadas pressões para transformar os referidos resíduos em blocos denominados de briquetes, os quais possuem melhor potencial de geração de calor (energia) em relação aos resíduos in natura. Segundo QUIRINO (1991), a briquetagem é uma forma bastante eficiente para concentrar a energia disponível da biomassa. Cada 1,00 m³ de briquetes contém pelo menos 5 vezes mais energia que 1,00 m³ de resíduos, levando-se em consideração a densidade a granel e o poder calorífico médio desses materiais. Devido à dimensão e às grandes distâncias internas do país, o aspecto concentração energética assume também grande importância.

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar as principais propriedades físicas, (como a resistência à compressão, ao impacto, à abrasão, à penetração de água e a temperatura de choque) em briquetes produzidos a partir de resíduos da agroindústria regional e a influência de tais propriedades no poder calorífico para diferentes tipos de resíduos.

MATERIAL E MÉTODO

A pesquisa acontece em quatro etapas distintas: preparação, mistura, compactação e ensaio. A etapa de preparação já está acontecendo e consiste na determinação das características de compactação do material a ser briquetado e do tipo de equipamento que deve ser utilizado, para facilitar a adesão das partículas finas. A determinação das propriedades do material permite conhecer não só o valor máximo da pressão a ser aplicada, como também a taxa de compactação requerida pelo material. (CARVALHO, 2004).

Os resíduos devem apresentar um grau de umidade entre 8% e 16%, o excesso de umidade ou a falta produzem um briquete que não tem estabilidade, desfazendo-se quando estocado ou transportado. Para tanto foram coletadas amostras de resíduos da agroindústria: resíduo de feijão, de soja, de milho classificação 3, 4 e 10, soja e milho decomposto, pó de milho, soja tipo venda, milho para ração, feijão e casca soja.

No laboratório de química ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, foram realizadas as primeiras análises de teor de umidade, granulometria e densidade nas amostras coletadas.

As amostras foram enumeradas de 1 a 12, colocadas em recipientes cilíndricos cujas as dimensões são: diâmetro de 59,1 mm e altura de 43,6 mm e pesadas. Os recipientes com as amostras foram levadas a estufa com temperatura de 105 °C por 24 horas. A partir destas informações foram calculados:

1) A quantidade de água em cada amostra a partir da determinação da massa úmida utilizando a equação:

$$\mu = \frac{P_u - P_s}{P_s} \quad \text{Eq. 01}$$

Em que:

μ = Massa úmida (g);

P_u = Peso (g) úmido da amostra

P_s = Peso (g) seco da amostra.

2) A densidade da amostra através das equações:

$$V_t = \frac{\pi d^2 h}{4}$$

Eq. 02

Em que:

V_t = volume total do cilindro (cm^3)

D^2 = diâmetro dos cilindros ao quadrado (cm).

h = altura dos cilindros (cm).

$$d = \frac{ms}{V_t}$$

Eq. 03

Em que:

d = Densidade das amostras pelo volume (g/cm^3).

ms = Massa ou peso seco das amostras sem tara (g)

V_t = Volume total do cilindro (cm^3)



01 a



01b



01c

Figuras 01a, 01b, 01c – Prensa hidráulica utilizada para a confecção dos briquetes. Resistência envolvendo o cilindro utilizado para modelar os briquetes. Briquete confeccionado a partir da combinação de resíduos de soja e serragem de madeira.

Substituindo-se a equação 02 na equação 03 tem-se:

$$d = \frac{4ms}{\pi d^2 h}$$

Eq. 04

Em que

d = Densidade das amostras pelo volume (g/cm^3).

h = altura dos cilindros (cm).

ms = Massa ou peso seco das amostras sem tara (g)

Segundo CARVALHO (2004), a densidade é um dos parâmetros mais importantes para avaliar a qualidade do briquete. Um valor adequado para a densidade do resíduo antes da compactação, demonstra que de pressão.

Na sequência, a confecção dos briquetes com resíduo de soja foi realizada no laboratório de Eletromecânica da UTFPR campus de Medianeira. Foi utilizada uma prensa hidráulica com capacidade para pressão até 10 toneladas e uma resistência elétrica 220 V confeccionada sob medida para aquecer o cilindro utilizado para modelar o briquete. A temperatura do ensaio

foi controlada através de um termostato permitindo a variação entre 0 a 120° C, instalado junto à resistência. A composição dos briquetes ensaiados foi de 50% resíduo de soja, 50% resíduo de madeira tipo serragem. Foram confeccionados 50 briquetes para possibilitar 08 repetições de cada ensaio.

Os briquetes foram medidos e pesados em balança de precisão semi analítica e levados a estufa com temperatura de aproximadamente 103 ± 2 °C, durante 24 horas com 08 repetições. Após retirados da estufa e esfriados no dessecador, foram pesados novamente, o teor de umidade foi determinado a partir da equação:

$$TU = \frac{P_{mu} - P_{ms}}{P_{ms}} * 100 \quad (1)$$

Em que:

TU = Teor de umidade da amostra, em %

P_{mu} = Massa da amostra úmida, em g

P_{ms} = Massa da amostra seca, em g

Conforme a NBR 7993:1983.

Quadro 01 - Resultados de peso seco e úmido, da % de umidade e da densidade em base seca das amostras.

Material	Número amostra	Peso úmido(g)	Peso seco(g)	% Umidade	Densidade base seca g/cm ³
Resíduo de Feijão	1	30,24	25,96	16,49	0,22
Resíduo de Soja	2	18,35	16,44	11,62	0,14
Milho 3	3	22,21	19,18	15,80	0,16
Milho 4	4	44,92	39,14	14,77	0,33
Soja decomposta.	5	19,46	13,31	46,21	0,11
Pó milho	6	59,07	51,88	13,86	0,43
Soja (venda)	7	10,9	9,55	14,14	0,08
Milho para ração	8	40,72	36,31	12,15	0,30
Feijão	9	8,21	7,12	15,31	0,06
Milho 10	10	10,31	9,07	13,67	0,08
Milho decomposto.	11	13,98	11,9	17,48	0,10
Casca soja	12	21,45	18,35	16,89	0,15

Na seqüência foi determinada a porcentagem de matérias voláteis através da perda de massa a 950 ± 10 °C em mufla pré-aquecida, conforme a metodologia expressa na norma ABNT NBR 8112. As amostras foram retiradas da mufla, e colocadas no dessecador para esfriamento. Em seguida foi feita a pesagem com a mesma precisão. O teor de material volátil é obtido a partir da equação:

$$TMV = \frac{Pms - Pmv}{Pms} * 100 \quad (2)$$

Em que:

TMV = Teor de matérias voláteis (%)

Pms = Massa da amostra seca (g)

Pmv = Massa da amostra após exposição a 950 ± 10 °C (g)

Para a determinação do teor de cinzas, as amostras foram levadas à mufla previamente aquecida a 950 ± 10 C, por um período de 6 horas até completa calcinação, com 8 repetições, como os demais ensaios. Na seqüência, foi esfriada no dessecador e pesada com a mesma precisão. O teor de cinzas é obtido a partir da equação:

$$TCZ = \frac{Pc}{Pms} * 100 \quad (3)$$

Em que:

TCZ = Teor de cinzas (%)

Pc = Massa do resíduo obtido por calcinação (g)

Pms = Massa da amostra seca (g)

Quadro 02 – Resultados médios dos ensaios de TU, TC, TMV, TCF, P e PCS

Caracterização do resíduo	
Teor médio de umidade [%]	8,56
Teor médio de cinzas [%]	2,39
Teor médio de materiais voláteis [%]	82,92
Teor médio de carbono fixo [%]	19,76
Porosidade [%]	26,32
Poder calorífico superior [Kcal/Kg]	5,75

A determinação do teor de carbono fixo é uma medida indireta e foi obtida a partir da equação:

$$TCF = 100 - (TMV + TCZ) \quad (4)$$

Em que:

TCF = Teor de carbono fixo (%)

TMV = Teor de matérias voláteis (%)

TCZ = Teor de cinzas (%)

A densidade relativa aparente foi obtida utilizando-se o método da balança hidrostática, proposta pela Associação Brasileira de Celulose e Papel (M14-74), e aferida pelo métodos clássicos para determinação de densidade. A densidade verdadeira pelo método do picnômetro, e a porosidade foi obtida pela equação:

$$P = (1 - (DA/DV) \times 100) \quad (5)$$

Em que:

P = porosidade (%)

DA = densidade relativa aparente ($g \cdot cm^{-1}$)

DV = densidade relativa verdadeira ($g \cdot cm^{-1}$)

Por fim, avaliou-se o poder calorífico superior que foi determinado através de um calorímetro isotérmico, conforme a metodologia prescrita na norma ABNT NBR 8633:1984, para carvão vegetal, adaptado conforme Morais 2007.

RESULTADOS PARCIAIS

A quadro 01 apresenta os teores de umidade e granulometria encontrados foram satisfatórios praticamente em todas as amostras, corroborando com o trabalho de QUIRINO (1987), que comparou os processos de fabricação de briquetes com o à exigência de umidade do resíduo, em função do consumo de energia na secagem. As extrusoras de rosca a de pistão mecânico trabalham com material a 10-12% de umidade. As de pistão hidráulico aceitam material com 18-20% de conteúdo de umidade. As pelletizadoras trabalham com resíduos com até 20% de conteúdo de umidade, usando pressões de 80 a 320 kg/cm^2 . O que indica que, com exceção da amostra de soja em decomposição, todos os resultados dos ensaios de umidade atendem as exigências das diferentes tipos de equipamentos de briquetagem existentes.

Na quadro 01 estão representados os resultados de peso seco e úmido, da % de umidade e da densidade em base seca das amostras.

Segundo CARVALHO (2004), a densidade é um dos parâmetros mais importantes para avaliar a qualidade do briquete. Como a vazão ou produção pode ser obtida pela relação entre a densidade do resíduo e as dimensões do tablete e dos discos do equipamento de briquetagem, os resultados da densidade da amostra do resíduo são de suma importância para definir os parâmetros físicos de qualidade do briquete.

A quadro 02 apresenta os resultados médios das 08 repetições feitas para cada ensaio para briquetes confeccionados com resíduos de soja. No que diz respeito ao teor de umidade, é possível observar que os valores obtidos apresentaram-se na faixa da umidade ideal apontada pela norma austríaca ONORM M 7135:2000, que é entre 8 e 12%. O teor de umidade é uma das propriedades mais importantes dos combustíveis de biomassa, sendo que quanto maior for esta característica, menor é a quantidade de calor líquido liberado na sua combustão, pois parte da sua energia é empregada para aquecer e vaporizar a água.

O expressivo teor de cinza dos resíduos agrícolas é esperado, e em parte, deve-se ao alto teor de sílica presente nesses substratos. Embora os briquetes tenham sido produzidos com 50% de serragem de madeira, e 50% de resíduo do pré-processamento de soja, acabou originando elevados valores do teor de cinzas em função da expressiva quantidade de sílica do resíduo de soja. Comparando os teores de cinzas com o limite prescrito na norma ONORM M 7135:2000, que é de 0,5%, observa-se que eles estão acima do valor preconizado. A porcentagem de matérias voláteis do resíduo de soja está no intervalo entre 76 e 86% (base seca), estabelecido para biomassa vegetal, conforme Obernberger; Thek (2004), o que resulta em maior emissão de gases na combustão. Em função do teor de matérias voláteis, há eliminação de gases, na forma de chama, fazendo com que o calor se difunda em um espaço amplo da região de queima e não permita a obtenção de altas temperaturas em pontos específicos. Por isso, combustíveis com altos teores de matérias voláteis são queimados mais rapidamente (Vale 2000).

Pode-se observar que o teor de carbono fixo apresentou-se com um valor relativamente baixo, combustíveis com alto teor de carbono fixo tem queima mais lenta e portanto, maior tempo de queima na sua

combustão. A baixa porosidade indica que, que apesar da confecção dos briquetes terem sido artesanal, a compressão do resíduo foi satisfatória, demonstrando uma boa relação entre o volume de resíduo e a massa da amostra. O alto poder calorífico apresentado nas repetições do ensaio, pode ser avaliado em função da confecção dos briquetes, com combinação de resíduos lignocelulósicos e serragem de madeira e indica um excelente desempenho qualitativo do briquete na geração de calor.

CONCLUSÕES

A confecção de briquetes a partir de matérias primas lignocelulósicas é uma alternativa energética extremamente viável para a região da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná III, esta conversão contribui para reduzir os impactos ambientais originados pelo consumo da lenha escassa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES JUNIOR, F. T. & SANTOS, G. A. (2002) - **Potencial de geração de biomassa para briquetagem e o perfil do mercado consumidor deste insumo na região do Cariri-CE**. In: II Congresso Ibero-Americano de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Florestais & I Seminário em Tecnologia da Madeiras e Produtos Florestais Não-Madeiráveis, FUPPEF, Curitiba.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7993: Madeira - **Determinação da umidade por secagem em estufa reduzida a serragem**. Rio de Janeiro, 1983. 2 p. NBR 8112: Carvão vegetal - Análise imediata. Rio de Janeiro, 1986. 5 p. NBR 8633: Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1984. 13 p.

BEZZON, G. & IVENGO, C. A. - **Carvão vegetal derivado de resíduos agroflorestais: uma alternativa energética. Grupo combustíveis alternativos**, São Paulo. 1991.

CARVALHO, E. A., **Briquetagem - Capítulo 15. CT2004-190-00 Comunicação Técnica elaborada para a 4ª Edição do Livro de Tratamento de Minérios** Pág. 613 a 636. , 2004

QUIRINO, W.F. & DIAS, H. A. **Teste de acendimento de briquetes de carvão vegetal para uso doméstico**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 5, Rio de Janeiro, 1986.

QUIRINO, W. F. - **Características de briquetes de carvão vegetal a seu comportamento na combustão. Piracicaba, janeiro, 1991**. 80 páginas (Dissertação de Mestrado apresentada à ESALQ/LISP para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais).

MORAIS, D. M. **Briquetes de resíduos ligno-celulósicos como potencial energético para a queima de blocos cerâmicos: aplicação em uma indústria de cerâmica vermelha que abastece o distrito federal**, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL, Brasília, 2007.

OBERNBERGER, I.; THEK, G. **Physical characterisation and chemical composition of densified biomassa fuels with regard to their combustion behaviour**. BIOMASS AND BIOENERGY, V. 27, p. 653-669, 2004.

ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT. ÖNORM M 7135: **Compressed wood or compressed bark in natural state - pellets and briquettes, requirements and test specifications**. Vienna, Austria, 2000.

VALE, A. T.; BARROSO, R. A.; QUIRINO W. F. **Caracterização da biomassa e do carvão vegetal do coco-da-baía (cocos nucifera.) para uso energético** BIOMASSA & ENERGIA, V. 1, n. 4, p. 365-370, 2004.

Este artigo foi

- recebido em 01.08.2009

- aceito em 14.02.2010