

APROVEITAMENTO ENERGÉTICO E DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E REOLÓGICAS DE ÓLEO DE CASCA DE COCO

Roberto G. Pereira

temrobe@vm.uff.br

Jorge L. Oliveira

jlo@montreal.com.br

Universidade Federal Fluminense - UFF, Departamento de Engenharia Mecânica
Rua Passo da Pátria, nº 156, CEP: 24.210-240 – São Domingos, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil
Telefone(0xx21) 2620-7070 – Ramal: 359, 343, 230

Gilberto A. Romeiro

Carlos A. M. Pinto Filho

Universidade Federal Fluminense - UFF, Departamento de Química Orgânica
Outeiro de São João Batista, s/nº, CEP: 24.020-150 – Valonguinho, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

Cleber C. Costa

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola de Química.
Rua Brigadeiro Trompowsky, s/ nº, Centro Tecnológico, Bloco E, Sala 209.
CEP: 21.949-900 – Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Brasil.
Telefone: (0xx21) 2562-7537
misticus@yahoo.com

Resumo. *Refere-se o presente trabalho ao estudo do possível aproveitamento energético do óleo obtido a partir da casca de coco, bem como a verificação de suas propriedades físico-químicas e reológicas. As amostras de óleo da casca de coco foram obtidas através do processo de Conversão à Baixa Temperatura (Low Temperature Conversion - LTC) – da ordem de 400 °C, na presença de atmosfera inerte. Deste processo de obtenção do óleo resultam ainda mais três fases, que são: aquosa, gasosa e sólida. Com o objetivo de caracterizar o óleo foram realizadas análises para determinação de parâmetros, tais como ponto de fulgor, densidade, poder calorífico e viscosidade, entre outros. Nos ensaios reológicos realizados com as amostras em diferentes temperaturas (25, 60 e 90 °C) foi analisado o comportamento do fluido, obtendo-se desta forma as curvas de escoamento e viscosidade. Através do estudo reológico é possível observar diferença em importantes propriedades com a variação de temperatura, como por exemplo, a viscosidade.*

Palavras-chave: *Combustíveis, Reologia e propriedade de fluidos, Fontes renováveis de energia, Óleo vegetal, coco.*

1. Introdução

O coco, como é popularmente conhecido, é de origem Asiática, de família botânica da “Palmae” e nome científico de *Cocos Nucifera L.* A palmeira floresce o ano todo e de forma mais abundante no verão. O fruto (o coco) tem forma ovóide de coloração verde a amarela, de casca lisa, com tamanho médio de 25 cm de comprimento e 15 cm de diâmetro. Desenvolve-se melhor em solos arenosos de regiões de clima quente (Lorenzi, 1992). O fruto tem polpa abundante de até 2 cm de espessura e sua cavidade central contém a conhecida e tão apreciada “água de coco”. A palmeira pode ser cultivada não só na orla marítima, mas também nas regiões do interior e mesmo em locais de altitude de, aproximadamente, até 600 metros.

O óleo de casca de coco utilizado neste estudo foi obtido através de processo de conversão à baixa temperatura (LTC), processo este que começou a ser desenvolvido na década de 1980 por pesquisadores da Alemanha (Bayer et al, 1988).

Este trabalho tem como objetivo a determinação de propriedades físico-químicas e reológicas do óleo de casca de coco obtido por LTC, buscando caracterizar o óleo obtido através deste processo no sentido de verificar seu potencial na utilização como combustível.

Foram realizados testes reológicos de cisalhamento (*steady shear*), obtendo-se as curvas de escoamento e viscosidade (Ferguson, 1991 e Shenoy, 1996), em diferentes temperaturas. Algumas propriedades físicas e químicas também foram determinadas, como por exemplo: ponto de fulgor, densidade e poder calorífico, entre outras.

No processo de produção de óleo por LTC obtém-se ainda mais três fases, que são: aquosa, gasosa e sólida (carvão), sendo que a última também apresenta grande potencial energético.

2. Experimental

2.1. Matéria-prima

O cultivo do coco no Brasil se dá com maior intensidade na região Nordeste. Esta é a região que mais produz e o comercializa para as demais regiões brasileiras, tendo como mercado principal do fruto in natura a região Sudeste, mais precisamente as cidades costeiras dos Estados de São Paulo, Espírito Santo e Rio de Janeiro, sendo que o negócio se torna mais intenso no verão devido ao calor. Hoje já é cultivado também na região Centro-oeste.

Tratando-se de Rio de Janeiro, é imensa a quantidade de casca de coco descartada diariamente após ser consumida unicamente a água existente em seu interior.

A casca de coco leva, em média, seis anos para sua completa decomposição. Logo, a imensa quantidade descartada diariamente se torna um problema urbano, que se não removida provocará até mesmo poluição visual.

Do coqueiro tudo se aproveita, desde seu tronco e folhas na construção em geral até suas folhas e cachos, que quando deixados no solo após a colheita se constituem em fonte de matéria orgânica para o mesmo. No entanto, os produtores, na maioria das vezes por ignorarem sua importância na indústria ou como fonte de nutrientes, queimam todo este material.

2.2. Processo de conversão à baixa temperatura - LTC

O processo de conversão à baixa temperatura (Low Temperature Conversion - LTC) começou a ser desenvolvido na década de 1980 por pesquisadores da Alemanha (Bayer et al, 1988). Inicialmente este processo tinha como objetivo reaproveitar lodo residual de Estação de Tratamento de efluentes urbanos e industriais com potencial de reutilização comercial. No presente momento, grupos de pesquisadores da Universidade Federal Fluminense - UFF, vêm utilizando este processo com o objetivo de dar um destino final a diferentes biomassas (resíduos industriais, urbanos e agrícolas) com reaproveitamento energético, sendo que neste trabalho trata-se da biomassa da casca de coco.

Para o procedimento de conversão foi utilizado um reator do tipo batelada consistindo em um forno da marca Heraeus R/O 100, um controlador de temperatura, tempo e modo de operação também da marca Heraeus; um leito fixo constituído de vidro tipo boro-silicato marca Pyrex com juntas esmerilhadas de dimensões 1,40 m de comprimento por 0,07 m de diâmetro, e um sistema de coleta de líquidos consistindo de um condensador e um funil de separação de 500 mL de capacidade.

O LTC trata-se de um processo pirolítico à baixa temperatura, em atmosfera inerte, com temperatura variando entre 380 e 450 °C, sem adição de catalisadores.

O óleo de casca de coco utilizado neste estudo foi obtido através do processo de LTC, sob as seguintes condições: (1) temperatura de 380 °C; (2) atmosfera inerte (N₂); (3) vazão de 90 mililitros por minuto; (4) tempo de operação de 180 min., e (5) à pressão atmosférica.

Resultam quatro fases da conversão da casca de coco por LTC, que são: aquosa, gasosa, sólida (carvão) e orgânica (óleo), nas proporções conforme mostrado na Tab. (1) e Fig. (1). No processo de LTC aplicado à casca de coco foi obtido o óleo, numa média de 31,96% por conversão.

Tabela 1 – Dados percentuais dos produtos obtidos por LTC da casca de coco a T = 380 °C.

	% Óleo	% Carvão	% Gás	% Água
Conversão I	30,2	38,0	17,9	13,9
Conversão II	33,0	37,5	16,8	12,7
Conversão III	32,6	36,3	19,8	11,3
Média	32,0	37,3	18,2	12,6
Desvio padrão	1,5	0,7	1,5	1,1

A composição química do óleo e a qualidade do carvão são funções do resíduo utilizado como matéria-prima.

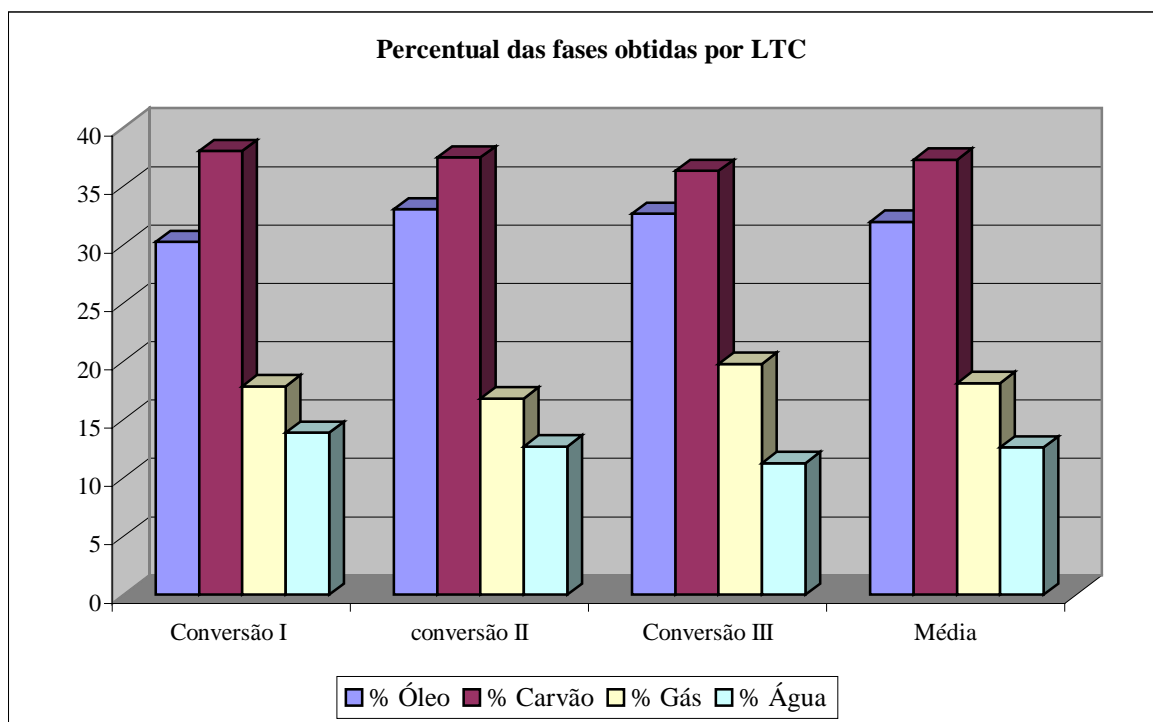


Figura 1. Distribuição percentual das fases obtidas por LTC da casca de coco a 380 °C.

3. Características físico-químicas

3.1. Ponto de fulgor

O ponto de fulgor dá informações sobre a volatilidade do produto e sua inflamabilidade, sendo muito útil para avaliar a segurança no armazenamento, transporte e manuseio. Permite também detectar contaminações com produtos mais leves.

O uso de óleo com baixo ponto de fulgor pode provocar problemas no pré-aquecimento, pois o volume excessivo de vapores pode causar pré-ignição no queimador. O baixo ponto de fulgor pode ainda produzir flutuações na chama do queimador ou até mesmo apagá-la.

Os óleos combustíveis nunca devem ser pré-aquecidos acima da temperatura de ponto de fulgor.

Já um elevado ponto de fulgor pode acarretar problemas na partida, especialmente com óleos mais leves e em tempo frio (IBP, 1986). A norma do conselho Nacional do Petróleo CNP-05 estabelece um ponto de fulgor mínimo de 66 °C para todos os tipos de óleo combustível.

A determinação do ponto de fulgor pode ser feita por vários aparelhos do tipo vaso fechado ou aberto. Para o óleo combustível utiliza-se o método MB-48 da ABNT-IBP (Vaso fechado Pensky-Martens).

O ponto de fulgor do óleo obtido pela LTC da casca de coco foi de 152 °C.

3.2. Densidade

Os combustíveis de destilação direta possuem, em geral, um °API maior do que os de óleos craqueados. O °API fornece idéia do tipo de refino que sofreu o óleo.

Algumas informações obtidas pela densidade de um óleo são:

- ❖ Quanto menor o °API: óleo mais pesado e viscoso, com maior resíduo de carbono;
- ❖ Quanto maior o °API: óleo mais leve, menos viscoso, com menor resíduo de carbono e maior poder calorífico.

A densidade, isoladamente, não tem muito significado como indicação para as características de queima de determinado óleo, mas em conjunto com outras propriedades é útil para dar noção de sua composição química e poder calorífico.

A densidade é determinada pelo método MB-104 da ABNT-API (método do densímetro).

O óleo de casca de coco obtido pelo método de LTC apresentou massa específica a 20 °C igual a 0,6873 g/ml e a 25 °C igual a 0,6852 g/ml.

3.3. Poder calorífico

A determinação do poder calorífico se dá em bomba calorimétrica com atmosfera de oxigênio, através de combustão da amostra (com peso conhecido) utilizando-se corrente elétrica, onde a energia liberada é detectada medindo-se o aumento de temperatura da bomba e da aparelhagem em redor. A Tab. (2) mostra os valores de poder calorífico superior (PCS) para as amostras de óleo e carvão produzidos por LTC e também da matéria-prima (casca de coco). O poder calorífico foi determinado de acordo com a norma ASTM 3286-6B.

Tabela 2 – PCS do óleo e do carvão produzidos por LTC e da casca de coco seca.

Amostra	Poder Calorífico (cal/g)
Óleo LTC	5.341
Casca de coco seca	3.980
Carvão LTC	6.580

O carvão resultante da LTC da casca de coco apresenta elevado valor de poder calorífico superior, o que indica o uso deste carvão como combustível.

A própria casca de coco, esta somente desidratada, apresenta também alto valor de poder calorífico superior. Fato este que a indica como bom combustível, se usado para queima direta.

A título de comparação têm-se na Tab. (3) alguns valores de PCS para outras biomassas e carvões.

Tabela 3 – Poder calorífico superior de outras biomassas e carvões.

Amostra	Poder Calorífico (cal/g)
Lenha (20% de umidade)	2.500 - 3.000
Serragem	2.500
Carvão mineral nacional	5.000 – 7.000
Carvão vegetal de 1ª qualidade	7.500
Torta de óleo de algodão	4.500
Torta de óleo de mamona	4.500
Bagaço de cana-de-açúcar	2.300
Óleo diesel	10.600

3. Características reológicas

Os testes reológicos foram todos realizados em um reômetro RS50 conectado a um banho termostático K20-DC5, ambos produzidos pela HAAKE. Devido ao estado de fluidez inicial da amostra foi utilizado um sensor do tipo cilindro concêntrico. Na Tabela (4) relacionam-se as dimensões do sensor utilizado, bem como a quantidade de amostra necessária para realização de cada ensaio com a amostra em estudo.

Tabela 4. Especificação do sensor de geometria cilindro concêntrico (DG-41).

Diâmetro	(mm)
Interno 1	35,5
Interno 2	36,0
Externo 1	42,8
Externo 2	43,4
Volume de Amostra	6,3 cm ³

Foram utilizadas nos estudos reológicos amostras de óleo bruto, ou seja, sem refino.

3.1. Teste de cisalhamento

O teste de cisalhamento consiste em impor à amostra de fluido um determinado valor de tensão (método de tensão controlada – CS) ou de deformação (método de deformação controlado – CR) obtendo-se como resposta, respectivamente, um valor de deformação ou de tensão. Obtém-se, então, a curva de escoamento do material, relacionando a tensão com taxa de deformação (Bird, 1987; Mano, 1999 e Shenoy, 1996).

4. Resultados

Sabe-se que nem todos os fluidos têm a mesma relação entre tensões de cisalhamento e taxa de deformação (Bird, 1987; Ferguson, 1991; Mano, 1999 e Shenoy, 1996). Se a tensão é sempre diretamente proporcional à taxa de deformação e na ausência de efeitos elásticos, o fluido é chamado de *Newtoniano*; se o fluido não apresenta linearidade entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação é chamado *não-Newtoniano*. A constante de proporcionalidade que aparece nos fluidos newtonianos é chamada de *viscosidade dinâmica* ou *absoluta* (η).

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \tag{1}$$

Sendo na Eq. (1): (η) a viscosidade dinâmica; (τ) a tensão de cisalhamento, e ($\dot{\gamma}$) a taxa de deformação.

Para os fluidos não-newtonianos, tem-se a chamada *viscosidade dinâmica aparente* (η_{ap}), que será a medida da inclinação da curva *Tensão de Cisalhamento X Taxa de Deformação*. Percebe-se que nos fluidos Newtonianos, a viscosidade dinâmica aparente é igual à viscosidade dinâmica ($\eta = \eta_{ap}$).

Na Fig. (2) tem-se as curvas de viscosidade do óleo da casca de coco, para as temperaturas de 25, 60 e 90 °C. Em baixa taxa de deformação identifica-se, nas temperaturas de ensaio, um comportamento pseudoplástico, com a viscosidade diminuindo com o aumento da taxa de cisalhamento. Após atingir um certo valor de viscosidade esta permanece constante.

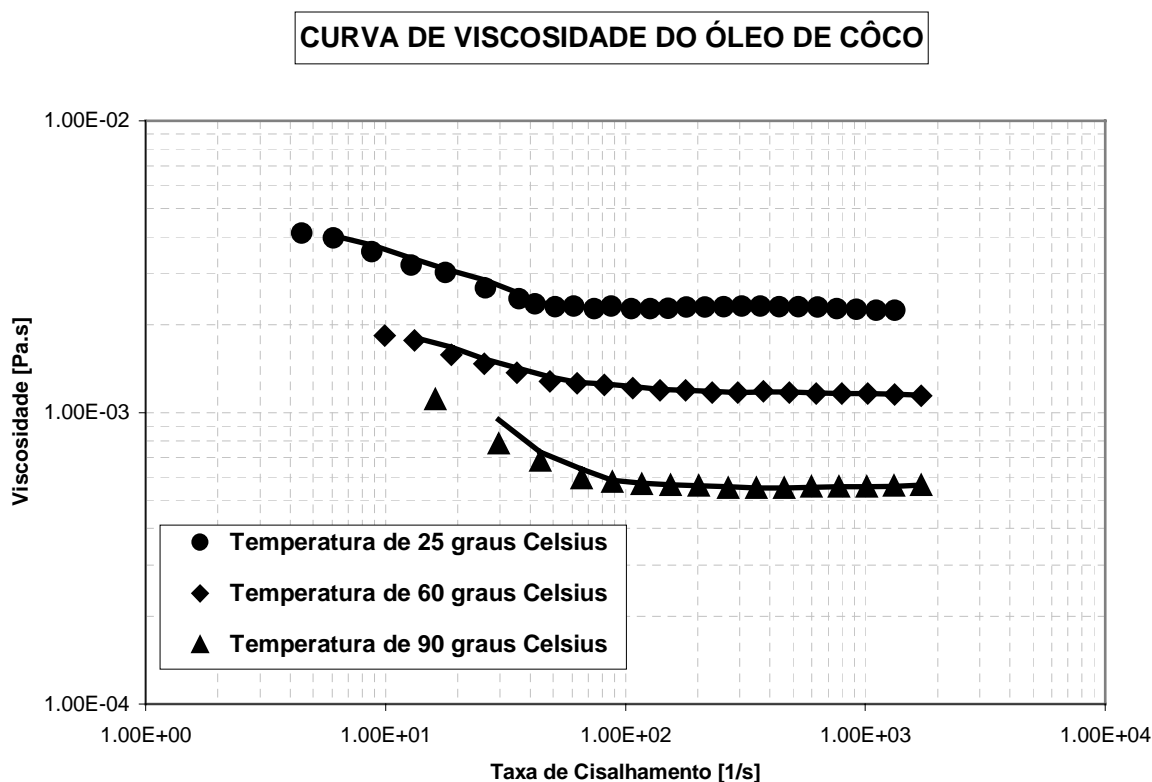


Figura 2. Curvas de viscosidade do óleo de casca de coco.

5. Conclusão

A caracterização reológica do material foi fator de grande importância para o estudo e avaliação do óleo de casca de coco obtido por LTC. Através desta caracterização pôde-se confirmar que o aumento de temperatura diminui a viscosidade do óleo em estudo e pôde-se verificar a similaridade de comportamento do mesmo quando submetido à tensão cisalhante em diferentes temperaturas. Este é um fator muito importante, pois demonstra que o óleo de casca de coco mantém suas características tanto na temperatura próxima de utilização em motores (90 °C) quanto em temperatura ambiente (25 °C).

O óleo de casca de coco produzido por LTC apresentou poder calorífico superior igual a 5.341 (cal/g); aproximadamente metade do conteúdo energético do óleo diesel comum, 10.600 (cal/g). Porém, as análises até o presente momento são bastante preliminares para indicar este óleo como um bom combustível ou não. Já o carvão

resultante do processo apresentou elevado poder calorífico superior (6.580 cal/g), muito próximo do carvão vegetal de 1ª qualidade (7.500 cal/g), o que indica o uso deste carvão como combustível.

6. Agradecimentos

Os autores do trabalho agradecem a CAPES, ao CNPq e a FAPERJ pelo apoio financeiro prestado.

7. Referências

- Bayer, E. and Kutubuddin, M., 1988, "Research in Thermochemical Biomass Conversion – Thermocatalytic Conversion of Lipid-Rich biomass to oleochemicals and fuel. Conference on search in thermo chemical biomass conversion – Phoenix – Arizona.
- Bird, R. B., Armstrong R. C. and Hassager, O., 1987, "Dynamics of Polymeric Liquids", John Wiley, New York.
- Ferguson, J. and Kembrowski, Z., 1991, "Applied Fluid Rheology", University Press, Cambridge, pp. 9-25 e 146-151.
- IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo, 1986, "Curso de informação sobre combustíveis e combustão", 10ª Ed., Rio de Janeiro, Brasil.
- Lorenzi, H., 1992, "Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil", Ed. Plantarum, Nova Odessa, SP, Brasil, pp. 277.
- Mano, E. B. e Mendes, L. C., 1999, "Introdução a Polímeros", Ed. Edgard Blucher, São Paulo, Brasil, pp. 58-64.
- Shenoy, A. V. and Saini, D.R., 1996, "Thermoplastic melt rheology and processing", Ed. Marcel Dekker, pp. 64-69.

ENERGETIC UTILIZATION AND DETERMINATION OF PHYSICAL-CHEMICAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF COCONUT PEEL OIL

Roberto G. Pereira

temrobe@vm.uff.br

Jorge L. Oliveira

jlo@montreal.com.br

Universidade Federal Fluminense - UFF, Departamento de Engenharia Mecânica

Rua Passo da Pátria, nº 156, CEP: 24.210-240 – São Domingos, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

Telefone(0xx21) 2620-7070 – Ramal: 359, 343, 230

Gilberto A. Romeiro

Carlos A. M. Pinto Filho

Universidade Federal Fluminense - UFF, Departamento de Química Orgânica

Outeiro de São João Batista, s/nº, CEP: 24.020-150 – Valonguinho, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

Cleber C. Costa

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Escola de Química.

Rua Brigadeiro Trompowsky, s/ nº, Centro Tecnológico, Bloco E, Sala 209.

CEP: 21.949-900 – Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Brasil.

Telefone: (0xx21) 2562-7537

misticus@yahoo.com

Abstract. *This present work is concerned about the study of energetic utilization of oil obtained from coconut peel, and the physical-chemical and rheological properties. The samples of coconut peel oil were obtained through Low Temperature Conversion Process – LTC, about 400 °C, in the presence of inert atmosphere. From this process of acquisition of oil, three phases results: aqueous, gaseous, and solid. Some analysis with coconut peel oil were performed to determine parameters such as flash point, density, calorific power, and viscosity. The rheological tests performed with the samples at different temperatures (25, 60 e 90 °C) show the fluid behavior. With this analysis the flow and viscosity curves were obtained. The rheological studies permit us to observe important difference properties such as the viscosity variation of sample with the temperature.*

Keywords. *Fuel, Rheology and Fluid Properties, Alternative Source of Energy, Vegetable Oil, Coconut.*