

## CARACTERIZAÇÃO DA BIOMASSA UTILIZADA NAS CERÂMICAS VERMELHAS DA REGIÃO DE TATUI-SP

Luis Ricardo Oliveira Santos <sup>1</sup>, Fabio Minoru Yamaji <sup>2</sup>, Verônica Scalet <sup>3</sup>, Mariana Provedel Martins <sup>4</sup>, Tainá Lucatti <sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mestrando - lricardo@ufscar.br), <sup>2</sup>Professor Adjunto - fmyamaji@ufscar.br, <sup>3</sup> Mestranda - ve.scalet@gmail.com, <sup>4</sup> Pós-Doc.- mareprovedel@hotmail.com, Graduanda – tainalucatti@hotmail.com

### Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba

Rodovia João Leme dos Santos (SP-264), Km 110  
Bairro do Itinga - Sorocaba - São Paulo - Brasil  
CEP 18052-780 – PPGCM: (015) 3229-5941.  
<http://www.sorocaba.ufscar.br/>

### RESUMO

Atualmente o mundo está buscando combustíveis alternativos e a biomassa por possuir a vantagem de ser de fonte renovável torna a biomassa uma boa opção. Assim, diversos estudos têm sido desenvolvidos com objetivo de aumentar a eficiência do processo e aumento da confiabilidade. O objetivo deste trabalho consiste na análise imediata e física da biomassa utilizada em fornos cerâmicos, além de obter um diagnóstico do setor energético de biomassa, direcionando o foco para os ceramistas que utilizam a biomassa em seu processo produtivo. Para este trabalho coletou-se amostras das espécies de *Eucalyptus* spp (lenha e cavacos) e *Pinus* spp (serragem), sendo utilizada a caracterização física (granulometria, teor de umidade, densidade aparente) e química (teor de voláteis, teor de cinzas e carbono fixo) conforme NBR 7190/97. Com os resultados obtidos pudemos verificar que a serragem e o cavaco apresentaram teores de umidade elevados respectivamente de 83,24 e 53,61%, para valores de teores de cinza a serragem apresentou valor 1%, valor considerado elevado para a característica do material, já o cavaco apresentou teor de carbono fixo de 21,03%, sendo este valor de grande interesse para a queima da biomassa. A biomassa se mostra como uma alternativa eficaz de combustível.

**Palavras Chave:** Biomassa. Bioenergia. Fornos Cerâmicos.

### ABSTRACT

#### CHARACTERIZATION OF BIOMASS USED IN CERAMIC RED REGION TATUI-SP

Currently the world is searching for alternative fuels and biomass for having the advantage of being renewable biomass becomes a good option. Thus, several studies have been developed in order to increase the process efficiency and reliability. The objective of this work is the analysis and immediate physical biomass used in ceramic kilns, plus get a diagnosis of biomass energy sector, directing the focus for potters that use biomass in its production process. For this study we collected samples of species of *Eucalyptus* spp (firewood and wood chips) and *Pinus* spp (sawdust), using the physical characterization (particle size, moisture content, bulk density) and chemical (volatile content, ash content and fixed carbon) of biomass. With the results we observed that the sawdust and chips had high moisture contents respectively 83.24 and 53.61%, for values of gray levels of the sawdust showed a value 1% was considered high for the characteristic of the material, as the chip had fixed carbon content of 21.03%, this value being of great interest to the burning of biomass. Biomass is shown as an effective alternative fuel.

**Keywords:** Biomass. Bioenergy. Ceramic Kilns.

## INTRODUÇÃO

Estudos da madeira como combustível, mostram que a combustão direta da madeira é sem dúvida o processo mais simples e econômico de se obter energia (Earl, 1975; citado por CUNHA et al., 1989). O rendimento energético de um processo de combustão da madeira depende de sua constituição química, onde os teores de celulose, hemicelulose, lignina, extrativos e substâncias minerais variam com a espécie e é de grande importância para a escolha adequada da madeira a ser utilizada.

Tradicionalmente, observa-se que no Brasil, uma parte de todo combustível primário consumido é representada pela madeira cuja utilização no setor industrial pode ocorrer na forma direta (queima de lenha e resíduos de reflorestamentos) ou na forma indireta (transformação da madeira de reflorestamento ou de origem nativa em carvão vegetal). A crise energética que vem assolando a humanidade se encarregou de despertar o interesse de técnicos e pesquisadores no sentido da reutilização mais intensa da madeira como fonte de energia.

Diversos projetos específicos vêm sendo desenvolvidos, buscando uma solução racional do uso da madeira como combustível. Estão sendo desenvolvidas pesquisas diversas sobre parâmetros da madeira que exerçam influência nas suas propriedades combustíveis, de modo que se possa alcançar o máximo de aproveitamento da energia gerada. Isto contribuiria decididamente na escolha de espécies aptas para fins energéticos.

### Cerâmica Vermelha

O Brasil passa por um momento de crescimento econômico, o que incentiva a indústria da construção civil, e conseqüentemente o segmento de cerâmica vermelha. Esse segmento é responsável pela produção de tijolos furados e maciços, lajes, blocos de vedação e estruturais, telhas, manilhas e pisos rústicos, produtos que são à base da construção civil.

Segundo a Associação Nacional da Indústria da Cerâmica – ANICER, à indústria de cerâmica vermelha é formada por aproximadamente 6.903 estabelecimentos fabris, considerando apenas as empresas que dispõem de equipamentos de extrusão, e esse número nos próximos anos aumentará devido o grande crescimento na indústria da construção civil.

### Processo de queima

Os processos de queima e secagem consomem a maior parte do combustível utilizado na fabricação dos produtos cerâmicos. A queima dá aos produtos cerâmicos suas características finais típicas, como resistência, cor, entre outras, atingidas por uma série de transformações estruturais e químicas, que ocorrem quando as argilas são submetidas ao calor. As temperaturas de queima são da ordem de 750°C a 900°C para tijolos, de 900°C a 950°C para telhas e 950°C a 1200°C para tubos cerâmicos (Wittwer & Faria, 1997).

A combinação do tempo total de queima e temperatura além de ser muito importante na qualidade final dos produtos tem influência no consumo de energia. Peças queimadas durante muito tempo e a temperaturas muito altas elevam o consumo de energia e pode ficar sobrequeimadas, o que é indesejável. Por outro lado, temperaturas muito baixas ou tempos de queima muito curtos, podem determinar peças cruas, principalmente nos pontos mais frios da fornalha.

O objetivo deste trabalho consiste na análise dos materiais utilizados nas cerâmicas como fonte de energia, realizando assim um estudo comparativo entre os materiais utilizados nos fornos, a partir da comparação de três materiais distintos como: lenha, cavacos e serragem. As amostras coletadas foram de *Eucalyptus* spp (lenha e cavacos) e *Pinus* spp (serragem). Neste estudo realizaremos a caracterização física como: determinação do teor de umidade, densidade, teor de cinzas, teor de voláteis e teor de carbono fixo para estes materiais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada consistiu em visitas às indústrias cerâmicas na região de Tatui - SP, coleta de material para caracterização física como: teor de umidade, densidade aparente, teor de cinzas, teor de voláteis, teor de carbono fixo, segunda norma NBR 7190/97 ABNT e NBR 8112 ABNT. Coletou-se material como serragem, cavacos e toras (lenha), a fim de iniciar a caracterização. Também se realizou junto aos proprietários de cerâmicas um levantamento avaliando os materiais utilizados, bem como suas vantagens e desvantagens.

### Análise química imediata

A análise química imediata de um combustível determina o teor de água do material (umidade), o teor de material que se queima no estado gasoso (material volátil) e no estado sólido (carbono fixo), e também o teor de material residual após a combustão (cinzas). A análise imediata dos resíduos estudados foi realizada tendo como referência a norma NBR 8112.

### Teor de umidade

A umidade do material analisado foi determinada nas condições em que foram coletados. As amostras dos resíduos, contidas em béqueres, foram pesadas e secas em estufa ( $105 \pm 2$ ) °C, com o posterior resfriamento em dessecador com sílica gel. Foram utilizadas amostras de 100 g de cada resíduo na análise. As amostras secas e resfriadas foram pesadas em uma balança analítica. O procedimento foi repetido até que não ocorressem variações de massa. A diferença de peso após secagem permitiu determinar o teor de umidade dos resíduos.

O teor de umidade (base úmida) dos resíduos foi calculado de acordo com a Equação:

$$TU = ((M - M_1) / M_1) \times 100$$

Sendo: o teor de umidade, expresso em %; M é a massa inicial da amostra úmida e M<sub>1</sub> a massa seca, após secagem em estufa, ambas em gramas.

### Teor de voláteis

Para a determinação de teor de voláteis os resíduos foram picados em um moinho de facas tipo Wiley e secos em estufa ( $105 \pm 2$ ) °C. Foi utilizado aproximadamente 1,0000 g de amostra isenta de umidade e com granulometria inferior a 40 mesh (0,42 mm). A amostra foi adicionada em um cadinho de porcelana com tampa e posicionada na porta do forno mufla previamente aquecida a ( $900 \pm 10$ ) °C, permanecendo nessa posição durante 3 minutos. Após este período, o cadinho foi colocado na mufla ( $900 \pm 10$ ) °C durante 7 minutos com a porta fechada. Após o aquecimento o cadinho foi esfriado em dessecador com sílica gel, até massa constante.

O teor de material volátil é determinado pela Equação:

$$MV = ((M_1 - M_2) / M) \times 100$$

Na qual MV é o teor de material volátil, em %; M<sub>1</sub> é a massa inicial do cadinho mais a amostra; M<sub>2</sub> é a massa final do cadinho mais a amostra e M é a massa da amostra seca.

### Teor de cinzas

Para a análise de teor de cinzas os resíduos foram picados em um moinho de facas tipo Wiley e secos em estufa ( $105 \pm 2$ ) °C. Foi utilizado aproximadamente 1,0000g de amostra isenta de umidade e com granulometria inferior a 40 mesh (0,42 mm). A amostra foi adicionada em um cadinho de porcelana, previamente seco e tarado e levada a mufla ( $700 \pm 10$ ) °C por um período de 3 horas. Após a queima o cadinho foi esfriado em dessecador com sílica gel, até massa constante.

O teor de cinzas foi calculado com base na massa seca do resíduo, de acordo com a Equação:

$$CZ = ((m_1 - m_0) / m) \times 100$$

Na qual CZ é o teor de cinza, em %; m<sub>0</sub> é a massa do cadinho; m<sub>1</sub> é a massa do cadinho mais o resíduo após combustão, m é a massa da amostra seca a 0% de umidade, em gramas.

Teor de carbono fixo

O percentual de carbono fixo refere-se à fração de carvão que se queima no estado sólido. Segundo a norma NBR 8112, o teor de carbono fixo é calculado subtraindo-se de 100% a soma dos teores de materiais voláteis e de cinzas, conforme a Equação.

$$CF = 100 - (CZ + MV)$$

Sendo: CF o teor de carbono fixo; CZ o teor de cinzas e MV teor de voláteis, ambos em porcentagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho objetivou caracterizar os diferentes materiais utilizados como fonte de energia para as indústrias de cerâmicas, obedecendo-se às normas estabelecidas. Pode se observar com base na tabela 1, demonstrados os valores dos teores de umidades e de densidade aparente dos três materiais analisados, verifica-se que a serragem apresentou teor de umidade na base úmida de aproximadamente 83,24%, valor considerado elevado para fins de material de consumo para geração de energia. As amostras de cavaco apresentaram teor de umidade de 53,61% e a menor densidade 0,281g/cm<sup>3</sup>, devido a não conformidade do material e sua granulometria; já a lenha se mostrou com teor de umidade de 35,56% e apresentou maior densidade em comparação aos outros materiais no valor de 0,590g/cm<sup>3</sup>. Podemos observar também que a tabela apresenta um teor de voláteis para a serragem maior valor 84,18%, comparado com os demais materiais, já para porcentagem de carbono fixo os cavacos se apresentou com valor de 21,03%. Isso o deixa interessante, pois combustíveis com alto índice de carbono fixo apresentam queima mais lenta e menor consumo de material.

<b>Tabela 1 - Valores de umidade, densidade, teor de cinzas, teor de voláteis e carbono fixo.</b>					
<b>Table 1 - Values of moisture, density, ash content, volatile content and fixed carbon.</b>					
<b>Propriedades</b>	<b>%TU</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>%Teor de Cinzas</b>	<b>%Teor de Voláteis</b>	<b>%Carbono Fixo</b>
<b>Físicas</b>					
<b>Serragem</b>	83,24	0,307	1,00	15,81	83,19
<b>Cavacos</b>	53,61	0,281	0,39	21,41	78,2
<b>Lenha (toras)</b>	35,56	0,590	0,88	19,29	79,83

A tabela 2 apresenta um estudo comparativo com algumas das vantagens e desvantagens, com base no uso e nas características de cada material.

<b>Tabela 2-Vantagens e Desvantagens de cada material.</b>		
<b>Table 2-Advantages and Disadvantages of each material.</b>		
	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Serragem</b>	Resíduo	Baixa disponibilidade
	Transporte m <sup>3</sup>	Grande variação
	Armazenamento	Ambiente com poeiras
	Renovável	Secagem de material
	Transporte interno	Custo elevado
<b>Cavacos</b>		Teor de umidade
	Resíduo	Disponibilidade
	Transporte m <sup>3</sup>	Uniformidade
	Armazenamento	Teor de umidade
	Transporte interno	Fungos
		Custo elevado

8º CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA  
SÃO PAULO – SP – 05 A 07 DE NOVEMBRO DE 2013

<b>Lenha (toras)</b>	Fácil processo	Grande pátio
	Material bruto	Toras não uniforme
	Aproveitamento total	Perda da casca
	Disponibilidade	Transportes
	Grandes Volumes	Controle de umidade
	Baixo custo	Nº funcionários
		Consumo elevado

## CONCLUSÃO

Com base nos dados apresentados, foi possível observar que a serragem e os cavacos apresentaram teores de umidades elevados, sendo necessário para queima dos mesmos que uma parte da energia dos fornos seja utilizada para a secagem do material, para a partir deste ponto realizar a queima, acarretando assim um desperdício de energia. Já a lenha se mostrou com teor de umidade e com valores de densidade bastante aceitos pelas indústrias ceramistas, uma vez que o material com maior densidade apresenta maior volume para queima. Para os valores de teor de cinzas a serragem apresentou valor elevado, comparado com outros pesquisadores, podendo este material ter sofrido alguma contaminação por resíduos minerais, aumentando assim o teor de cinzas nos fornos. Para o teor de carbono fixo o cavaco apresentou maior valor, valor este de interesse para fins energéticos. O uso da madeira (serragem, cavacos e lenha) como fonte de energia para as industriais cerâmicas, de modo geral está bem difundido, mas ainda os empresários do setor se deparam com a falta de dados e estudos relacionados ao setor ceramista. Visando preencher esta lacuna, este trabalho buscou caracterizar os materiais já utilizados nos meios cerâmicos, visando sanar à necessidade do setor na obtenção de dados, faz-se necessário um estudo mais aprofundado das variáveis envolvidas neste processo produtivo. Com esta intenção iremos prosseguir com nossos estudos a fim de obtermos devidas respostas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação a Ciências dos Materiais da Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba e a Capes pela bolsa de mestrado concedida.

## REFERÊNCIAS

- ABC. **Cerâmica no Brasil – introdução**. 2002. Disponível em: <[http://www.abceram.org.br/asp/abc\\_21.asp](http://www.abceram.org.br/asp/abc_21.asp)>. Acesso em: 14 out. 201.
- ANICER. **Visões da cerâmica naturalmente eficiente**. Revista da Anicer, ano 11, ed 54, Out. 2003.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional**. Brasília, 1999. 153p.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2010**: ano base 2009. Rio Janeiro. 2010. 276 p.
- BRITO, J. O; BARRICHELO, L. E. G. **Características do Eucalipto como Combustível: Análise Química Imediata da Madeira e da Casca**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais-IPEF n.16, p.63-70, 1978.
- CUNHA, M.P.S.C.; PONTES, C.L.F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F. D.; CUNHA NETO, Z.B.; BARBOSA, A.P.R. **Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras**. In: 3º encontro Brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira: Anais, v.2, p. 93-121, São Carlos, 1989.
- LOBÃO, M.S. et al. **Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades**. Viçosa-MG, Sociedade de investigações florestais. v.28, n.6, p.889-894, 2004.
- MOTTA, J. F.M. **As matérias-primas cerâmicas. Parte I: O perfil das principais indústrias cerâmicas e seus produtos**. Cerâmica industrial. 6 (2) Março/Abril, 2001.

QUIRINO, W. F. **Poder Calorífico da Madeira e de Materiais Lignocelulósicos.** Revista da Madeira, nº 89, Abril de 2005. Pág. 100-106.

SANTOS, G. M. **Serragem e gás natural como fontes energéticas em fornos de túneis na indústria cerâmica vermelha.** 8º Congresso de Engenharia e Ciências Térmicas. “ENCIT 2000”. Porto Alegre. 2000. Art. S20P02, 9P.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira.** Viçosa, MG: Sociedade de investigações florestais, 1984. 21p.(Boletim Técnico, 1).

WITTEWER, E. & Faria, R. W., 1997, **Projeto de Conservação de Energia nas Pequenas e Médias Indústrias do Estado do Rio de Janeiro,** Relatório final: setor de cerâmica vermelha.