

CARBONIZAÇÃO DE CASCAS DE COCO ¹

Sergio Neves Monteiro²
Luciano Basto Oliveira³
Miguel Angelo da Gama Bentes⁴
Rafaela Cristina Landeiro da Silva⁵
Carlos Maurício Fontes Vieira⁶

Resumo

O carvão obtido de resíduos vegetais por carbonização autógena e sem emissões atmosféricas é um material ambientalmente correto para atender à crescente demanda por energéticos e redutores de processo metalúrgicos. O objetivo deste trabalho foi investigar a carbonização de fibras e cascas descartadas de coco verde. A carbonização autógena foi realizada em câmara fechada a 800°C por 6 horas. Tanto o carvão quanto os produtos voláteis foram avaliados em relação ao potencial energético. Os resultados obtidos mostraram que o carvão é de qualidade siderúrgica e pode ser classificado na média superior em comparação com outros energéticos brasileiros. Os produtos voláteis da carbonização não apresentaram potencial para comercialização. Entretanto, um estudo baseado em aplicações específicas pode levar a resultados mais adequados ao uso comercial destes produtos.

Palavras-chave: Carbonização autógena; Coco descartado; Carvão de coco; Energético siderúrgico.

CARBONIZATION OF COCONUT CRUSTS

Abstract

Charcoal obtained from vegetable wastes by controlled carbonization without atmospheric emission is an environmentally correct material to attend the growing demand for energetic and reducing agents in metallurgical processes. The objective of this work was to investigate the characteristics of a charcoal produced from discarded crusts of green coconut by carbonization. The autogenous carbonization process was conducted in a closed chamber at 800°C for 6 hours. The final products, charcoal and volatile compounds, were evaluated for the potential as energetic materials. The results have shown that the charcoal is appropriated for steel making and has superior quality in comparison with the average performance of other Brazilian energetic materials. The remaining volatile products did not show a potential for commercialization. However, a study based on specific applications can lead to more suitable results for commercial applications of those volatile materials.

Key words: Carbonization; Coconut crust; Coconut charcoal; Steel making energetic.

¹ *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

² *PhD, Professor Titular, Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, CCT/UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, 28015-620, Campos dos Goytacazes, RJ – Brasil. sergio.neves@ig.com.br.*

³ *D.Sc., Empresa Brasileira de Energia*

⁴ *M.Sc., Companhia Siderúrgica Nacional, CSN.*

⁵ *Químico Industrial, USS*

⁶ *D.Sc., Professor, LAMAV – CCT/UENF.*

INTRODUÇÃO

O uso de energéticos renováveis que possam substituir os tradicionais fósseis como o petróleo, gás e carvão é hoje um dos grandes desafios enfrentado pela humanidade no sentido de solucionar o problema do aquecimento global.^[1] Países tropicais como o Brasil possuem condições favoráveis para a produção de materiais energéticos renováveis a partir da diversidade de espécies vegetais e do clima apropriado. A cana de açúcar para produção de álcool e a mamona para biodiesel são exemplos postos em prática com grande sucesso.^[2] Além de espécies cultivadas, o Brasil possui também grandes quantidades de diversos resíduos vegetais que, apesar de não serem propícios à fabricação de álcool ou biodiesel, podem produzir energia térmica. Um exemplo típico é o bagaço da cana cuja maior parte é queimada nas caldeiras das usinas para produzir vapor energético.

A casca do coco é outro resíduo cuja quantidade vem aumentando de maneira significativa em função da ampliação do consumo da água de seu fruto e da industrialização do leite e da polpa para fins culinários. Para uma produção atual estimada em 3 milhões de toneladas/ano de coco,^[3] calcula-se que sejam descartadas pelo menos 2 milhões de toneladas anuais de cascas como resíduo. Segundo Andrade et al.,^[4] a casca residual acaba sendo lançada em lixões e aterros sanitários caso não venha a poluir diretamente o ambiente. Isto tem contribuído para aumentar os serviços municipais de coleta, transporte e deposição de lixo. Devem-se considerar também o longo tempo de decomposição total da casca do coco, 8 a 12 anos, e o seu impacto negativo ao ambiente, gerando emissões de gases causadores do aquecimento global, mesmo em aterros sanitários.

Apesar da prática cultural brasileira de descarte da casca de coco verde, em princípio, este resíduo poderia ser aproveitado para gerar energia térmica pela queima direta em fornalhas ou para a produção de carvão vegetal.^[5] O poder calorífico superior do coco é de cerca de 4.200 kcal/kg em base seca, o que o torna um energético potencial em comparação com a turfa e alguns carvões brasileiros. Além disto, a casca do coco poderia ser carbonizada para a produção de carvão vegetal. É importante imaginar que além do uso como simples combustível, o carvão produzido do coco verde, a partir de agora denominado carvão de coco, poderia também ser empregado como agente redutor de processos siderúrgicos, tal como a produção de ferro gusa em alto forno. Assim, objetivo do presente trabalho foi investigar as características do carvão e compostos voláteis obtidos por carbonização autógena de cascas de coco verde já descartadas. Procurou-se também avaliar se este carvão poderia se candidatar como fonte energética e/ou alternativa redutora de processos siderúrgicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Cocos verdes residuais obtidos do sistema de coleta de lixo da cidade do Rio de Janeiro foram separados ao caso em lotes para permitir uma avaliação estatística. Todos os cocos eram provenientes de frutos dos quais havia sido retirada a água, mas deixada a polpa, que já se encontrava em estado de decomposição. Para facilitar a compreensão relativa ao material coletado, a Figura 1, extraída de outras publicações,^[6,7] ilustra as partes de um fruto de coco. Nesta figura percebe-se que as partes efetivamente aproveitadas para a carbonização correspondem ao epicarpo, o mesocarpo e o endocarpo que, no total, perfazem cerca de 90% em peso do fruto.

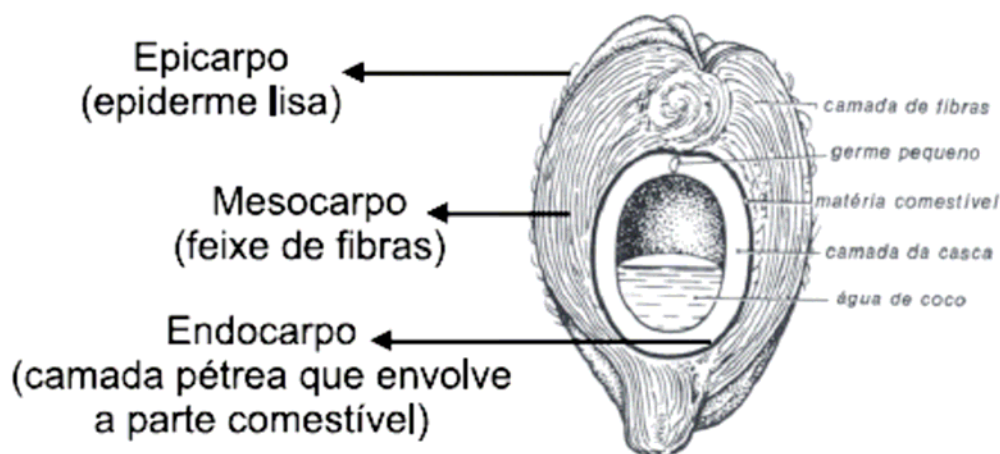


Figura 1 – Corte longitudinal do fruto do coco mostrando suas diversas partes. [6,7]

O conjunto formado pelo epicarpo e mesocarpo corresponde à parte fibrosa do fruto e será, a partir de agora, denominado de fibra do coco. Por outro lado, o endocarpo, correspondente à parte mais dura da casca será denominado de casca do coco.

As massas de fibra e de casca foram obtidas por pesagem em balança analítica com 0,01 g de precisão, sendo a massa da polpa obtida por diferença em relação à massa total de cada coco como recebido. Após separação, a fibra e a casca foram secas por 24 horas a 105°C e novamente pesadas. Fragmentos retirados da fibra e da casca após secagem foram pulverizados por ação mecânica até atingir-se um tamanho de partículas inferior a 106 µm. Estas partículas serviram de amostras para o balanço de massa e a capacidade calorífica dos materiais. As porções restantes das fibras e cascas foram destinadas aos ensaios de carbonização.

A carbonização autógena das fibras e cascas de coco foi realizada em um forno, inicialmente aberto para permitir ignição e em seguida fechado, exceto por uma abertura superior para saída de fumos. Este processo foi realizado a uma temperatura de 800°C em um tempo de somente 6 horas, considerando que a casca do coco já estava seca. Encerrado o aquecimento, manteve-se uma vazão de nitrogênio para permitir resfriamento. A amostra foi retirada quando a temperatura atingia 100°C. A medida do poder calorífico do carvão obtido foi realizada em uma bomba calorimétrica PARR 1261, atendendo às normas NBR 8628 (“determinação de do poder calorífico superior e inferior”) e com base na norma ASTM D5865 (“standard test method for gross calorific value of coal and coke”) A análise dos produtos voláteis condensáveis foi realizada em um equipamento de infravermelho “Spectrum One FT/IR”, de marca Perkin Elmer.

A microestrutura do carvão do coco e de outros carvões minerais foi analisada por microscopia eletrônica de varredura, MEV.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta uma vista geral do forno utilizado no teste de carbonização autógena. Após a ignição, nos dez minutos iniciais de aquecimento, apareceram os primeiros fumos. Com uma hora de aquecimento surgiu uma fumaça mais densa constituída de subprodutos formados, sobretudo pelos compostos voláteis condensáveis.



Figura 2 – Forno de carbonização no estágio inicial de aquecimento.

Os produtos carbonizados que restaram na cuba do forno eram constituídos por carvão com seu teor residual de cinzas e voláteis não desprendidos. Este carvão de coco apresentou-se frágil e mais leve, ou seja, com menor densidade em relação ao carvão de madeira do tipo pinus. Tais características podem estar associadas à maior porosidade da matéria prima, sobretudo das fibras do coco. Esta maior porosidade pode ser benéfica para aplicações do carvão de coco em sistemas de filtragem e na forma ativada para as indústrias de medicamento e alimento. Além disto, um carvão de maior porosidade tende à maior reatividade ou, em última análise, maior velocidade de combustão. A Figura 3 mostra uma comparação entre aspectos microscópicos de fragmentos de carvão de casca de coco (a) comparado com carvão mineral de uso em injeção via ventaneiras (b). Observa-se na Fig. 3(a) uma porosidade maior no carvão de coco, o que conduz a possibilidade de, comparativamente, uma eficiência de combustão mais elevada.

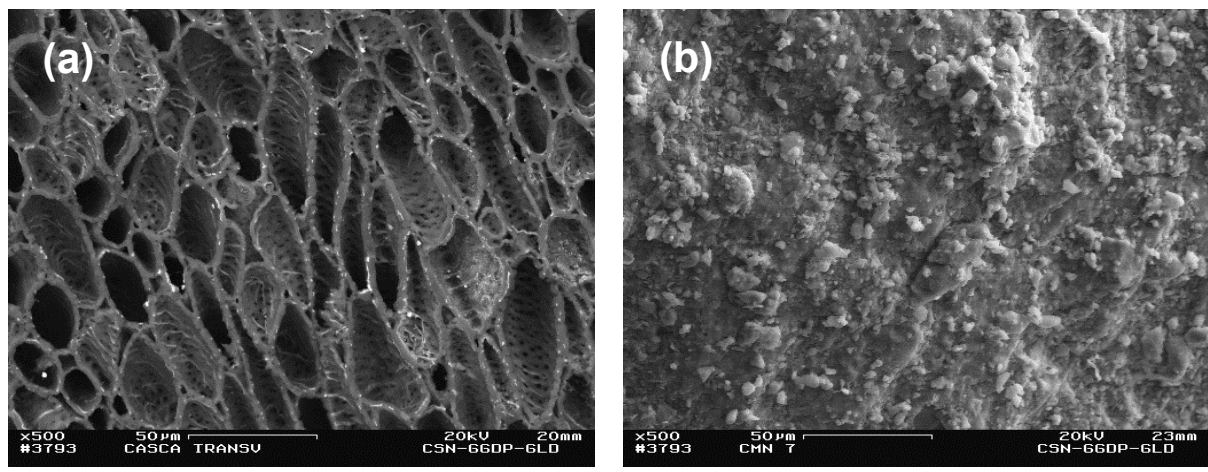


Figura 3 – Micrografias por MEV da estrutura: (a) carvão do coco e (b) carvão mineral brasileiro.

O balanço de massa, desde o fruto residual no estado bruto, obviamente já sem a água, até a obtenção do carvão de coco está apresentado na Figura 4. Observa-se nesta figura que grande parte da massa de casca de coco é devida a umidade, da ordem de 70%. Do total carbonizado, tomando a base úmida, somente 5,4 % foi convertido em carvão. Por outro lado, considerando-se a ausência de umidade, ou base seca, a geração de carvão a partir do coco totalmente seco é da ordem de 54,3%, sendo 32% proveniente da fibra e 22,3% da casca. Este valor do carvão gerado em base seca é relativamente elevado em comparação com a madeira pinus que, também em base seca somente rende 25%.

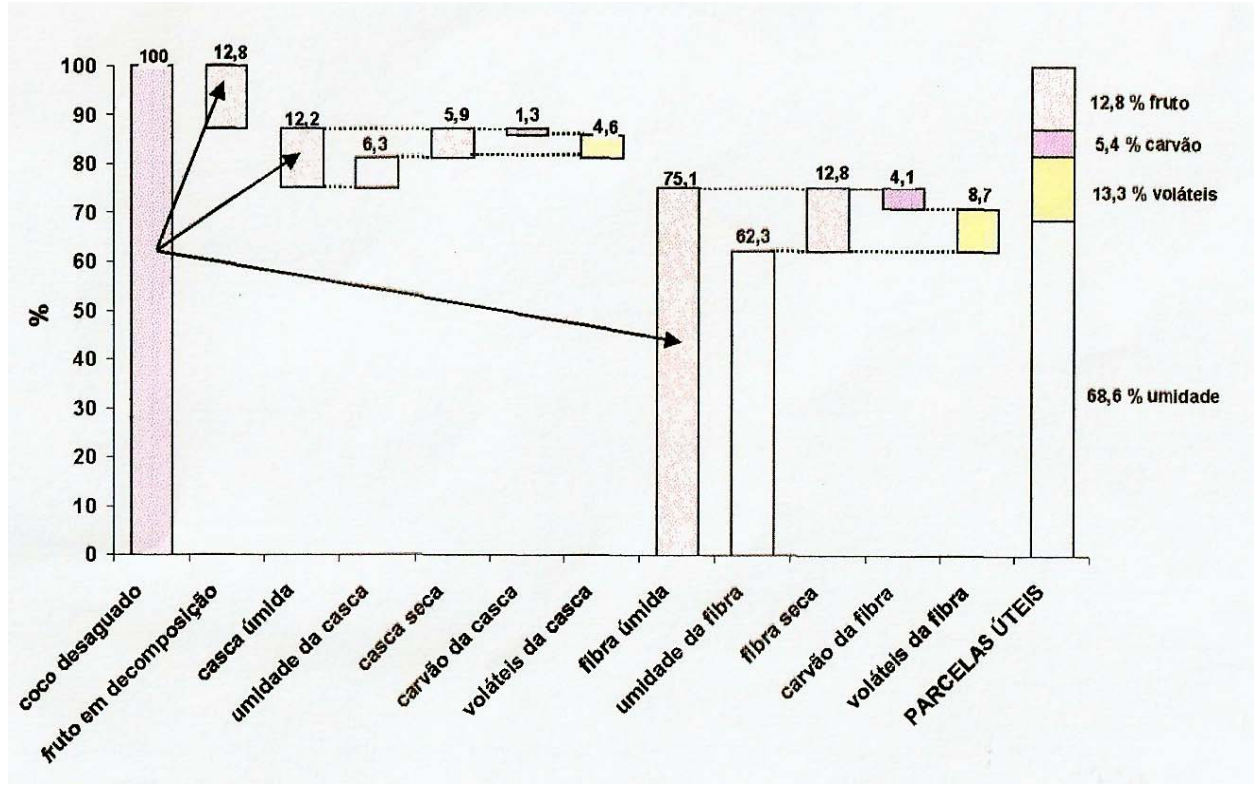


Figura 4 – Balanço de massa da carbonização do coco verde residual.

A Figura 5 apresenta o poder calorífico superior (PCS) do coco seco e do seu carvão em confronto com o PCS de outros energéticos brasileiros que estão indicados na figura e cujas siglas indicam:

- CC-seco → coco seco investigado no presente trabalho;
- CC-carvão → carvão do coco seco investigado no presente trabalho;
- TU-SP → turfa do estado de São Paulo;
- PA-RS → palha de arroz do Rio Grande do Sul;
- CV-MG → carvão vegetal de Minas Gerais;
- CE-SC → carvões minerais de Santa Catarina;
- CE-PR → carvões minerais do Paraná;
- CE-RS → carvões minerais do Rio Grande do Sul;
- CR (1-10) → carvões minerais energéticos brasileiros considerados para uso em uma usina siderúrgica.

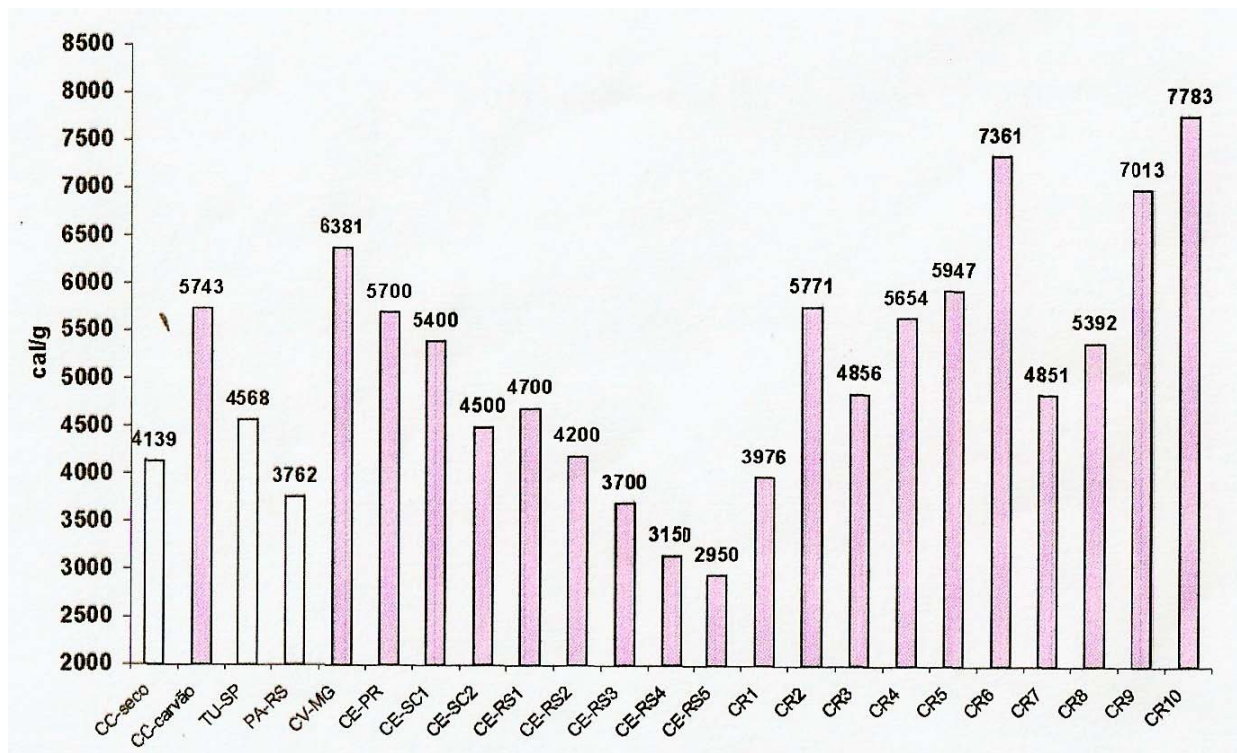


Figura 5 – Poder calorífico do coco seco e seu carvão comparado com outras fontes energéticas típicas do Brasil e oriundas de biomassa, turfa e carvões minerais.

Em relação aos dados da Figura 5 é importante comentar que, como fonte energética o coco seco apresenta um valor de PCS na média relativamente às demais fontes energéticas brasileiras. Por outro lado, o carvão deste coco possui PCS superior à média dos energéticos considerados na figura.

Dentro do objetivo do presente trabalho, o principal aspecto investigado foi a possibilidade de aplicação siderúrgica do carvão do coco. Verificou-se que, considerando a fragilidade do carvão obtido, o mesmo poderia ser considerado para emprego na injeção em ventaneiras de alto forno.

A Tabela 1 mostra a análise imediata do carvão de casca de coco, em base seca, tanto da fibra como da casca, bem como o valor médio do conjunto e uma simulação com ajuste do ciclo de encharque, com o teor de voláteis atingindo 30%. Embora o teor de matéria volátil de 45,2%, em base seca, seja maior que o limite máximo de 35% especificado normalmente pelas siderúrgicas, tal ajuste no ciclo de encharque da carbonização pode trazer a percentagem de voláteis para dentro da faixa de especificação. Por outro lado o teor de cinzas supera o limite de 11 a 12%, também normalmente especificado pelas siderúrgicas.

Tabela 1 – Características obtidas por análise imediata de carvão do coco (base seca)

Item	% cinzas	% matéria volátil	% carbono fixo	% massa
Fibra (F)	14,8	47,5	37,8	72,7
Casca (C)	5,2	39,0	55,8	27,3
Média (F + C)	12,2	45,2	42,7	100
Simulação (ajuste do ciclo de encharque)	15,5	30,0	54,5	100

A opção de uso de carvão do coco na injeção por ventaneiras é facilitada quando se mistura com carvão mineral com baixos teores de voláteis e cinzas. Desta maneira, atinge-se uma mistura de carvão para injeção com características adequadas para a siderurgia. Tal aplicação está em estudo pelos autores, particularmente pelos aspectos de eficiência de combustão e será tema de futuros trabalhos.

Um outro ponto de grande relevância para uso siderúrgico do carvão de coco é o seu teor de enxofre contido no pouco de cinza que restou da carbonização. A Figura 6 apresenta este teor de enxofre em comparação com os valores correspondentes aos outros energéticos que foram listados na Figura 5.

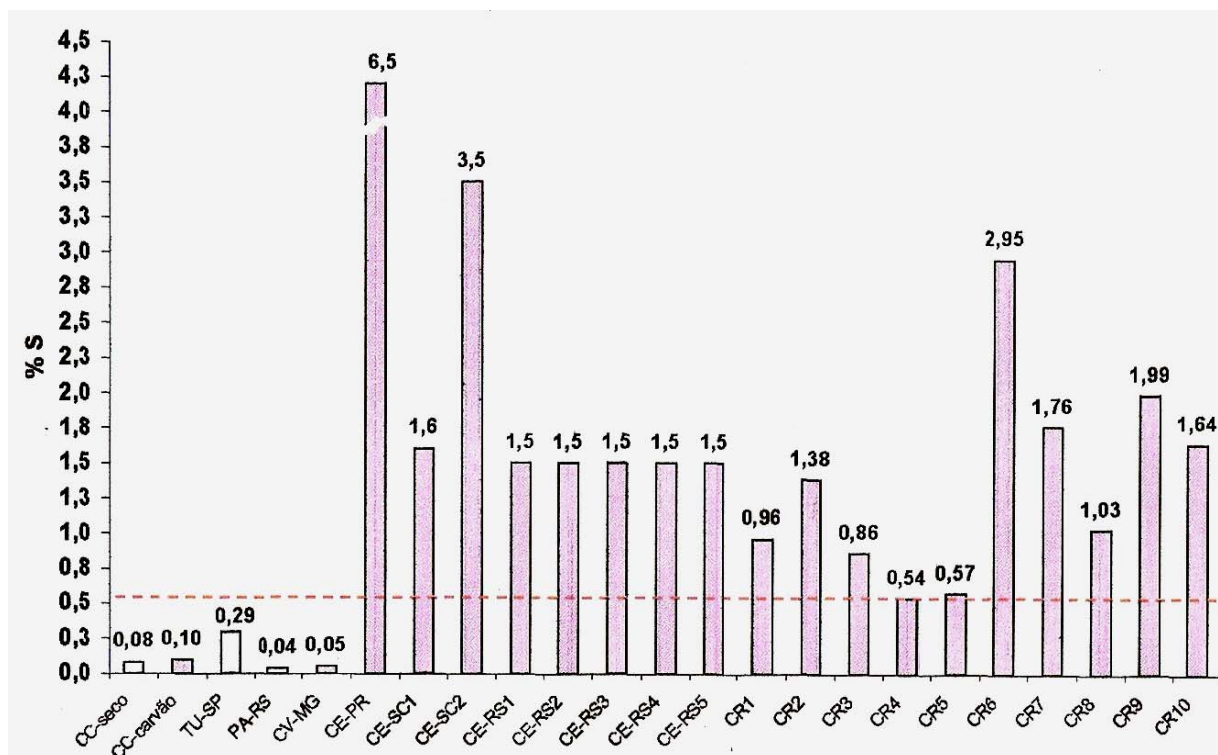


Figura 6 – Comparação do teor de enxofre das cinzas do coco seco e do seu carvão com outros redutores investigados para aplicação siderúrgica.

Na Figura 6 também está apresentada uma linha horizontal tracejada correspondente ao limite máximo de 0,55% aceito pelas usinas siderúrgicas, no caso da Companhia Siderúrgica Nacional, CSN, este limite é de 0,45%. Nesta figura é importante verificar que tanto o coco com 0,08% e seu carvão, 0,1 % S estão bem abaixo do limite siderúrgico. Isto se constitui em uma grande vantagem para estes energéticos em relação ao uso siderúrgico.

Vale aqui mencionar que resultados preliminares referentes à avaliação da matéria volátil não demonstraram a existência, em valores elevados, de compostos condensáveis resultantes da carbonização do coco verde que possam ter interesse comercial. Por exemplo, não foi constatada a existência de hidrocarbonetos oleosos que pudessem viabilizar a obtenção de biopiche. Além disso, a quantidade de ácido acético, associada à acidez de 0,6% e o pH 4 também inviabilizam o uso dos compostos voláteis para insumo agrícola.

Finalmente, considerando-se o processo de carbonização autógena, o uso destes voláteis como fonte energética ao próprio processo parece ser a alternativa mais adequada.

CONCLUSÕES

Os resultados da carbonização autógena, em sistema fechado com coleta de fumos, do coco verde descartado após o uso da sua água revelaram a possibilidade de emprego do carvão de coco como energético e redutor siderúrgico.

O carvão do coco foi classificado na média superior, em relação ao seu poder calorífico quando comparado com outras fontes energéticas brasileiras como a palha de arroz, a turfa e carvões minerais dos estados do sul do país.

O teor de enxofre do carvão do coco é baixo, o que se constitui em uma vantagem siderúrgica. Os voláteis da carbonização não apresentam interesse

comercial e assim podem ser reduzidos, ajustando-se o encharque térmico para permitir que o carvão possa ser usado nas ventaneiras de alto forno, tornando tais voláteis como fonte energética do próprio processo de carbonização do coco.

O uso de carvão de coco em mistura com carvões minerais de baixos teores de voláteis e cinzas tende a apresentar um emprego mais adequado tanto no aspecto operacional-tecnológico quanto no ambiental. Tal possibilidade está atualmente sendo estudada pelos autores do presente trabalho.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPERJ, CNPq, Capes e FENORTE/TECNORTE. Os autores agradecem também à CSN pela utilização de seus equipamentos.

REFERÊNCIAS

- 1 IPCC, **Climate change: The scientific basis**, Third Assessment Report, Washington, 2001.
- 2 Ministério de Minas e Energia, **Balço energético nacional**, Brasília: Governo Federal, 2005.
- 3 D'ALMEIDA, J.R.M.; MONTEIRO, S.N. Compósitos reforçados com fibras naturais – Oportunidades e desafios. In: 58º CONGRESSO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA E MATERIAIS, julho de 2003, Rio de Janeiro, p. 1725-1734.
- 4 ANDRADE, A.M.; PASSOS, P.R.A.; MARQUES, L.G.C.; OLIVEIRA, L.B.; VIADAURRE, G.B.; ROCHA, J.D.S. Pirólise de resíduos de coco da Bahia (Cocos nucifera) e análise do carvão vegetal, **Revista Árvore**, v. 28, n. 5, p. 1-16, 2004.
- 5 NOGUEIRA, L.A.H.; LORA, E.E.S.; TROSSERO, M.A.; FRISK, T. **Dendroenergia: Fundamentos e aplicações**, Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, 2000.
- 6 ERHARDT, T.; BLÜMCKE, A.; BURGER, W.; MARKLIN, M.; QUINZLER, G. **Física e química aplicada a fibras têxteis – tecnologia**, v. 2, São Paulo: Editora pedagógica e Universitária/ EDUSP, USP, 1976.
- 7 FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A., **A cultura do coqueiro no Brasil**, 2ª Ed., Brasília: EMBRAPA-SPI, 1998.