



ANÁLISE ENERGÉTICA DE BRIQUETES DE RESÍDUOS DE *Eucalyptus* spp., *Dipterix alata*, *Caryocar brasiliense* E *Musa* spp.

Ailton Teixeira do Vale¹, Kleber Bustamante², Myla Medeiros Fortes², Mirella Basileu de Oliveira Lima² Maiara Neri Josino²

¹Professor doutor do Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Brasília. Brasília, Distrito Federal, Brasil. Email: ailton.vale@gmail.com

²Mestrando em Ciências Florestais. Universidade de Brasília. Brasília, Distrito Federal, Brasil.

Recebido em: 08/04/2017 – Aprovado em: 10/06/2017 – Publicado em: 20/06/2017
DOI: 10.18677/EnciBio_2017A10

RESUMO

Na análise do potencial energético de um resíduo, além da qualidade do mesmo, a quantidade também deve ser observada. Às vezes têm-se diferentes resíduos que, isolados, não atendem a uma das premissas ou ambas. Nesse caso, é necessário o estudo do potencial energético de misturas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial energético de misturas de serragem de madeira de eucalipto com resíduos agrícolas e dos briquetes produzidos a partir dessas misturas. Para produzir os briquetes, foi utilizada uma briquetadora de laboratório com temperatura de 120 °C, pressão efetiva no briquete de 100 BAR por um tempo de 5 minutos e resfriados por 10 minutos. Os briquetes provenientes da mistura de casca de baru + eucalipto mostraram-se mais promissores, pois, mesmo com maior umidade e menor densidade, apresentaram maior poder calorífico inferior, o que propiciou uma das maiores densidades energéticas.

PALAVRAS-CHAVE: adensamento, caracterização, energia, resíduo.

ENERGY ANALYSIS OF BRIQUETTES OF *Eucalyptus* spp., *Dipterix alata*, *Caryocar brasiliense* and *Musa* spp. RESIDUES

ABSTRACT

In an analysis of the potential energy of residues, beside the quality of it, the amount of residue should also be observed. Sometimes, there are different types of residue, that isolated, do not meet one of the premises or both. In this case, it is necessary to study the potential energy of the mixture. The aim of this study was to evaluate the potential energy of the mix of sawdust of eucalyptus wood and agricultural residue and of the briquettes produced from this mixture. To produce the briquettes, it was used a briquetting machine with a temperature of 120 °C, the effective pressure on the briquette was 100 BAR for a period of 5 minutes and then it was cooled down for 10 minutes. The briquettes from the mixture of eucalyptus and *Dipterix alata* husk appeared to be promising, because even with highest humidity and lowest density they presented highest calorific value and resulted in one of the largest energy densities.

KEYWORDS: residue, densification, characterization, energy.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior produção agrícola e, conseqüentemente, elevada produção de resíduos (DIAS et al., 2012). Na safra de 2014 a produção agrícola do Brasil quase que dobrou comparado com 1990, e com isso uma elevada produção de resíduos (OECD/FAO, 2015). Dentre as culturas agrícolas brasileiras, a cultura da banana é uma das mais representativas juntamente com a laranja, as quais correspondem a quase 60 % do volume total de frutas produzidas pelo Brasil (Oliveira et al., 2014), colheita que excede 40 milhões de toneladas anuais (Anuário Brasileiro de fruticultura, 2013). Gerando quatro toneladas de resíduos orgânicos provenientes de uma tonelada de banana (BRÍGIDA, 2013). Quanto aos resíduos de madeira, este merece destaque especial pelo volume gerado na indústria de beneficiamento e no pós-consumo de produtos de base florestal e moveleiro (BRASIL/MMA, 2011).

O extrativismo do baru (*Dipteryx alata* Vog.) é comum entre os pequenos produtores rurais da região Centro-Oeste e, com o apoio de organizações não governamentais, têm sido desenvolvidos projetos de comercialização da amêndoa. Com isso, há geração de quantidades significativas de resíduos na forma de casca, que é descartada no meio ambiente (VALE & OLSEN, 2013). O pequi é um produto do extrativismo em várias regiões do país, principalmente no Centro-Oeste, cuja casca representa maior proporção do fruto que possui 76% pericarpo, 21,6% pirênio, 1,9% poupa e 0,46% amêndoa (SOARES JUNIOR et al., 2010).

A utilização do resíduo agroflorestal contribui para a redução dos níveis de poluição, mas poucos estudos foram feitos para caracterizar e quantificar esses resíduos, ao contrário de outros insumos energéticos, onde se quantificam recursos e reservas (petróleo, carvão mineral, gás natural) ou produção anual (cana-de-açúcar, culturas alimentícias)

O Brasil é sem dúvida um país com grande vocação agrícola, nesse sentido produz grandes quantidades de resíduos vegetais para diversos usos (MATINS, 2013; TAVARES & SANTOS, 2013; GARCIA et al., 2016.). Porém, esses resíduos possuem grande variedade de formas, densidades, granulometrias e umidades, ou seja, considerável heterogeneidade. Em função da heterogeneidade desses resíduos, o rendimento térmico é baixo (LOMBARDI et al., 2015). Com baixa densidade, a utilização dos resíduos agroflorestais pode ser otimizada com a briquetagem, que é um processo que dispensa aglutinante. Pois, uma vez compactado utilizando a prensagem, gera calor suficiente para provocar a “liquefação” da lignina que atua como agente aglutinante.

Aliada a maior produção de resíduos, seja florestal ou agrícola, deve haver avanços na tecnologia de transformação desse resíduo em um produto comercializável, como é o briquete ou o pellet, e também avanços na qualidade do produto final para atender as exigências do mercado. Dessa forma, nas pesquisas têm que ser investigadas todas as possibilidades, como é o caso das misturas de resíduos, com o objetivo de produzir briquetes de melhores qualidades.

Diante do exposto o presente trabalho teve como objetivo avaliar as diferentes respostas de briquetagem para as diferentes misturas e caracterizar a biomassa *in natura* e o briquete produzido, comparando-os a partir da densidade energética.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e Preparo dos Resíduos

Os resíduos vegetais: casca de banana (*Musa spp.*), casca de barú (*Dipterix alata*) e casca pequi (*Caryocar brasiliense*), foram coletados no Distrito Federal junto aos produtores rurais e o *Eucalyptus spp.* na Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (15°57'S e 47°56'W). Todo o material foi armazenado no Laboratório de Propriedades Energéticas da Fazenda Água Limpa (FAL) para secagem natural.

Os resíduos foram previamente limpos com o auxílio de um compressor e os briquetes produzidos foram triturados em moinho de facas de laboratório da marca Marconi, modelo MA680, na FAL. Foram produzidos um kg do material classificado, sendo 80% para a confecção dos briquetes e 20% para as análises do resíduo. Ambos foram armazenados em sacos plásticos e identificados. A amostra utilizada na caracterização dos resíduos foi classificada em uma peneira com duas granulometrias, entre 45 e 60 *mesh* e abaixo de 60 *mesh*.

Produção dos Briquetes

Na fabricação dos briquetes, foram considerados três tratamentos: mistura 1 (casca de banana + eucalipto), mistura 2 (casca de barú + eucalipto) e mistura 3 (casca de pequi + eucalipto), na proporção 1:1; e quatro repetições (briquetes), perfazendo um total de doze briquetes. A produção dos briquetes foi realizada no Laboratório de Produtos Florestais – LPF do Serviço Florestal Brasileiro – SFB em uma briquetadora da marca Lippel modelo LB32.

Cada briquete foi produzido a partir de uma mistura de 20 g de resíduo com 20 g de serragem de *Eucalyptus sp.*, totalizando 40 g. A pressão utilizada foi de 100 BAR, com temperatura de 120 °C e tempo de cinco minutos. O briquete confeccionado foi resfriado por 10 minutos com auxílio de uma da ventoinha acoplada à briquetadora.

Caracterização dos Resíduos e dos Briquetes

Para caracterização dos briquetes quanto aos teores de voláteis, cinzas e carbono fixo, foi feita uma análise imediata com base na norma NBR 8112 de outubro de 1986, determinando-se os teores de umidade, de materiais voláteis, de cinza e, por diferença, de carbono fixo.

Para determinação da densidade dos briquetes, foram obtidas : a massa e as dimensões para determinação do volume com auxílio de um paquímetro analógico. Utilizou-se a equação 1 para o cálculo da densidade, a uma dada umidade, com base na norma NBR 7190/1997 (ABNT, 1997).

$$\rho = \frac{m}{v}$$

(Equação 1)

Em que:

ρ = Densidade do briquete, (g.cm⁻³);

m = massa do briquete a uma dada umidade (g);

v = Volume do briquete (cm³).

O poder calorífico superior foi determinado em duplicata, a partir de amostras de 0,7 ± 0,0020 g da mistura pesadas em balança analítica de precisão de 0,1 mg, seguindo a norma NBR 8633/1984 e utilizando calorímetro da marca PARR, modelo 1261.

O poder calorífico inferior a 0% de umidade foi calculado pela equação 2.

$$PCI = PCS - 600 \left(\frac{9h}{100} \right) \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

h = Teor de hidrogênio em base seca, considerado igual a 6%;

PCI = Poder Calorífico Inferior a 0% de umidade (kcal.kg⁻¹);

PCS = Poder Calorífico Superior (kcal.kg⁻¹).

O poder calorífico útil (PCU) foi calculado pela equação 3.

$$PCU = PCI (1-U) - 600 U \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

PCU = Poder calorífico útil (kcal.kg⁻¹);

PCI = Poder calorífico inferior (kcal.kg⁻¹);

U = Umidade em base úmida (%).

A densidade energética é uma variável de suma importância na avaliação da qualidade energética de um resíduo, já que essa traduz de forma simples e direta as interações que ocorrem entre as características físicas e químicas da biomassa (VALE et al., 2017). O cálculo foi feito pela equação 4.

$$De = PCU * \rho U \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

De – densidade energética (kcal.m⁻³);

ρU – densidade do briquete na umidade “U” (kg.m⁻³).

Foi realizada a análise estatística com base no programa Genes, tendo sido feita análise de variância ao nível de 1% de probabilidade, cuja hipótese nula é de que não há diferença significativa entre os dados e teste de comparação de médias (Tukey).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os briquetes, provenientes da mistura de casca de pequi + eucalipto deformaram após exposição à temperatura ambiente, apresentando uma fina camada ao seu redor (capa) que se desprendia do centro com rachaduras. Provavelmente as condições de briquetagem (tempo de prensagem, temperatura de prensagem e pressão) não são adequadas para esse tipo de resíduo.

Análise imediata

Os valores médios das variáveis estudadas foram semelhantes quando comparadas as misturas e os briquetes, como pode ser observado pela Tabela 1, onde estão apresentados os valores da análise imediata e o poder calorífico das misturas de resíduos + eucalipto, na condição *in natura* e dos briquetes produzidos, enquanto na Tabela 2 estão os valores de “F” da análise de variância para o teor de umidade (U), material volátil (MV), cinzas (Cz) e carbono fido (CF) da mistura *in natura* e dos briquetes produzidos.

TABELA 1. Valores médios de teor de umidade, material volátil, cinzas e carbono fido das misturas de resíduos com serragem na condição (*in natura*) e dos briquetes manufacturados.

Mistura	Umidade (%)		Material volátil (%)		Cinzas (%)		Carbono fido (%)	
	Mistura	Briquete*	Mistura	Briquete	Mistura	Briquete	Mistura	Briquete
Baru + eucalipto	13,74 (1,48)	13,54 (1,05)	74,88 (0,47)	76,91 (0,67)	2,12 (4,74)	2,07 (7,43)	23,00 (1,80)	21,02 (1,79)
Pequi + eucalipto	11,33 (1,78)	12,72 (0,85)	76,09 (0,53)	77,41 (0,85)	2,15 (1,86)	2,12 (7,23)	21,76 (1,90)	20,47 (3,02)
Banana+ eucalipto	12,77 (1,13)	13,17 (3,60)	71,19 (0,62)	70,60 (0,78)	2,03 (4,62)	2,12 (8,05)	26,79 (1,35)	27,28 (1,95)

Em que: Valores percentuais entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação entre repetições; e * = Obtido após um tempo de armazenamento.

TABELA 2. Valores de “F” a 5% de probabilidade para teor de umidade, material volátil, cinzas e carbono fido das misturas de resíduos com serragem na condição *in natura* e dos briquetes manufacturados.

FV	GL		Umidade (%)		Material volátil (%)		Cinzas (%)		Carbono fido (%)	
	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B
Tratamento	2	2								
Resíduo	6	9	126,65*	7,95*	122,84*	172,48*	1,96 ^{ns}	0,15 ^{ns}	130,91*	213,20*
Total	8	11								

Em que: * = significativo ao nível de 5% de probabilidade, M – mistura, B – briquete; e ^{ns} = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O controle do teor de umidade da biomassa na compactação é um fator muito importante, uma vez que influenciará a qualidade do briquete. Segundo DIAS et al. (2012), a gelatinização do amido, a fragmentação de proteínas ou a solubilização de fibras na briquetagem é facilitada pela água presente na biomassa a ser compactada, no entanto, valores acima de 15% podem provocar a quebra do briquete ou a degradação biológica no transporte ou armazenamento. Ademais, QUIRINO (2000) recomenda umidade entre 8% e 12%.

O teor de umidade da biomassa tem influência na umidade do briquete e, dessa forma, no índice de queima do mesmo. Gonçalves et al. (2009) sugerem um teor de umidade entre 15 e 20%, uma vez que valores elevados reduzem a quantidade de calor, a temperatura da câmara de queima e a temperatura dos gases

de escape. GENTIL et al. (2013), estudando a produção de briquetes de uma fábrica em Goiás, encontraram teores de umidades variando entre 8% e 10%.

Tanto para a mistura na condição *in natura* quanto para os briquetes originários destas misturas houve diferença significativa do teor de umidade ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 2). O teste de Tukey (Tabela 3) mostrou que o teor de umidade do briquete de baru + eucalipto é significativamente maior do que o briquete de pequi + eucalipto.

TABELA 3. Teste de média (Tukey) para os teores de umidade, material volátil e carbono fixo das misturas de resíduos com serragem na condição “*in natura*” e dos briquetes manufaturados.

	Umidade (%)		Material volátil (%)		Carbono fixo (%)							
	Mistura	Briquete	Mistura	Briquete	Mistura	Briquete						
MBAE	13,74	a	13,54	a	74,88	b	76,91	A	21,02	b	21,02	b
MBNE	12,77	b	13,17	ab	71,19	c	70,6	B	27,28	ab	27,28	a
MPE	11,33	c	12,72	b	76,09	a	77,41	A	20,47	b	20,47	b

Em que: Misturas e/ou briquetes de serragem de eucalipto com baru (MBAE), com banana (MBNE) e com pequi (MPE)

TABARES & SANTOS (2013) encontraram na faixa de 68% a 94% para o teor de material volátil para biomassa. Em geral, o teor de material volátil para biomassa se encaixa nessa faixa percentual, no entanto, para algumas biomassas têm sido encontrados valores fora dessa faixa, como aqueles encontrados por SILVA (2007) para pé de milho (72,14%) e por VALE et al. (2017) para sabugo de milho (72,59%), casca de mandioca (73,34%), casca de maracujá (72,65%) e casca de coco (71,56%). O fato das misturas estudadas apresentarem valores de material volátil fora da faixa (serragem + baru - 74,52% e serragem + banana - 70,70%) ou, dentro da faixa, mas baixos (serragem + pequi - 75,67%) pode ser explicado pela presença dos resíduos agrícolas. Os teores de material volátil de briquetes de serragem de madeira encontrados por SILVA (2007) ficaram em 78,66 e 77,60%.

Tanto para a mistura *in natura* quanto para os briquetes, o teor de material volátil variou significativamente ao nível de 5% de probabilidade. A mistura de baru + eucalipto apresentou valor de material volátil significativamente maior que a mistura de banana + eucalipto. A presença da casca de baru potencializa o teor de material volátil, devido ao elevado teor de extrativos que possui.

A cinza é composta por materiais inorgânicos que não se queimam e, portanto, não liberam energia na forma de calor, apresentando uma relação inversa com o poder calorífico. Os teores de cinzas das misturas estão acima dos valores encontrados para o gênero *Eucalyptus*, que se situa em torno de 1% (SILVA, 2007). Isso se deve aos resíduos agrícolas que apresentam maiores teores de cinzas. SOARES et al., (2015) encontraram valores que variam entre 5,15% a 5,96% para resíduos de borra de café e serragem. Esses elevados teores de cinzas estão relacionados com determinados elementos químicos inorgânicos presente no vegetal que permanecem após a combustão da matéria orgânica. VALVE et al. (2012) encontraram para casca de laranja, de mandioca, de maracujá, de coco e

sabugo de milho valores de 4,53%, 7,51%, 9,06%, 4,71% e 8,78%, respectivamente. OLIVEIRA et al. (2008) encontraram para casca de pequi teores de cinzas em torno de 4%. Esses elevados teores de cinzas estão relacionados com determinados elementos químicos inorgânicos presente no vegetal que permanecem após a combustão da matéria orgânica. ABECITRUS (2003), citado por SANTOS & MORAIS (2015), afirma que a casca de laranja é rica em ferro, zinco, cobre, potássio, cálcio, fósforo, sódio e magnésio e, por isso, possui elevado teor de cinzas.

Os teores de cinzas dos briquetes não diferiram significativamente ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 2) e ficaram acima de 2%, em função da presença de resíduo agrícola. Segundo GENTIL et al. (2013), trabalhando com briquetes de serragem de *Pinus caribaea* fabricados por uma empresa de Goiás, o teor de cinza encontrado foi de 1,2%. Maiores teores de carbono fixo são desejáveis na biomassa, pois aumenta o tempo de residência dessa nos aparelhos de queima. O teor de carbono fixo é determinado por diferença em relação aos teores de material volátil e cinzas, tendo uma relação inversa com esses. Esse comportamento pode ser observado neste trabalho, com a mistura baru + eucalipto apresentando o menor teor de carbono fixo, ao contrário da mistura banana + eucalipto, que apresentou maior valor. PROTÁSSIO et Al., (2012) encontraram 24% de carbono fixo em briquetes de resíduos do processamento de grãos de café. VALE et al., (2017) encontraram variação de carbono fixo de 18,29 (casca de maracujá) a 23,72% (casca de coco), enquanto SILVA (2007) encontrou, para madeira, um teor de carbono fixo 20,01%.

Há diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade para teor de carbono fixo, tanto para as misturas *in natura*, quanto para os briquetes fabricados. O teste de Tukey, tanto para as misturas quanto para os briquetes, mostra que banana + eucalipto apresenta teores de carbono fixos significativamente maiores que baru + eucalipto e pequi + eucalipto, o que pode ser explicado pela relação inversa entre o teor de carbono fixo e o teor de material volátil.

Densidade energética dos briquetes

Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios de densidade aparente, poderes caloríficos e densidade energética dos briquetes com seus respectivos coeficientes de variação. Na Tabela 5, para as mesmas variáveis estão os valores de "F" da análise de variância e na Tabela 6 são apresentados os testes de médias.

TABELA 4. Valores médios de Densidade aparente (Da), Poder Calorífico Superior (PCS) e Útil (PCU) e Densidade Energética (De) para Briquetes de Casca de Baru + Eucalipto (MBAE), Casca de Pequi + Eucalipto (MPE) E Casca de Bana + Eucalipto (MBNE).

Briquetes	Densidade aparente (kg.m ⁻³)	Poder calorífico (kcal.kg ⁻¹)		Densidade energética (kcal.m ⁻³)
		Superior	Útil	
MBAE	1.255 (0,80)	4.733 (0,55)	3.811 (0,48)	4.783.339 (1,06)
MPE	1.303 (1,31)	4.623 (0,95)	3.746 (1,12)	4.879.068 (0,47)
MBNE	1.300 (0,63)	4.432 (0,54)	3.560 (1,04)	4.627.838 (0,63)

TABELA 5. Valores de “F” para Densidade Aparente (Da), Poder Calorífico Superior (PCS), Poder Calorífico Útil (PCU) e Densidade Energética (De).

FV	GL	Da	PCS	PCU	De
Tratamento	2				
Resíduo	9	18,70*	84,57*	58,80*	48,87*
Total	11				

Obs.: *significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 6. Teste de média (Tukey) para Poder Calorífico Superior (PCS) e útil (PCU), Densidade Aparente (Da) e Densidade Energética (De) dos briquetes.

Briquetes	Poder calorífico (kcal.kg ⁻¹)			Densidade aparente (kg.m ³)	Densidade energética (kcal.m ⁻³)			
	Superior	Útil						
MBAE	4.733	A	3.811	A	1.255	b	4.783.339	b
MPE	4.623	B	3.74	A	1.303	a	4.879.068	a
MBNE	4.432	C	3.56	B	1.300	a	4.627.838	c

A densidade da casca de baru é maior que a densidade da casca de pequi, que por sua vez é maior que a densidade da casca de banana. Esse fato explica pelo aumento da densidade do briquete da mistura casca de banana + eucalipto. Foram briquetadas 40 g de mistura, portanto mesma massa, porém volumes diferentes, sendo maior para casca de banana + eucalipto. Nesse sentido, com a mesma pressão e mesmo tempo de prensagem, o arranjo das partículas promoveu uma diminuição dos espaços vazios entre elas, tornando o briquete mais denso. Ao mesmo tempo em que a casca de banana, com menor densidade, propicia um briquete com maior densidade, seu poder calorífico é o menor e, por isso, a densidade energética é a menor entre as três.

As misturas de casca de baru + eucalipto e casca de pequi + eucalipto apresentaram os maiores valores para o poder calorífico superior (PCS), acima de 4.700 kca.kg⁻¹, enquanto a mistura de banana + eucalipto apresentou valor de 4.442 kca.kg⁻¹. Uma possível explicação para essa diferença pode estar na constituição química da casca de baru e de pequi, que são materiais mais lignificados do que a casca de banana. Trabalhando com sabugo de milho; cascas de coco, maracujá, mandioca e laranja, VALE et al. (2017) encontraram, respectivamente, 3.577 kca.kg⁻¹, 4.201 kca.kg⁻¹, 3.907 kca.kg⁻¹, 3.573 kca.kg⁻¹ e 4.131 kca.kg⁻¹. Em outro estudo o PCS apresentou variando entre 4796,03 kca.kg⁻¹ e 4953,66 kca.kg⁻¹ para briquetes de resíduos de borra de café e serragem (SOARES et. al. 2015). STOLARSKIA et al., (2013) encontraram o valor de 4.333,62 kca.kg⁻¹ de poder calorífico superior para briquetes de serragem de pinus.

Os briquetes provenientes da mistura de casca de casca de baru + eucalipto apresentaram maior valor de densidade energética, seguido por casca de pequi +

eucalipto e casca de banana + eucalipto; diferindo significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade (Tabelas 5 e 6).

CONCLUSÃO

O briquete de casca de pequi + eucalipto apresentou elevada densidade energética, no entanto, mostrou-se friável nas condições do ensaio e necessita, portanto, de novos estudos.

Os briquetes provenientes da mistura de casca de baru + eucalipto mostraram-se mais promissores, pois, apesar de maior umidade e menor densidade, apresentaram maior poder calorífico inferior, o que propiciou maior densidade energética.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao setor de energia do Laboratório de Produtos Florestais na confecção e qualificação dos briquetes.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8112**. Análise imediata. Rio de Janeiro, 1986. 5 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8633**. Determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1984. 13 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7190**. Determinação da densidade, do teor de umidade e da retração. Rio de Janeiro, 1997. 105 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, p. 136, 2013.

BRASIL/MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de resíduos sólidos. Versão preliminar para consulta pública**. 2011. 109 p. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf >.

BRIGIDA, A. I. S. Cadeia de produção integrada é solução para resíduos agroindustriais. **Revista Globo Rural**. 2013. Seção notícias sobre a natureza. Disponível em: < <http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI338908-18095,00-CADEIA+DE+PRODUCAO+INTEGRADA+E+SOLUCAO+PARA+RESIDUOS+AGR OINDUSTRIAIS.html> >. Acesso em: 27 maio 2017.

DIAS, M. C. S.; SOUZA, D. T.; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, J. D. Produção de briquetes e péletes a partir de **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.14 n.25; p.110 2017

resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. 1ª Ed. Brasília: **Embrapa Agroenergia**, Documentos, 13. 2012. 130 p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/952626/producao-de-briquetes-e-peletes-a-partir-de-residuos-agricolas-agroindustriais-e-florestais>>

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J.C.; VENTORIN, G.; VIEIRA, F.H.A.. Trends and challenges of Brazilian pellets industry originated from agroforestry. *Revista Cerne*, v. 22, n. 3, p. 233-240, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010477602016000300233&script=sci_abstract> doi: 01047760201622032115

[GENTIL, L. V. B.](#); [PORTILHO, O.](#); [VALE, A. T. DO](#). Loads, tensions and demanded energy in the briquette manufacture. *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, p. 3115-3121, 2013. Disponível em: <<http://docplayer.net/41269499-Loads-tensions-and-demanded-energy-in-the-briquette-manufacture-brasilia-campus-universitario-darcy-ribeiro-brasilia-brasil.html>> .

GONÇALVES, J. E.; SARTORI, M. P.; LEÃO, A. L. Energia de briquetes produzidos com efeitos de resíduos sólidos urbanos e madeira de *Eucalyptus grandis*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. “On line” Campina Grande, v.13, n.5. 2009. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/71128>> doi: S1415-43662009000500021

LOMBARDI, L.; CARNEVALE, E.; CORTI, A. A review of Technologies and performances of thermal treatment systems for energy recovery from waste. *Waste Management*, v. 37, p. 26-44, 2015. Disponível em: <http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias_eventos/WSP%20Waste%20to%20Energy%20Technical%20Report%20Stage%20Two.pdf> doi: j.wasman.2014.11.010

MATINS, C. H. O. Aproveitamento de madeiras das podas da arborização viária de Maringá/PR. *Revista Verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, v. 8, n. 2. 257-267, 2013. Disponível em: <http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1364>

OECD/FAO (2015), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2015*, OECD Publishing, Paris. doi: [agr_outlook-2015-en](#)

OLIVEIRA, T. A. DE.; LEITE, R. H. L. DE.; AROUCHA, E. M. M. ; FREITAS, T. G. G. DE.; SANTOS, K. G. DOS. Avaliação da qualidade físico-química de polpas de frutas congeladas na cidade de Mossoró-RN. *Revista Verde*, v 9. , n. 2 , p. 248 - 255, 2014. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2780/2275>>

OLIVEIRA, M. E. B.; GUERRA, N.B.; BARROS, L.M.; ALVES, R. E. **Aspectos agrônômicos e de qualidade do pequi**. 1ª. Ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 113. 2008. 32 p. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/pequi2_000g6vgzrwj02wx5ok0wtedt3jlubacj.pdf>

PROTASIO, T. P. De., BUFALINO, L.; MENDES, R. F.; ROBEIRO, M. X. TRUGILHO, P. F.; LEITE, E. R. S. DA. Torrefação e carbonização de briquetes de resíduos do processamento dos grãos de café. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiente**, v. 16, n. 11, p. 1252-1258, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012001100015&lng=en&nrm=iso>. doi:S1415-43662012001100015.

QUIRINO, W. F. **Briquetagem de resíduos ligno-celulósicos**. Laboratório de Produtos Florestais. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro. 2000, 10 p. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/leresiduos3_000g823ugcv02wx5ok0u5nfpm9o181zj.pdf>

SANTOS, C.M.; MORAIS, L.C.DE.; Parâmetros termodinâmicos da casca de laranja desidratada. **Química Nova**, v. 38, n. 4, p. 488-492, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/128413/S0100-40422015000400488.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> doi: 0100-4042.20150026

SILVA, D. A. **Análise laboratorial para avaliação da qualidade de briquetes para fins energéticos para empresa Bripell**. Fupef. Curitiba 2007. 5p. (Relatório Técnico). Disponível em: <http://bripell.com/analises/Analise%20Briquetes_Universidade%20Federal%20do%20Parana%20E1.pdf>

SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELLO, P. Z.; CALIARI, M.; REIS, R.C.; LACERDA, B. C. L. KOAKUZI, S. N. Development and chemical characterization of flour obtained from the external mesocarp of “pequizeiro” fruit Desenvolvimento e caracterização química de farinha obtida do mesocarpo externo do fruto do pequizeiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 949-954, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612010000400017> doi: S0101-20612010000400017

SOARES, L. S. DE.; MORIS, V. A. S. DA.; YAMAJI, F. M.; FAULSTICH, J. M. DE. Utilização de Resíduos de Borra de Café e Serragem na Moldagem de Briquetes e Avaliação de Propriedades. **Matéria (Rio Janeiro)**, v. 20, n. 2, p. 550-560, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762015000200550&lng=en&nrm=iso>. doi:S1517-707620150002.0055

STOLARSKIA, M. J.; SZCZUKWSKIA, S.; TWORKOWSKIA, J.; KRZYZNIAKA, M.; GULCZYŃSKI, P.; MLECZEK, M. Comparison of quality and production cost of briquettes made from agricultural and forest origin biomass. **Renewable Energy**. v. 57, p. 20-26, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811300030X>> doi: j.renene.2013.01.005

TAVARES, S. R. L.; SANTOS, T. E. Uso de diferentes fontes de biomassa vegetal para produção de biocombustíveis sólidos. **Revista Holos: ISSN 1807-1600**, v. 5, p.24. 2013. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/1850/723>>

VALE, A. T.; MIGUEL, E. P.; MOREIRA, A. C. O.; LIMA, C. M.; ORELLANA, B. B.M.A.; FORTES, M. M.; MACHADO, M. P. O.; GONÇALEZ, J. C.; MARTINS, I. S. Artificial neural networks in predicting energy density of *Bambusa vulgaris* in Brazil. **African Journal of Agricultural Research** **JCR**, v. 12, p. 856-862, 2017. doi – 10.5897/AJAR2016-12083.

VALE, A. T. ; OLSEN, L. B. Produção de carvão vegetal de casca de baru (*Dipterix alata*) utilizando células de carbonização. **Revista Floresta**. v. 43, n. 1. p. 117-123, 2013. Disponível em:<<http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/21272>. > doi: rf.v43i1.21272