

Propriedades físico-químicas de briquetes aglutinados com adesivo de silicato de sódio

Flávia Alves Pereira¹, Angélica de Cássia Oliveira Carneiro², Benedito Rocha Vital³, Ricardo Marius Della Lúcia⁴, Wagner Patrício Júnior⁵ e Juliana Jerásio Bianche⁶

^{1,6}Doutoranda em Ciência Florestal/Laboratório de Painéis e Energia da Madeira/UFV-flaviafloresta@yahoo.com.br;
^{2,3,4} Prof. Dr. Departamento de Engenharia Florestal/UFV, ⁵ Tubominas Ind. e Com. Ltda

Recebido em 29 de Abril de 2008

Resumo

Determinou-se as propriedades físico-químicas de briquetes produzidos a partir de finos de carvão vegetal de *Eucalyptus* sp aglutinados com adesivo de silicato de sódio. Utilizou-se três granulometrias de finos (20, 35 e 60 mesh) e cinco proporções do adesivo (15, 20, 25, 30 e 35%). Determinou-se a densidade aparente, análise química imediata e poder calorífico, segundo as normas ABNT/NBR 9165, 8112, 8633, respectivamente. Conclui-se que briquetes com granulometria de 20 mesh e 15% de adesivo apresentaram os maiores valores de poder calorífico e aqueles com granulometria de 60 mesh e 15% de adesivo, apresentaram os maiores percentuais de carbono fixo.

Palavras-chaves: Briquetes; Carvão vegetal; Silicato de sódio.

Properties of charcoal briquettes agglutinated with sodium silicate adhesive

Abstract

In this study, sodium silicate was used as the adhesive in the production of *Eucalyptus* sp. charcoal briquettes. Charcoal dust of three different granulometries (20, 35 and 60 mesh) was mixed with the glue in five different proportions sizes (15, 20, 25, 30 and 35% of dry weight) and pressed to produce the briquettes. The following properties of the briquettes were determined: specific gravity, heat value, fixed carbon, volatile materials and ash content. The results indicated that briquettes produced with 20 mesh particles and 20% glue gave highest heat values. On the other hand, highest values for fixed carbon were obtained with a 60 mesh charcoal particles mixed with 15% sodium silicate.

Key words: Charcoal; Briquettes; Sodium silicate.

Introdução

A utilização de lenha como fonte de energia data dos primórdios da civilização; contudo, a partir dos séculos XVIII e XIX, caracterizado pela Revolução Industrial, seu uso intensificou-se juntamente com outras fontes energéticas.

Em muitos países, a disponibilidade de madeira para geração direta de energia é precária, enquanto, em outros países, a tendência é de diminuição crescente da oferta paralelamente a um aumento crescente da demanda, devido ao aumento populacional e condições de pobreza (Lima, 1996).

Apesar desta deficiência, o custo atribuído à madeira destinada ao carvoejamento é baixo, o qual, aliado às precárias tecnologias do setor, compromete o aproveitamento dos resíduos da carbonização. Esta demanda, em algumas regiões do Brasil, exerce forte pressão sobre a mata nativa, conforme evidenciado pela expansão do desmatamento no cerrado, degradação dos solos florestais e alteração do regime pluviométrico.

Segundo Fontes et al. (1989) o carvão vegetal gera durante a produção, transporte, manuseio e peneiramento nas usinas siderúrgicas, uma quantidade elevada de finos, que pode atingir 25% do total produzido, sendo que o seu aproveitamento pode ser pela queima direta ou a briquetagem. Utilizando-se o processo de briquetagem do carvão vegetal com uso de aglutinantes, o que envolve o balanceamento granulométrico, mistura proporcional de aglutinantes, compactação, coqueificação ou secagem, consegue-se o aproveitamento dos finos de carvão na forma de um combustível de melhor densidade, mais homogêneo e com granulometria uniforme, mantendo-se as características do carvão, bem como facilitando o manuseio, a estocagem e utilização do mesmo e permitindo seu transporte ao longo de maiores distâncias.

Briquetagem é uma técnica em que pequenas partículas de material sólido são prensadas, para formar blocos de forma definida e maior tamanho, sendo que os subprodutos do beneficiamento agroflorestal e de finos de carvão convertem-se em material de maior valor comercial (Antunes, 1982).

A consolidação de material particulado é tão importante para a engenharia como o processo inverso, ou seja, a redução do tamanho. Entretanto, o primeiro processo não recebeu a mesma atenção, devido à dispersão

dos conhecimentos e experiências desenvolvidas, em várias áreas ou seguimentos de atividades industriais (Quirino, 1991).

Na busca por um aglutinante ideal para produção de briquetes, destaca-se o adesivo à base de silicato, devido a seu custo relativamente baixo e sua grande resistência térmica. Os adesivos à base de silicatos são produtos de caráter alcalino, que apresentaram grande poder adesivo e secagem rápida. Geralmente, fornecem maior rigidez aos substratos aos quais são adicionados, além de possuírem boa aplicabilidade e alto teor de sólidos. Apresentam-se em forma líquida viscosa, com aspecto variando do incolor ao branco. Silicatos solúveis são praticamente os únicos produtos químicos inorgânicos utilizados como adesivos. São especialmente convenientes, devido a sua excepcional força de adesão e rápida transformação em estado semi-sólido, causada por perdas de água relativamente pequenas (Ineos Sílica, 2006).

Hoje, praticamente todos os tipos de resíduos orgânicos (biomassa) podem ser reutilizados para produção de energia, como casca e galhos, serragem, bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, palha e sabugo de milho, maravalhas, empregando-se tecnologias mais sofisticadas.

De acordo com a finalidade dada aos briquetes, estes deverão apresentar características ideais, como resistência ao manuseio, transporte, estocagem, acendimento e, principalmente, baixa toxidez para uso doméstico e resistência ao calor, funcionando com termorredutor, para o setor siderúrgico.

Alguns trabalhos sobre sua produção e uso foram desenvolvidos por empresas siderúrgicas e instituições de ensino e pesquisa, mas a bibliografia disponível sobre o assunto é ainda escassa. Estudos de caracterização destes se fazem necessários para melhor orientação dos consumidores e também do mercado sobre o produto.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar as propriedades dos briquetes, produzidos a partir de finos de carvão vegetal e adesivo à base de silicato de sódio, para geração de energia. Dessa forma, procurou-se estudar os fatores que influenciam a briquetagem dos finos de carvão vegetal, como a granulometria e proporção de aglutinante; e determinar as propriedades físicas, químicas e mecânicas dos briquetes.

Materiais e Métodos

Para produção dos briquetes, foram utilizados 60 kg de carvão vegetal de *Eucalyptus* sp., originário da carbonização em fornos tipo “rabo-quente”.

O carvão foi fragmentado, homogeneizado e triturado em um moinho Renard para reduzir o tamanho das partículas. Os finos foram, posteriormente, passados em peneiras de 20, 35 e 60 mesh, agitadas por um agitador tipo Betel, para análises granulométricas. Para cada granulometria, foram recolhidos dois quilogramas de finos, os quais foram, posteriormente, armazenados em sacos plásticos.

Para a produção dos briquetes, foram utilizados os finos de carvão nas granulometrias de 20, 35 e 60 mesh e adesivo de silicato de sódio nas proporções de 15, 20, 25, 30 e 35%, contendo 45% de sólidos resinosos.

A mistura entre os finos de carvão e o adesivo foi feita, manualmente, com auxílio de um misturador, até a homogeneização dos componentes. Ao final da homogeneização, pesaram-se 40 gramas da mistura, a qual foi colocada em uma forma de aço com 30 cm de comprimento e 5,42 cm de diâmetro, sendo a área interna igual a 23,01 cm². Os briquetes foram prensados, durante um minuto a uma carga de nove toneladas.

Após serem prensados, os briquetes foram secos à temperatura de 200°C, durante 15 minutos. Foram fabricados dez briquetes por tratamento, totalizando 150

amostras.

A densidade aparente dos briquetes foi obtida, seguindo-se os procedimentos da norma ABNT NBR 9165 e as normas complementares NBR 5734.

Foram determinados o teor de umidade, materiais voláteis, cinzas e carbono fixo, aplicando-se a metodologia expressa na norma NBR 8112 e adotando as normas complementares NBR 5734 e NBR 6923.

O poder calorífico superior dos briquetes foi determinado utilizando-se a metodologia descrita pela norma da NBR 8633 e pelas normas complementares NBR 5734 e NBR 6923.

Na avaliação do experimento adotou-se o delineamento inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial com dois fatores (granulometria e porcentagem de adesivo) e dez repetições. Foi utilizada a análise de regressão para a avaliação dos tratamentos.

Resultados e Discussão

A análise de regressão foi utilizada para associar o efeito da granulometria dos finos de carvão vegetal e dos teores de adesivo nas propriedades dos briquetes, empregando-se o software STATISTIC 2006. Na escolha das equações de regressão considerou-se a significância dos coeficientes, testada em nível de 5% de probabilidade, e o coeficiente de determinação (R²).

Analisando a Figura 1, observa-se que com o

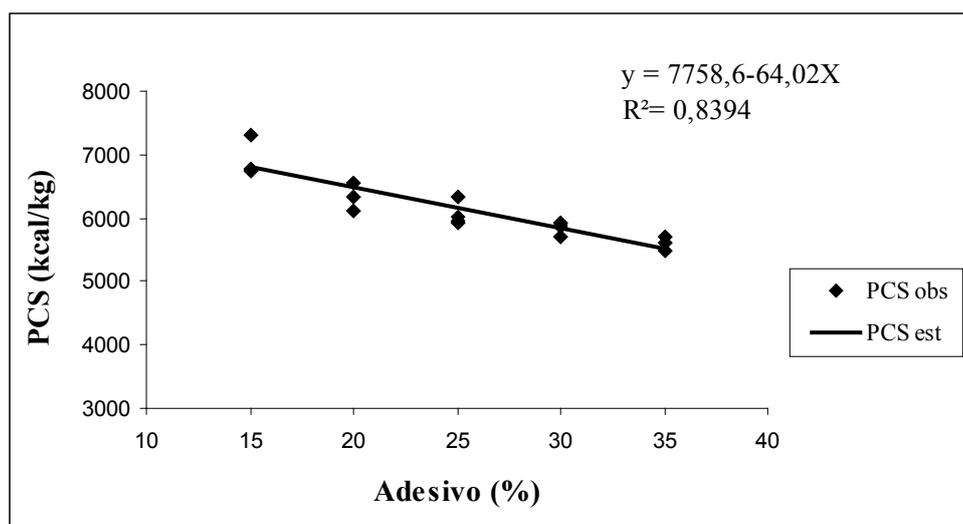


Figura 1. Valores observados e estimados do poder calorífico em função de diferentes porcentagens do adesivo de silicato de sódio.
Figure 1. Observed and estimated calorific power values as affected by percentages of sodium silicate adhesive.

aumento das porcentagens do silicato de sódio, houve uma diminuição do poder calorífico. Este decréscimo se deve ao baixo poder calorífico dos constituintes do adesivo de silicato de sódio que, de acordo com Solvay Portugal (2006), é produzido por fusão de uma mistura de areia e soda.

Melo (2000) pesquisando produção de briquetes a partir de finos de carvão aglutinado com alcatrão, obteve poder calorífico médio de 7639 kcal/kg, sendo este valor maior que os observados neste trabalho. Isso se deve ao tipo de aglutinante utilizado para a produção dos briquetes, visto o alto poder energético do alcatrão, que ultrapassa o valor médio de 8.000 Kcal/kg.

A análise de regressão indicou que os percentuais médios de cinzas dos briquetes foram afetados pelas diferentes proporções do adesivo de silicato de sódio, ocorrendo interações significativas entre as variáveis.

Observou-se que, em geral, aumentando as porcentagens de adesivo na formulação dos briquetes, foram aumentados também, os percentuais de cinzas dos mesmos (Figura 2), com isso, os briquetes produzidos com 35% de adesivo apresentaram mais cinzas. Provavelmente, tal ocorrência é devido à presença da

sílica, um dos constituintes do adesivo que aparece como resíduo do processo de degradação do material pelo calor. Altos percentuais de cinzas nos briquetes são indesejáveis, uma vez que, as cinzas contribuem para redução do poder calorífico, conforme pode ser constatado na Figura 1.

Lucena et al. (2008) analisaram as características de briquetes de carvão vegetal a partir de resíduos siderúrgicos (moinha) e verificaram a influência das mesmas sobre seus desempenhos quando submetidos ao processo de redução e oxidação através de um índice denominado “índice de combustão” (ICOM), integrando, num só valor, o tempo de combustão, a temperatura gerada durante a combustão e a massa consumida para gerá-la. A análise imediata da moinha de carvão, utilizada para confecção dos briquetes, revelou que a moinha apresentava 9,5 % de umidade, 59,5% de carbono fixo, 25,1% de materiais voláteis e 25,4% de cinzas. Foram utilizados diferentes tipos de adesivos e, segundo às análises, os briquetes, definidos como A e B, apresentaram valores de poder calorífico superiores a 4.500 Kcal/kg.

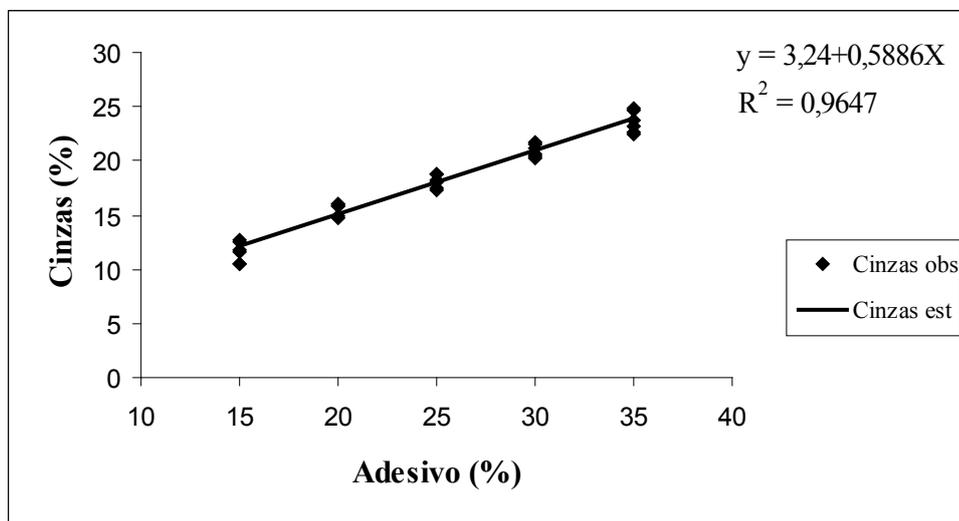


Figura 2. Valores observados e estimados do teor de cinzas em função de diferentes porcentagens do adesivo silicato de sódio.
Figure 2. Observed and estimated ashes content as affected by the percentages sodium silicate adhesive.

Apesar do baixo coeficiente de determinação, na análise de regressão observou-se efeito significativo apenas para granulometria no percentual de materiais voláteis, não ocorrendo efeito do teor de adesivo. Conforme pode ser observado na Figura 3, a redução do tamanho

da partícula de carvão acarretou uma ligeira diminuição de materiais voláteis presentes. Os valores médios de materiais voláteis dos briquetes, para os diferentes tratamentos, ficaram próximos aos recomendados para uso tanto siderúrgico quanto residencial.

Cruz (2008) produziu briquetes a partir da adição de finos de carvão vegetal de *Schizolobium amazonicum* (paricá) aos finos de *Eucalyptus* sp. com diferentes proporções de adesivos, amido de milho e silicato de sódio, utilizando-se para isso, duas granulometrias, 35

e 60 mesh. Segundo o autor, os maiores percentuais de materiais voláteis despreendidos dos briquetes foram observados naqueles produzidos na granulometria de 60 mesh e sem de adição de finos de carvão de paricá.

A análise de regressão indicou que os percentuais

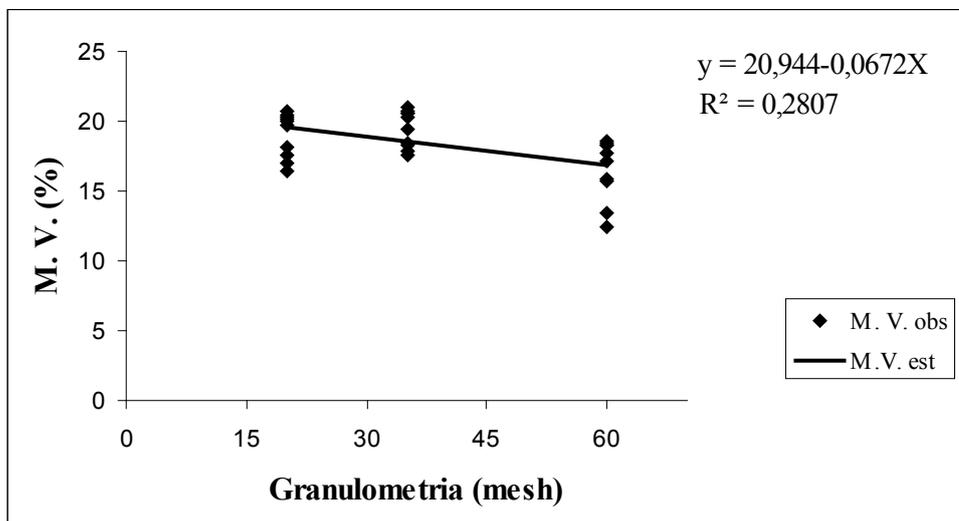


Figura 3. Valores observados e estimados dos materiais voláteis em função da granulometria.

Figure 3. Values observed and estimated of the volatile materials in function of granulometries

de carbono fixo dos briquetes foram afetados pelos tratamentos. Na Figura 4, pode-se observar um decréscimo do carbono fixo dos briquetes à medida que se aumentou o tamanho das partículas dos finos de carvão e a quantidade de adesivo na formulação dos briquetes.

Os maiores valores médios de carbono fixo foram encontrados nos briquetes produzidos com 60 mesh e 15 % de adesivo, evidenciando que quanto menor quantidade de adesivo adicionado aos finos para produção de briquetes, maior será o teor de carbono fixo e conseqüentemente maior o poder calorífico. Vale ressaltar a importância da granulometria, visto que

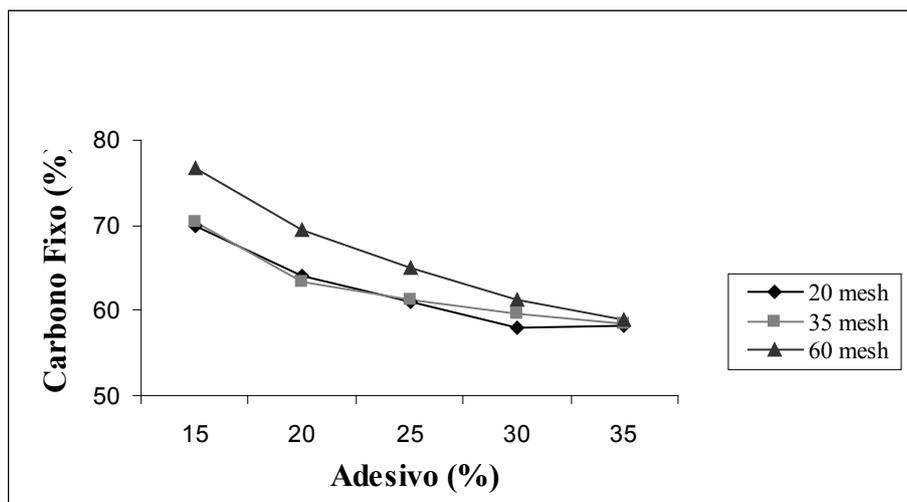


Figura 4. Valores observados do teor de carbono fixo em função de diferentes porcentagens do adesivo silicato de sódio e das granulometrias. *Z = granulometria

Figure 4. Observed and estimated amount of carbon as affected by the percentages of sodium silicate adhesive and granulometries. *Z = granulometries

quanto menor o tamanho da partícula maior é a área superficial da mesma, necessitando de mais adesivo para obter maior resistência mecânica.

O teor de carbono fixo, observado por Cruz (2008), foi maior nos briquetes produzidos a partir da mistura de 5% de finos de carvão vegetal de *S. amazonicum* sobre a massa de finos de *Eucalyptus* sp. e com granulometria de 35 mesh.

O teor médio de carbono fixo (82,08%) descrito por Melo (2000) foi maior que os valores apresentados neste trabalho, isso se deve ao uso do adesivo de silicato de sódio que é rico em minerais, principalmente sílica. Mas, no entanto ressalta-se o baixo custo deste adesivo, tornando-o competitivo para a produção dos briquetes.

A análise de regressão evidenciou efeito das diferentes porcentagens do adesivo e das granulometrias sobre a densidade dos briquetes de carvão vegetal.

Na Figura 5, verifica-se que a densidade aparente dos briquetes aumentou à medida que se aumentou as porcentagens do adesivo de silicato de sódio, sendo que, as maiores densidade foram encontradas nos briquetes produzidos com 35% de adesivo. Tal fato é devido a uma maior compactação dos briquetes, ocasionando menor volume, para a mesma unidade de massa. Os briquetes produzidos com finos na granulometria de 35 mesh apresentaram os maiores valores médios de densidade aparente.

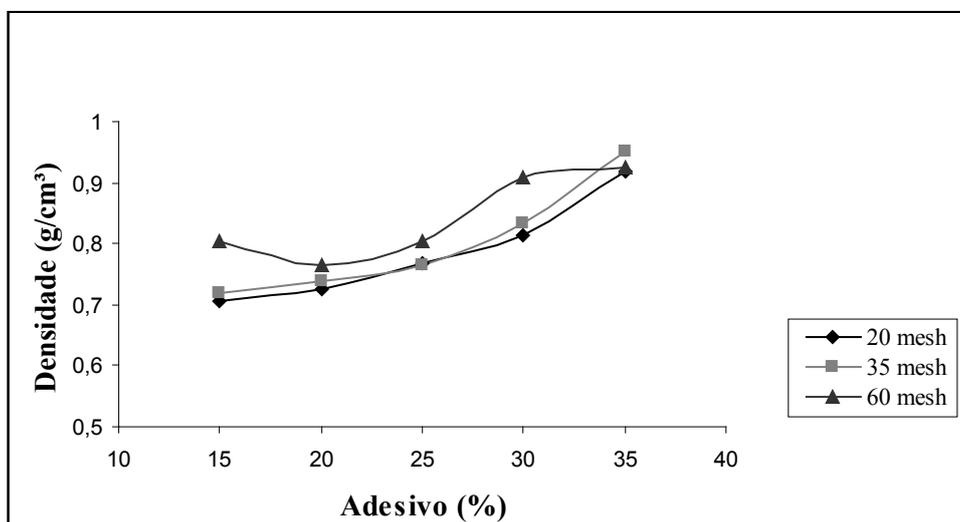


Figura 5. Valores observados da densidade aparente em função de diferentes porcentagens do adesivo silicato de sódio e das granulometrias. *Z = granulometria

Figure 5. Observed and estimated densities as affected by the percentages of the sodium silicate adhesive and granulometries. *Z = granulometries

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos para as propriedades físico-químicas dos briquetes de finos de carvão vegetal, pode-se concluir que os briquetes, produzidos com finos de carvão vegetal e adesivo de silicato de sódio, são uma fonte viável para geração de energia e aproveitamento de resíduos.

Concluiu-se que quanto maior o teor de adesivos dos briquetes, maiores foram os valores da densidade aparente e menores os do carbono fixo e do poder calorífico. Por outro lado, conclui-se que a granulometria dos finos de carvão vegetal não teve efeito isolado sobre

as propriedades dos briquetes, exceto para a quantidade de materiais voláteis.

De acordo com este trabalho, os briquetes produzidos com o adesivo de silicato de sódio são recomendados como fonte energética em usos doméstico e comercial, tais como churrasqueiras, fornos de pizzarias e restaurantes, lareiras, caldeiras e outros.

Agradecimentos

À Deus, aos professores Benedito, Cássia e Ricardo, à Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste trabalho, a Coordenação de

Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo, a todos os funcionários e amigos do Laboratório de Painéis e Energia da Madeira/UFV, à Tubominas Indústria e Comércio Ltda.

– Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOLVAY PORTUGAL. Disponível em: <www.solvayportugal.pt>. Acesso em: 27 dez. 2006. Florestal)

– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Referências bibliográficas

ANTUNES, R. C. Briquetagem de carvão vegetal. In: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS/CETEC. **Carvão Vegetal: destilação, propriedades e controle de qualidade**. Belo Horizonte, V.1, p.197-206, 1982.

CRUZ, F.M. **Propriedades de briquetes fabricados com finos de carvão de Eucalyptus sp. e Schizolobium amazonicum (Paricá)**. 2008. 50f. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FONTES, P. J.; QUIRINO, W. F.; OKINO, E. Y. **Aspectos técnicos da briquetagem de carvão vegetal no Brasil**. Brasília, DF. Laboratório de Produtos Florestais, Departamento de Pesquisas, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. p. 1-14. 1989.

INEOS SILICA - Innovation center, Silicatos solúveis e suas aplicações; Disponível em: <www.ineossilica.com> Acesso em: 27 dez. 2006.

LIMA, W. P.; **Impacto Ambiental do Eucalipto**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 301p.1996.

LUCENA, D.A.; MEDEIROS, R.D.; FONSECA, U.T.; ASSIS, P.S. Aglomeração de moinha de carvão vegetal e sua possível aplicação em alto-forno e geração de energia. **Tecnologia em Metalurgia e Materiais**, São Paulo, 1996. V.4, n.4, p. 1-6, abr.-jun. 2008

MELO, V. P. S.; **Produção de briquetes de carvão vegetal com alcatrão de madeira**. Viçosa, 2000. 53p.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa.

QUIRINO, W. F. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal**. Piracicaba, 1991. 64f.. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)