



Qualidade do carvão vegetal para cocção de alimentos comercializado em Cuiabá - MT

Ana Carolina Silva COSTA^{1*}, Aylson Costa OLIVEIRA¹, Adrieli Jéssila de FREITAS¹,
Camila Sanick LEAL¹, Bárbara Luísa Corradi PEREIRA¹

¹ Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

* E-mail: anakrolcosta@gmail.com

Recebido em março/2017; Aceito em julho/2017.

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade do carvão vegetal, utilizado para cocção de alimentos comercializado na cidade de Cuiabá, Mato Grosso. A seleção das marcas foi aleatória, finalizando ao verificar a repetição em diferentes estabelecimentos. Todos os produtos foram obtidos em embalagens de 3 kg, quantidade suficiente para as análises subsequentes. Foram avaliadas sete marcas de carvão vegetal, das quais foram determinadas as propriedades físicas: classificação granulométrica, densidade a granel, densidade relativa aparente, umidade; e análise imediata e poder calorífico superior e útil. Cerca de 70% das peças de carvão das marcas analisadas ficaram entre as granulometrias de 50 e 31,5 mm, a densidade aparente ficou acima de 380 kg.cm⁻³. A umidade variou de 4 a 10% e o carbono fixo de 57 a 85%. O poder calorífico superior apresentou correlação com o carbono fixo, variando de 6104 a 7527 kcal.kg⁻¹, e o poder calorífico útil variou de 5784 a 7098 kcal.kg⁻¹, em razão das diferentes umidades verificadas. O carvão vegetal analisado apresentou indicativos regulares para uso na cocção de alimentos.

Palavras-chave: umidade, densidade, análise imediata.

Quality charcoal for cooking food marketed in Cuiabá city – MT, Brazil

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the quality of charcoal, used for food cooking commercialized in the city of Cuiabá, Mato Grosso. The selection of brands was random, finalizing to verify a repetition in different market. All products were obtained in packages of 3 kg, sufficient amount for subsequent analyzes. Seven brands of charcoal were evaluated, from which the physical properties were determined: grain size classification, bulk density, apparent relative density, humidity; and immediate analysis and higher and useful calorific power. About 70% of the charcoal pieces of the analyzed brands were between the granulometries of 50 and 31.5 mm, the apparent density was above 380 kg.cm⁻³. Humidity varied from 4 to 10% and fixed carbon from 57 to 85%. The higher calorific value had a correlation with the fixed carbon, varying from 6104 to 7527 kcal.kg⁻¹, and the useful calorific value varied from 5784 to 7098 kcal.kg⁻¹, because of the different verified humidities. The analyzed charcoal presented regular indicatives for use in the cooking food.

Keywords: humidity, density, immediate analysis.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se mundialmente como maior produtor e consumidor de carvão vegetal, sendo o único país do mundo no qual este insumo tem uma aplicação industrial em grande escala, como destino principal a indústria siderúrgica (MME, 2015). Em 2015, foram consumidos cerca de 6 milhões de toneladas, sendo que 84% desse volume foram destinados ao setor industrial (BRASIL, 2016).

O carvão vegetal também é utilizado para outros fins, como: na cocção de alimentos, aquecimento de lareiras, termoelétricas, indústria cimenteira, purificação de água e bebidas, indústria farmacêutica e cosmética, entre outros (DIAS JÚNIOR et al., 2015a). Para uso doméstico e pequenas aplicações comerciais, o país consumiu cerca de 870 mil toneladas, que representa 0,14% da produção total do país (BRASIL, 2016).

Dias Júnior et al. (2015a) destacam que o carvão vegetal para ser considerado de boa qualidade para uso doméstico deve apresentar elevada densidade, alto teor de carbono fixo, alto poder calorífico, baixa umidade, baixo teor de materiais voláteis e baixo teor de cinzas.

Nos Estados Unidos, é de longa data a existência de trabalhos sobre a qualidade do carvão vegetal para uso doméstico (WARNES, 2008). Na União Européia (UE) existe uma norma que descreve aspectos de qualidade para carvão vegetal e briquetes utilizados na cocção de alimentos, na França foi traduzida pela Association Française de Normalisation - AFNOR (2005).

No Brasil, não há uma norma ou lei nacional que trate da qualidade do carvão de uso doméstico. O único mecanismo que estabelece diretrizes para controle da qualidade do carvão

vegetal é a Resolução SAA 10 - Carvão Selo Premium, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2003). Esta Resolução determina um padrão de qualidade para as práticas de processamento, faixa de tolerância para o tamanho das peças de carvão vegetal embalado, embalagem, a origem do produto e critérios de qualidade (SÃO PAULO, 2003). No entanto, essa normativa é de adesão voluntária, o que não garante seu efetivo cumprimento.

Embora haja muitos artigos dissertando sobre o carvão vegetal, são poucos os que tratam da sua qualidade para uso doméstico. Foram verificados estudos que tratam da qualidade do carvão para uso doméstico em alguns estados, como em Santa Catarina realizado por Brand et al. (2015), em São Paulo por Dias Júnior et al. (2015a) e Dias Júnior et al. (2015b), no Espírito Santo por Rosa et al. (2012) e Medeiros Neto et al. (2013), em Minas Gerais por Oliveira et al. (2009) e no Paraná por Oliveira et al. (2015).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do carvão vegetal, utilizado para cocção de alimentos, a partir da coleta de diferentes marcas de produtos comercializadas na cidade de Cuiabá, Mato Grosso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram adquiridas e avaliadas sete marcas de carvão vegetal comercializados em diferentes estabelecimentos na cidade de Cuiabá, Mato Grosso. A seleção das marcas foi aleatória, finalizando ao verificar a repetição das marcas em diferentes estabelecimentos. Todos os produtos foram obtidos em embalagens de 3 kg., quantidade suficiente para as análises subsequentes.

2.1. Propriedades físicas

A classificação granulométrica foi realizada por meio de sequência de peneiras, segundo a norma NBR 7402 (ABNT, 1982). Foram utilizadas peneiras com malhas de 50 mm, 31,5 mm, 25 mm, 19 mm, 9,5 mm e fundo. Foi classificado como finos o material que ficou retido na peneira de 9,5 mm e fundo.

A densidade a granel foi determinada através da massa de carvão presente em um volume conhecido, conforme os procedimentos da norma NBR 9165 (ABNT, 1985). Para tal, utilizou-se uma caixa de paredes rígidas com as dimensões de 21,1 x 28,4 x 11,7 cm e balança analítica.

A densidade aparente das amostras foi determinada utilizando o procedimento de imersão em água, descrito na NBR 11941 (ABNT, 2003).

Para a determinação da umidade do carvão vegetal foram selecionadas e pesadas quatro peças de tamanho variável, de cada marca, posteriormente levadas à estufa aquecida a $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$, por 24 horas e após esse período foram pesadas novamente. A umidade foi determinada através de fórmula.

2.2. Análise imediata e poder calorífico

As amostras de carvão foram moídas e peneiradas, utilizou-se a fração das amostras que ficou retida entre as peneiras de 40 e 60 mesh. A determinação dos teores de materiais voláteis (MV), cinzas (CZ) e carbono fixo (CF) seguiram os procedimentos preconizados na norma NBR 8112 (ABNT, 1986).

O poder calorífico superior do carvão vegetal foi determinado de acordo com a metodologia descrita pela norma da ABNT NBR

8633 (ABNT, 1984), utilizando-se uma bomba calorimétrica adiabática modelo IKA 300.

O Poder Calorífico Útil (PCU), foi estimado pelas equações 1 e 2:

$$PCI = PCS - \left[600 \left(\frac{9H}{100} \right) \right] \quad (1)$$

$$PCU = [PCI(1-u)] - (600u) \quad (2)$$

sendo: H - Hidrogênio (%); u - Umidade (%/100); PCI - Poder Calorífico Inferior (kcal.kg^{-1});

Considerou-se o teor de hidrogênio igual a 3,5%, de acordo com o verificado por Pereira et al. (2013). Para a umidade, adotou-se o valor obtido para cada marca avaliada.

2.3. Análise estatística

O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com sete tratamentos (marcas de carvão), sendo quatro repetições para densidade aparente e umidade, duas repetições para densidade a granel, análise imediata e poder calorífico.

Os dados foram submetidos aos testes de Lilliefors, para testar a normalidade, e Cochran, para testar a homogeneidade das variâncias. Em seguida foram submetidos à análise de variância (ANOVA), para verificação das diferenças existentes entre as marcas. Quando estabelecidas diferenças significativas entre eles, aplicou-se o teste Tukey em nível de 95% de significância.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software livre R.

3. RESULTADOS

3.1. Características gerais do carvão

Para cada marca foram encontradas diferentes informações contidas nas embalagens. O carvão das marcas 1 e 4 é produzido em Cuiabá - MT, das marcas 2 e 5 em Várzea Grande - MT, da marca 3 em Brasília - DF, já as marcas 6 e 7 não informaram a procedência do carvão.

A marca 3 foi a única que não apresentou informações relacionadas a combustão espontânea. Somente as marcas 1 e 4 possuíam registro nos órgãos de fiscalização ambiental Federal e Estadual (IBAMA e SEMA). As marcas 2, 3 e 5 possuíam registro somente no órgão Estadual. Já as marcas 6 e 7 não possuíam registro em nenhum órgão de fiscalização ambiental.

Quanto à origem da matéria-prima, nenhuma marca de carvão analisada afirmou utilizar madeira de floresta plantada.

3.2. Propriedades físicas

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da classificação granulométrica para o carvão vegetal das diferentes marcas.

Observa-se na Tabela 1 que cerca de 30% das peças de carvão vegetal das marcas analisadas estão entre as granulometrias de 50 mm e 31,5 mm, sendo verificado para as marcas 3 e 4 mais de 50% das peças com tamanho superior a 50 mm.

Na Figura 1 são apresentados os resultados da densidade a granel (kg.m^{-3}) do carvão vegetal das diferentes marcas.

De acordo com a Resolução SAA 10 - Carvão Selo Premium (SÃO PAULO, 2003) o carvão deve apresentar pedaços sólidos,

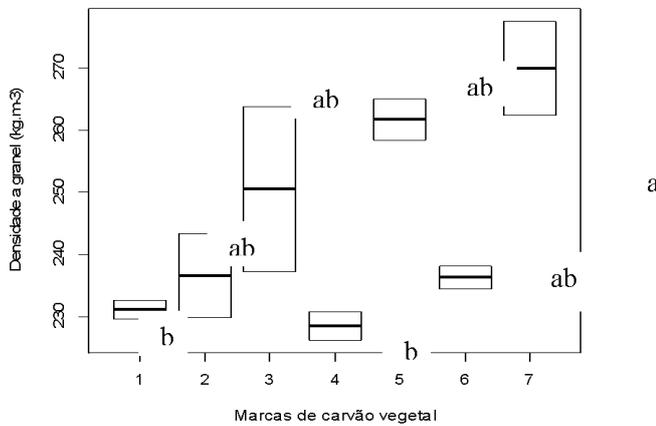
Tabela 1. Classificação granulométrica das diferentes marcas de carvão vegetal (%).

Table 1. Particle size classification of different brands of charcoal (%).

Gran. (mm)	1	2	3	4	5	6	7
> 50	32,2	47,5	53,6	54,3	45,6	21,8	34,3
31,5-50	35,1	26,6	13,4	22,6	41,9	47,7	35,2
25-31,5	12,2	6,9	5,6	9,5	7,2	9,4	9,1
19-25	11,4	5,5	6,5	5,2	2,1	12,3	15,5
9,5-19	7,4	6,5	12,2	5,2	2,3	6,5	4,5
< 9,5	1,4	6,8	8,4	2,9	0,6	2,0	1,2

os quais, quando depositados a granel apresentem densidade maior ou igual a 230 kg.m^{-3} . Dentre as marcas comercializadas em Cuiabá-MT, apenas o carvão da marca 4 não alcançou este índice, ficando apenas 0,66% abaixo. A marca 7 foi a que apresentou maior valor de densidade a granel, 270 kg.m^{-3} (Figura 1).

Na Figura 2 são apresentados os valores médios de densidade aparente para as diferentes marcas de carvão vegetal.



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

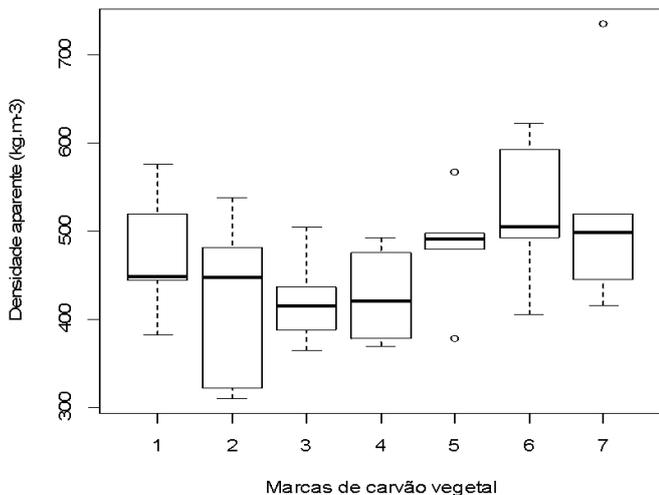
Figura 1. Valores médios de densidade a granel (kg.m^{-3}) do carvão vegetal das diferentes marcas analisadas.Figure 1. Average values of bulk density (kg.m^{-3}) charcoal of different brands reviewed.

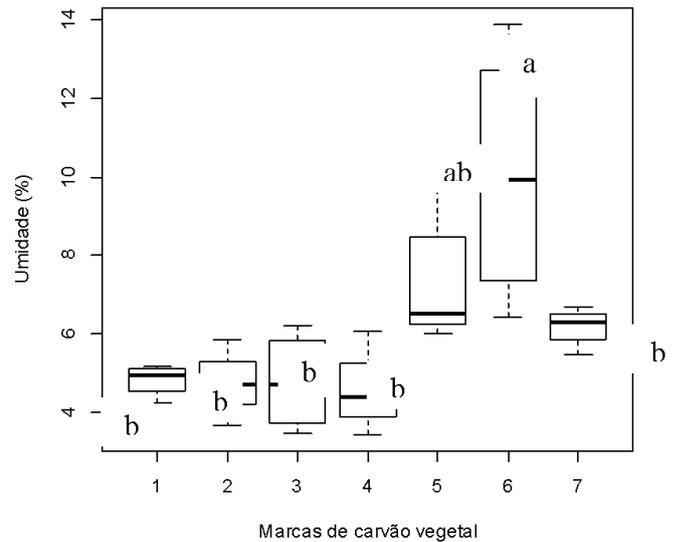
Figura 2. Valores médios de densidade aparente do carvão vegetal das diferentes marcas de comercializadas em Cuiabá - MT.

Figure 2. Mean values of apparent density of charcoal of different brands of marketed in Cuiabá-MT.

Não houve diferenças significativas entre as médias de densidade aparente das diferentes marcas a 5% de probabilidade. Verificaram-se valores acima de 460 kg.m^{-3} para as diferentes marcas, sendo que a marca 6 apresentou o maior valor e a marca 3 o menor.

Na Figura 3 são apresentadas as umidades para as diferentes marcas de carvão vegetal estudadas.

A Resolução SAA 10 - Carvão Selo Premium (SÃO PAULO, 2003) determina que a umidade do carvão vegetal deve estar abaixo de 5%. Pode-se observar na Figura 3, que as marcas 1, 2, 3 e 4 apresentaram valores dentro do limite estipulado. A menor umidade foi encontrada no carvão da marca 4, e o maior valor do carvão da marca 6.



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 3. Valores médios de umidade do carvão vegetal das diferentes marcas comercializadas em Cuiabá - MT.

Figure 3. Moisture mean values of charcoal of different brands marketed in Cuiabá-MT.

3.3. Análise imediata e poder calorífico

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios da composição química imediata: materiais voláteis (MV), cinzas (CZ) e carbono fixo (CF) do carvão vegetal das marcas analisadas.

A Resolução SAA 10 - Carvão Selo Premium (SÃO PAULO, 2003) determina que os teores de materiais voláteis e cinzas devem ser menores que 23,5% e 1,5% respectivamente, e o teor de carbono fixo deve ser maior que 75%.

De acordo com os valores estipulados pelo Selo Premium (SÃO PAULO, 2003), apenas as marcas 1, 4, 5 e 7 estão dentro do limite aceitável para materiais voláteis, enquanto que para as demais marcas foram observados valores acima do limite.

Já os valores de teor de cinzas de todas as marcas ficaram acima do ideal (1,5%). A maioria das marcas apresentou teor de cinzas maior que 1,5, mas inferior a 3%. Somente a marca 3 que obteve o maior valor (5,84%) informou a origem da matéria prima, que é madeira nativa. Os altos teores de cinzas encontrados neste trabalho podem estar ligados à quantidade de compostos inorgânicos presentes na madeira, que está relacionado à diversidade de espécies utilizadas para a produção do carvão vegetal.

Tabela 2. Valores médios dos teores de materiais voláteis (MV), cinzas (CZ) e carbono fixo (CF), em %.

Table 2. Average values of the levels of volatile materials (MV), ashes (CZ) and fixed carbon (CF), in%.

Marcas	Estatística descritiva	MV (%)	CZ (%)	CF (%)
1	Média	18,78 c	2,25 d	78,98 c
	DP	(0,377)	(0,063)	(0,314)
2	Média	24,67 b	2,55 bcd	72,77 d
	DP	(0,327)	(0,003)	(0,324)
3	Média	36,39 a	5,84 a	57,77 e
	DP	(1,338)	(0,062)	(1,340)
4	Média	21,23 c	2,31 d	76,46 c
	DP	(0,082)	(0,012)	(0,070)
5	Média	14,79 d	2,80 b	82,41 b
	DP	(0,042)	(0,062)	(0,104)
6	Média	25,17 b	2,44 cd	72,40 d
	DP	(0,865)	(0,069)	(0,796)
7	Média	11,56 e	2,75 bc	85,69 a
	DP	(0,232)	(0,168)	(0,063)

DP=Desvio Padrão; Médias seguidas pelas mesmas letras em cada coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o teor de carbono fixo apenas as marcas 2, 3 e 6 não atingiram o valor mínimo de 75%. As demais estão de acordo com o estabelecido pelo Selo Premium (SÃO PAULO, 2003). As marcas 2 e 6 apresentaram valores próximos e a marca 3 valor muito inferior. A marca 7 foi a que se destacou com o maior valor.

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios de poder calorífico superior e útil, em kcal.kg⁻¹, do carvão vegetal das diferentes marcas.

Verificou-se neste trabalho que os maiores valores de PCS ocorrem para as marcas que apresentaram os maiores teores de carbono fixo (Tabela 2). Enquanto que a marca 3, cujo teor de carbono fixo foi o menor, apresentou o menor valor de PCS (Tabela 3).

O poder calorífico superior deve ser preferencialmente alto, pois esta propriedade possui relação direta com a qualidade do carvão vegetal (ROSA et al., 2012), ou seja, o carvão com

Tabela 3. Valores médios de poder calorífico superior(PCS) e poder calorífico útil(PCU) do carvão vegetal das diferentes marcas comercializadas em Cuiabá - MT.

Table 3. Average values of higher calorific value (PCS) and calorific value (PCU) of charcoal of different brands marketed in Cuiabá-MT.

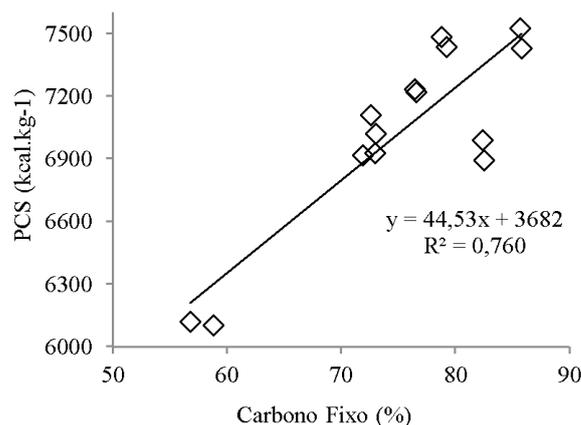
Marcas	Estatística descritiva	PCS (kcal/kg)	PCU (kcal/kg)
1	Média	7463,51 a	7074,39 a
	DP	(35,37)	(33,67)
2	Média	7068,48 bc	6704,2 c
	DP	(62,59)	(59,61)
3	Média	6113,92 d	5792,77 f
	DP	(12,91)	(12,29)
4	Média	7230,43 b	6872,14 bc
	DP	(9,18)	(8,76)
5	Média	6944,15 c	6388,39 d
	DP	(66,97)	(62,03)
6	Média	6924,28 c	6169,34 e
	DP	(7,31)	(6,58)
7	Média	7479,61 a	6979,50 ab
	DP	(67,04)	(62,89)

DP=Desvio Padrão; Médias seguidas pelas mesmas letras em cada coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

elevado poder calorífico superior contém maior quantidade de energia por unidade de massa, resultando no maior rendimento energético do carvão vegetal (ROSA et al., 2012).

O poder calorífico útil representa a quantidade efetiva de energia liberada pela massa do combustível, pois desconta a energia necessária para a evaporação da água contida no material. De acordo com a Tabela 3, verifica-se que os valores de PCU foram inferiores ao observado para o PCS, sendo esta redução maior para a marca 6, que apresentou o maior valor de umidade, 10%, (Figura 3).

Na Figura 4 é apresentada a correlação entre carbono fixo e poder calorífico superior.

Figura 4. Correlação entre o carbono fixo (%) e o poder calorífico superior (kcal.kg⁻¹) do carvão vegetal das diferentes marcas comercializadas em Cuiabá - MT.Figure 4. Correlation between the fixed carbon (%) and the superior calorific value (kcal.kg⁻¹) of charcoal of different brands marketed in Cuiabá-MT.

4. DISCUSSÃO

4.1. Propriedades físicas

A classificação granulométrica é uma propriedade importante, uma vez que interfere na reatividade do carvão vegetal (OLIVEIRA et al., 2009).

Dias Júnior et al. (2015b) avaliando a influência da granulometria na combustão do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos, observaram que a maior granulometria utilizada no estudo (50mm) consumiu uma porcentagem menor de massa em um determinado tempo de combustão, ou seja, o intervalo necessário para reabastecimento será menor, visto que o material combustível demanda mais tempo para ser totalmente consumido. Verificou-se no presente trabalho, que cerca de 40% do carvão analisado está nessa faixa granulométrica (50 mm).

De acordo com a Resolução SAA 10 - Carvão Selo Premium (SÃO PAULO, 2003), o carvão vegetal comercializado em embalagens de 3 kg deve apresentar 90% das peças de carvão entre as granulometrias de 20 e 80 mm. A marca 5 foi a única que atendeu este requisito, com 94% das peças de carvão na faixa granulométrica proposta.

Ainda de acordo com a Resolução (SÃO PAULO, 2003) quando embalado para comercialização, o carvão vegetal deve apresentar teor de pó ou material fino (menor que 12 mm) inferior ou igual a 3% do peso líquido do pacote. Neste trabalho, foi classificado como finos o material que ficou retido na peneira de 9,5 mm e fundo. Verificou-se que apenas o carvão da marca 5 não ultrapassou o limite estipulado. As demais marcas ficaram

acima do limite, sendo que o carvão da marca 3 obteve o maior resultado (20,75%).

O processo de peneiramento do carvão irá separar os finos que poderão ser usados para outros fins, como carvão ativado, em filtros de purificação de bebidas e filtros de máscaras contra gases.

Para a densidade a granel, maiores valores são desejados, uma vez que, considerando o mesmo volume, haverá maior massa de carvão, sendo esta a responsável pela geração de calor durante a cocção e também reduzindo a necessidade de reabastecimentos do sistema de queima.

Rosa et al. (2012) analisando a qualidade do carvão vegetal para uso doméstico comercializado em três municípios do estado do Espírito Santo, obtiveram média de 376 kg.m⁻³ para a densidade aparente, resultados inferiores aos obtidos neste trabalho. Brand et al. (2015) ao avaliarem a qualidade do carvão vegetal na região serrana sul de Santa Catarina, encontraram valor médio de 403 kg.m⁻³, todas as marcas analisadas neste trabalho apresentaram valores superiores aos observados pelos referidos autores. Provavelmente, em razão do carvão vegetal comercializado em Cuiabá ser produzido com resíduos madeireiros advindos do processamento de madeira de elevada densidade básica.

Pode-se considerar que a densidade aparente obtida neste trabalho foi elevada, contribuindo para a qualidade do carvão comercializado em Cuiabá - MT, já que a densidade é considerada por diversos autores como um dos parâmetros mais importantes em termos da determinação da qualidade do carvão vegetal. No entanto, é importante a existência de porosidade (espaços vazios), para que haja maior contato do carvão com o oxigênio, necessário para a ocorrência da combustão.

Brand et al. (2015), encontraram valores de umidade que variaram de 5,59 até 8,44%, valores próximos aos observados neste trabalho. Em seu estudo Oliveira et al. (2009) observaram valores de 5,81 a 6,42% de umidade, para o carvão vegetal das marcas analisadas.

Rosa et al. (2012) encontraram teores de umidade variando de 4,17 a 5,57%. Os autores afirmam que carvões com umidade menor que 6% são adequados para o uso doméstico. Considerando apenas a umidade, as marcas 1, 2, 3 e 4 seriam adequadas. Rosa et al. (2012) destacam que a umidade possui uma relação inversa com a qualidade do carvão vegetal, pois quanto maior a umidade, menor o rendimento energético. Logo, na utilização do carvão na cocção de alimentos é desejável que o carvão vegetal apresente baixa umidade.

4.2. Análise imediata e poder calorífico

Segundo Oliveira et al. (2010) o teor de materiais voláteis diminui com o aumento da temperatura final de carbonização. Logo, as marcas 1, 4, 5 e 7 parecem ter sido produzidas em temperatura final adequada, com máximo de 500°C.

Os valores de materiais voláteis das marcas 2, 3 e 6 foram significativamente elevados, implicando num processo de degradação térmica parcial dos constituintes da madeira que além de produzir um produto de má qualidade para consumo podem ser danosos ao consumidor. Altos teores de materiais voláteis no carvão não são desejáveis, pois resultam em grande liberação de fumaça e substâncias tóxicas, desprendidas durante a queima, que o torna prejudicial à saúde humana (BRAHAN, 2002).

Os teores de materiais voláteis encontrados neste trabalho, exceto para o carvão da marca 3, foram inferiores ao observado por Oliveira et al. (2009) que encontraram 27,16% e por Brand et al. (2015) que obtiveram um valor médio de 32,85%.

Brand et al. (2015), obtiveram para o teor de cinzas valor máximo de 3,89%, valor próximo ao encontrado para a maioria das marcas. Rosa et al. (2012) observaram valores entre 0,68 e 1,65% para a mesma propriedade, Oliveira et al. (2009) observaram valores entre 0,55 e 1,48% que são valores inferiores aos obtidos neste estudo. Uma provável causa para o elevado teor de cinzas observado neste trabalho é o uso de resíduos e casca como matéria-prima e ainda a contaminação do carvão por terra.

Altos teores de cinzas refletem no aumento da limpeza de cinzeiros de churrasqueiras, fornos de queima e em outros sistemas para a cocção de alimentos (PROTÁSIO et al., 2013), podendo ainda causar danificações aos equipamentos, como incrustações e oxidação em equipamentos metálicos, diminuindo a vida útil dos mesmos. Os altos teores de cinzas também influenciam no consumo de energia, pois diminuem o poder calorífico do carvão.

Segundo Oliveira et al. (2010) normalmente, o teor de carbono fixo é inversamente proporcional ao teor de materiais voláteis. Maiores valores médios relacionados à presença de materiais voláteis foram observados no carvão da marca 3, o qual apresenta também menores porcentagens de carbono fixo.

Oliveira et al. (2009), observaram valores entre 65,97 e 79,24% para carbono fixo, Rosa et al. (2012), obtiveram valores entre 75 e 83%. Estes valores são próximos aos observados neste estudo, exceto para a marca 3.

Os teores de carbono fixo foram satisfatórios para a maioria das marcas avaliadas. O maior teor de carbono fixo promove um aumento da estabilidade e resistência térmica do combustível (PROTÁSIO et al., 2013) e ainda, quanto maior o teor de carbono fixo, maior será o poder calorífico superior do carvão vegetal, ou seja maior será a energia liberada por massa de carvão, resultando na necessidade de menor quantidade de material combustível ou abastecimentos mais espaçados.

Segundo Silva et al. (2007) o teor de carbono fixo pode indicar qual produto apresenta maior potencial energético, pois com o aumento do teor de carbono fixo, há o aumento do poder calorífico superior, como pode ser verificado na Figura 5.

Rosa et al. (2012), encontraram valores de 7.400 a 7.800 kcal.kg⁻¹, para poder calorífico superior, valores que são próximos aos observados para a maioria das marcas analisadas.

Os resultados obtidos corroboram com a ideia dos autores, da relação direta existente entre teor de carbono fixo e poder calorífico superior (Figura 5), onde as marcas em que foi verificado maior teor de carbono fixo foram as que apresentaram maior poder calorífico superior.

5. CONCLUSÕES

O carvão vegetal analisado apresentou indicativos regulares para uso na cocção de alimentos

As marcas 3 e 6 apresentaram os menores valores para os parâmetros de qualidade, não sendo indicadas para a cocção de alimentos.

As marcas 4 e 7 foram as que se destacaram, com melhores propriedades, sendo as mais indicadas para a utilização na cocção de alimentos.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11941**: Madeira- Determinação da densidade básica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR7402**: Carvão vegetal - Determinação granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1982. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8112**: Carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 8633**: Carvão vegetal: Determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, ABNT, 1984. 13 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9165**: Carvão vegetal - Determinação da densidade relativa aparente, relativa verdadeira e porosidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1985. 8 p.
- ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION - **AFNOR**. NF EM 1860-2: Appareils, combustibles solides et allume: barbecue pour la cuisson au barbecue. Saint Denis; 2005. 29 p.
- BRAHAN, W. K. (2002), Combustibilidad de La madera: la experiencia com especies colombianas. Bogotá: **Fondo de Publicaciones**, 50p.
- BRAND, M. A.; RODRIGUES, A. A.; OLIVEIRA, de A.; MACHADO, M. S.; ZEN, L. R. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico comercializado na região serrana sul de Santa Catarina. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1165-1173, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000600020>
- BRASIL - BEN: **Balço energético nacional 2016 ano base 2015**. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília; 2016.
- COSTA, T. G.; BIANCHI, M. L.; PROTÁSIO, T. de P.; TRUGILHO, P. F.; PEREIRA, A. J. Qualidade da madeira de cinco espécies de ocorrência no Cerrado para produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 37-46, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602014000100005>
- DIAS JÚNIOR, A. F.; ANDRADE, C. R.; BRITO, J. O.; MILAN, M. Desdobramento da função qualidade (QFD) na avaliação da qualidade do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n.2, p. 262-270, 2015a. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.105314>
- DIAS JÚNIOR, A. F.; BRITO, J. O.; ANDRADE, C. R.; Granulometric influence on the combustion of charcoal for barbecue. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1127-1133, 2015b. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000600016>
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **IBÁ 2016**, Relatório ano base 2015. 100 p.
- MEDEIROS NETO, P. N.; SORANSO, D. R.; RODRIGUES, B. P.; SILVA, J. G. M.; ARANTES, M. D. C. Qualidade do carvão vegetal para uso doméstico. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira, I, 2013. Petrópolis - RJ. **Anais...** Petrópolis, 2013. P. 475-476.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIAS. 2015. **Balço Energético Nacional - BEN 2015**, ano base 2013.
- OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. de C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W.; PEREIRA, B. L. C.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 431-439, 2010.
- OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C.; CARNEIRO, A. DE C. O.; JÚNIOR J. F. C.; TORRES, C. M. M. E.; REIS, B. E. Avaliação de diferentes marcas de carvão vegetal comercializados na cidade de Viçosa - MG. In: Congresso Brasileiro sobre florestas energéticas, 1., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2009.
- OLIVEIRA, A. F.; BARAVESCO, A.; PESSUTI, C. A. A.; MIYASHIRO, C. S.; FRANK, J. Análise da qualidade do carvão para consumo doméstico de quatro Municípios do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, p. 102-111, 2015. <http://dx.doi.org/10.5380/rber.v4i3.43034>
- PEREIRA, B. L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, A. C.; FONTES, M. P. F. Influence of chemical composition of Eucalyptus wood on gravimetric yield and charcoal properties. **Bioresources**, North Carolina, v. 8, n. 3, p. 4574-4592, 2013.
- PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F.; GODINHO, T. P. Potencial siderúrgico e energético do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. aos 42 meses de idade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 74, p. 137-149, 2013. <http://dx.doi.org/10.4336/2013.pfb.33.74.448>
- ROSA, R. A.; CHAVES ARANTES, M. D.; PAES, J. B.; ANDRADE, W. S. D. P.; MOULIN, J. C. Qualidade do carvão vegetal para o consumo doméstico. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 2, p. 1165-1173, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000600020>
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo. **Resolução nº10 SAA**, de 11 de julho de 2003.
- SILVA, M. G.; NUMAZAWA, S.; ARAUJO, M. M.; NAGAISHI, T. Y. R.; GALVÃO, G. R. Carvão de resíduos de indústria madeireira de três espécies florestais exploradas no município de Paragominas, PA. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n.1, p. 61 - 70, 2007.
- WARNES, A. **Savage barbecue**: race, culture and the invention of america's first food. Geórgia: British Library, 2008. 201p.