

Paper CIT02-0381

ESTUDO REOLÓGICO E FÍSICO-QUÍMICO DO ÓLEO PIROLÍTICO OBTIDO ATRAVÉS DE PROCESSO DE CONVERSÃO A BAIXA TEMPERATURA - LTC

Roberto Guimarães Pereira

Universidade Federal Fluminense - Centro Tecnológico, Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Niterói/RJ,
CEP 24210-240 - temrobe@vm.uff.br

Leonardo Rodrigues Cinelli

Universidade Federal Fluminense - Centro Tecnológico, Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Niterói/RJ,
CEP 24210-240 - leonardocinelli@yahoo.com.br

Gilberto Alves Romeiro

Universidade Federal Fluminense - Instituto de Química, Pós-Graduação em Química Orgânica, Niterói/RJ,
CEP 24020-150 - gilbertoromeiro@ig.com.br

Glaucia E. G. Vieira

Universidade Federal Fluminense - Instituto de Química, Pós-Graduação em Química Orgânica, Niterói/RJ,
CEP 24020-150 - glauciaeliza@uol.com.br

Cleber C. Costa

Universidade Federal do Rio de Janeiro - Escola de Química, Ilha do Fundão/RJ, CEP 21949-900 -
misticus@yahoo.com.br

Resumo. O presente trabalho refere-se ao estudo das propriedades reológicas do óleo obtido a partir da aplicação do processo de Conversão a Baixa Temperatura (LTC) em resíduo sólido industrial (lodo ativado) proveniente da indústria petroquímica. Parâmetros reológicos são determinados utilizando um reômetro rotacional modelo RheoStress RS50 fabricado pela HAAKE. As características reológicas e físico-químicas do óleo determinadas até o momento indicam a possibilidade de classificá-lo como Óleo Combustível

Palavras-Chave: Reologia, Óleo Combustível, Energia Elétrica, Conversão Térmica

1. Introdução

O setor elétrico brasileiro expandiu-se significativamente nas últimas três décadas, contando com cerca 74 GW de capacidade instalada, em sua maior parte em sistemas hidrelétricos de médio e grande porte. A participação da biomassa como fonte alternativa de geração de energia elétrica é bastante reduzida podendo ser considerada expressiva apenas junto aos autoprodutores, em particular nos sistemas de cogeração em agroindústrias. Dados do Balanço Energético Nacional - BEN - indicam que a parcela atendida pela biomassa representou nos últimos anos cerca de 6,0% da geração total de eletricidade, sendo que 80% desta parcela ocorre em sistemas de cogeração em indústrias de celulose e papel e nas usinas de açúcar e álcool.

Embora não seja muito difícil apontar boas oportunidades para a geração de energia elétrica a partir de biomassa no Brasil, a inexistência de uma política energética mais ativa não tem criado, ainda, todas as condições favoráveis para sua expansão. A política energética brasileira, formalmente pouco explícita, mas implicitamente visível nas ações de governo, geralmente orientadas para as questões de curto prazo e

relacionadas com os hidrocarbonetos fósseis e a energia elétrica convencional, tem relegado à biomassa um papel coadjuvante no cenário energético, absolutamente incompatível com suas potencialidades.

Pesquisas relacionadas ao uso de biomassa como matéria prima em processos pirolíticos para obtenção de produtos com valor comercial agregado (Vieira et al, 2000) vêm ao encontro de uma postura pró-ativa em relação ao meio ambiente do setor industrial, resultando nos últimos anos na maximização do aproveitamento energético dos resíduos sólidos industriais e de biomassas agrícolas.

Projetos de conversão de resíduos industriais e agrícolas em óleo pirolítico e carvão ativado podem ser a solução de boa parte de dois problemas no Brasil e no mundo: o ambiental e o energético de Lodos, Biomassas e Resíduos Industriais e Agrícolas pela Conversão a Baixa Temperatura. Essa tecnologia é ecologicamente sustentável, proporcionando retorno econômico, devido à geração de carvão ativado, hoje importado pelo Brasil, e de biodiesel, óleo diesel isento dos gases do efeito estufa. Assim, o objetivo principal deste trabalho consiste em propor uma solução alternativa para o problema da geração de energia, utilizando-se da Tecnologia de Conversão à Baixa Temperatura - LTC a partir de lodos e resíduos industriais, gerando-se um óleo com características que possam enquadrá-lo como um combustível para aplicação direta. Além da redução do impacto ambiental proveniente das atividades do setor industrial quanto a produção de resíduos, na medida que estes tornam-se matéria para o processo de LTC.

2. Processos Pirolíticos e a Tecnologia LTC

O processo de Conversão à Baixa Temperatura (LTC), começou a ser desenvolvido na década de oitenta pelos pesquisadores Dr. Bayer e Dr. Kutubuddin. Trata-se de um processo pirolítico à baixa temperatura processado à atmosfera inerte de nitrogênio com a temperatura oscilando entre 380°C e 450 °C, sem adição de catalisadores. Foi desenvolvido com o objetivo inicial de reaproveitar lodo industrial de Estação de Tratamento de Efluentes Urbanos e Industriais (ETE) para obtenção de quatro produtos: óleo, carvão, gás e água com potencial de reutilização comercial (Vieira et al, 2001).

A composição química do óleo e a qualidade do carvão é função da origem do resíduo usado como matéria prima. O óleo obtido por LTC pode ter diversas aplicações industriais dependendo da sua composição química, em geral é composto por hidrocarbonetos e ácidos graxos quando o lodo utilizado é proveniente de estações de tratamento de esgoto urbano ou industrial com as mesmas características, podendo ser utilizado na fabricação de sabão, graxas e de outros produtos e para obtenção de biodiesel. A medida do poder calorífico é determinante na avaliação para a aplicação do óleo e do carvão na sua forma bruta como combustível (Vieira et al, 2001).

O carvão ativado obtido por LTC de lodo proveniente de ETE urbano e industrial não é em geral tão explorado quanto aquele obtido por LTC de biomassas de origem agrícola, porém o interesse por este tipo de produto vem aumentando devido ao seu baixo custo quando comparado com outros produtos e por evitar a disposição do lodo e conseqüentemente de metais pesados diretamente no meio ambiente.

Uma das principais vantagens deste processo está relacionada com a estocagem e o transporte tanto do óleo como do carvão; os gases e a água tratada podem ser recirculados num sistema de co-geração de energia, diminuindo o custo final da operação (Vieira et al, 2001).

No Brasil, pesquisas desenvolvidas ao longo dos últimos quatro anos, aplicando esta tecnologia à resíduos urbanos, industriais e agrícolas, vêm obtendo rendimentos em óleo na faixa de 10-40%, de carvão entre 40-79%, de água na faixa de 6-16% e de gás entre 3-10%. Particularmente, pesquisas desenvolvidas por Vieira et al (2001) na Universidade Federal Fluminense demonstraram que, o processo com reator batelada em laboratório utilizando-se a tecnologia LTC, apresentaram os seguintes produtos quando um determinado lodo seco petroquímico foi utilizado, conforme a Tabela (1).

Tabela 1 - Produtos obtidos através da Tecnologia LTC utilizando-se lodos petroquímicos secos

| PRODUTOS DO PROCESSO LTC | BATELADA(%) |
|--------------------------|-------------|
| Fração Líquida Orgânica | 32 |
| Fração Sólida | 56 |
| Fração Gasosa | 4 |
| Água de Conversão | 8 |

Pode-se, então, justificar a aplicação do óleo pirolítico, do carvão e alguns tipos de biomassas agrícolas obtidos através da Tecnologia de Conversão a Baixa Temperatura quando o compararmos com produtos normalmente mais utilizados com a finalidade de produzir energia.

À primeira vista, a comparação dos combustíveis pelo seu poder calorífico seria uma forma real de avaliação. De acordo com a Tabela (2), se forem tomados, por exemplo, a lenha e o óleo combustível residual para efeito de comparação na base do poder calorífico, 1 tonelada de óleo corresponderiam a 4,5 toneladas de lenha, considerando que 1 tonelada de lenha equivale a 2,5 m³, 1 tonelada de óleo combustível residual corresponderia a 11,250 m³ de lenha. Assim também, pode-se perceber, por exemplo, que a quantidade de energia fornecida por quilograma da fração líquida orgânica obtida pelo processo LTC aproxima-se de algumas frações líquidas obtidas da destilação do petróleo. De modo que, a sua utilização como combustível em motores a explosão ou mesmo para geração de energia elétrica possa ser repensada.

Tabela 2 - Poder calorífico para alguns combustíveis e biomassas (Fontes: IBP (1986) e Vieira et al (2001), com adaptações: valores dos produtos obtidos pelo processo LTC)

| TIPO DE MATERIAL | PODER CALORÍFICO (kcal/kg) |
|-------------------------------|----------------------------|
| Lenha | 2500-3000 |
| Serragem | 2500 |
| Carvão de Pedra Betuminoso | 7500 |
| Carvão de Pedra Nacional | 3890 |
| Coque | 6000 |
| Casca de Semente de Algodão | 2800 |
| Resíduos de Couro | 2000 |
| Resíduos de Borracha | 4000 |
| Piche | 8500 |
| Álcool Etílico | 7200 |
| Gasolina | 11000 |
| Querosene | 10800 |
| Óleo Diesel | 10600 |
| Óleo Combustível Residual | 9800 |
| Mandioca: Rama seca | 3770 |
| Cítricos: Bagaço | 503 (base úmida) |
| Castanha: Exocarpo | 3970 |
| Soja | 1875 |
| Fração Líquida Orgânica - LTC | 9700 |
| Fração Sólida - LTC | 5960 |
| Resíduo Sólido (lodo ativado) | 7220 |

3. Reologia do Óleo Pirolítico

Investigou-se, no presente trabalho, a reologia do Óleo Pirolítico objetivando estudar o comportamento da viscosidade com as variações de temperatura e taxa de cisalhamento, para avaliar a possível aplicação deste óleo em motores.

Todos os testes reológicos foram realizados em um reômetro RS50 interligado a um banho termostático K20-DC5, fabricados pela HAAKE. As amostras do óleo obtido através da tecnologia LTC foram ensaiadas em diferentes temperaturas analisando-se o comportamento do fluido mediante o cisalhamento das mesmas obtendo-se assim curvas de escoamento e viscosidade.

Os testes de cisalhamento consistiram em impor às amostras do óleo pirolítico, obtido por LTC de lodo seco proveniente de uma indústria petroquímica, um determinado valor de tensão ou de deformação, obtendo-se em resposta valores de deformação ou tensão respectivamente.

4. Propriedades Físico-Químicas do Óleo Pirolítico

Foram realizadas análises físico-químicas no óleo pirolítico, sendo utilizados os seguintes métodos: ASTM 3286-6B (Poder Calorífico); ASTM D 5002 (Densidade Relativa); ASTM 1298-85 (API); ASTM 1552-90 (Teor de Enxofre).

5. Resultados e Conclusões

A viscosidade do óleo pirolítico, conforme evidenciado na Figura (1), manteve-se constante na faixa de taxa de cisalhamento investigada, apresentando uma viscosidade cinemática de aproximadamente 3,7 cSt a 45°C. Sabe-se que, por exemplo, o óleo diesel é especificado pelos fabricantes de equipamentos com um limite superior de viscosidade de 5,0 cSt a 40°C para regiões frias. Assim, este é um fator positivo para a possível utilização deste óleo como combustível, na medida que a lubrificidade de componentes de um motor não será alterada com possíveis variações nas taxas de cisalhamento impostas.

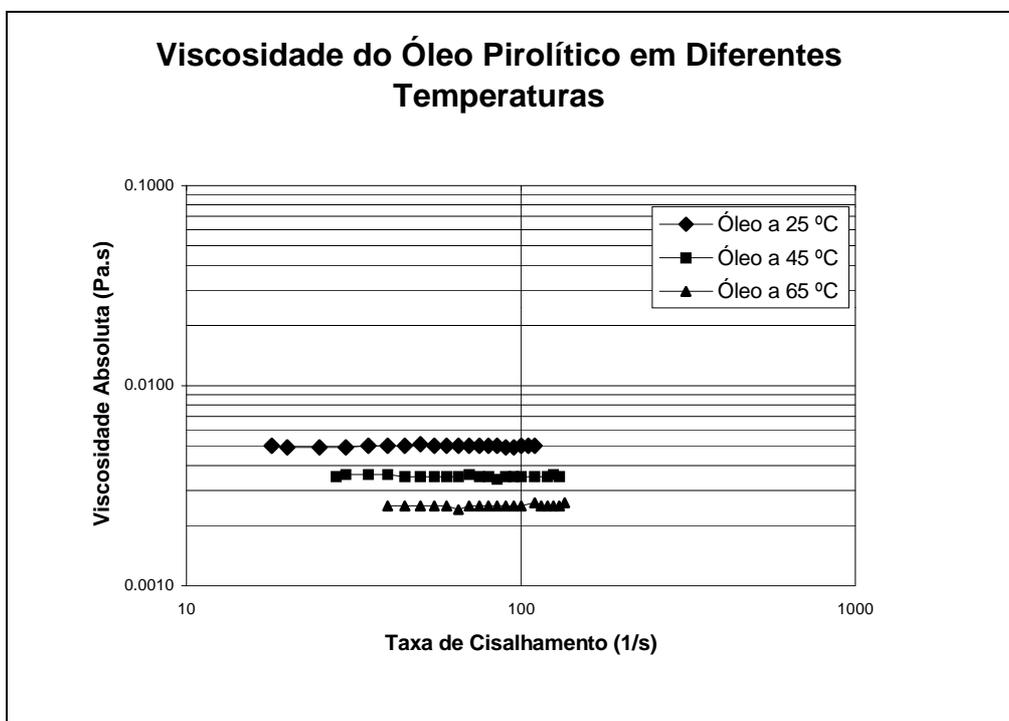


Figura 1 - Óleo Pirolítico: Comportamento viscoso em diferentes temperaturas.

Em relação às propriedades físico-químicas do Óleo Pirolítico, observou-se um baixo teor de enxofre, quando comparado, por exemplo, a um valor de aproximadamente 1,0 relativo ao óleo combustível nº4 tipo BTE (baixo teor de enxofre), e de nitrogênio Tabela (3) o que implica em diminuição da formação de gases do tipo SO_x e NO_x na combustão deste óleo, minimizando impactos ambientais. Observou-se, também, um considerável poder calorífico, quando comparado com outros combustíveis utilizados atualmente como a gasolina e o álcool, por exemplo Tabela (4). Além disto, os valores de densidade relativa e grau API encontraram-se dentro da faixa recomendada para óleos combustíveis, segundo a Resolução ANP nº 03/99.

Tabela 3 - Resultados das análises físico-químicas realizadas no Óleo Pirolítico (Fonte: Vieira et al, 2001 - com adaptações: valores de Densidade Relativa e grau API)

| PARÂMETROS | VALORES OBTIDOS |
|----------------------------|-----------------|
| Densidade Relativa 20/4 °C | 0,9517 |
| API | 16,6 |
| % Enxofre | 0,17 |
| % Nitrogênio | 9,6 |
| % Oxigênio | 2,8 |

Tabela 4 - Poder calorífico do Óleo Pirolítico e de fontes energéticas comuns (Fonte: Vieira et al, 2001 - com adaptações: valor do Óleo Pirolítico).

| FONTES ENERGÉTICAS | PODER CALORÍFICO (kcal/kg) |
|--------------------|-------------------------------|
| Óleo Pirolítico | 9700 |
| Álcool Etílico | 7200 |
| Gasolina | 11000 |
| Coque | 6000 |

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à química Rosanna Valitutto pelo auxílio nos ensaios do reômetro, à Fundação de Amparo a Pesquisa do Rio de Janeiro - FAPERJ, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e à CAPES pelo apoio financeiro prestado.

6. Referências Bibliográficas

Vieira, Gláucia Eliza Gama, 2000, “ Resíduos da Produção de Borracha (ETRI) e Bebida (ETE) - Uma Avaliação pela Tecnologia de LTC ”, Tese de Mestrado, UFF, Niterói, RJ.

Vieira, Gláucia E. Gama, Romeiro, Gilberto A., Damasceno, Raimundo N., Pedroso, Albari Gelson, Bayer, E., Kutubuddin, M., 2001, “A Tecnologia de Conversão a Baixa Temperatura - LTC e o Reaproveitamento do Lodo Residual da Indústria Petroflex”, IBP 15600, 2º. Congresso da Indústria Química do Mercosul e 7º. Congresso Brasileiro de Petroquímica, Rio de Janeiro, RJ.

Brandão, Fabíola A., Romeiro, Gilberto A., Lutz, H., Damasceno, Raimundo N., Bayer, E., Kutubuddin, M., IV Workshop Brazil-Germany for Environmental Sciences and Technology Exchange, “Assessment of Biomass From Cotton Agriculture By Low Temperature Conversion”, CENPES-Petrobras, Rio de Janeiro, RJ.

Santos, Tadeu Henrique, Romeiro, Gilberto A ., Lutz, H., Damasceno, Raimundo N., Bayer, E., Kutubuddin, M., IV Workshop Brazil-Germany for Environmental Sciences and Technology Exchange, “Low Temperature Conversion of Corn Feedstocks: Evaluation and Quantification of Oil Water, Char and Gases”, CENPES-Petrobras, Rio de Janeiro, RJ.

Bayer, E. , Kutubuddin, M. ,1988, “Thermocatalytic Conversion of Lipid-Rich Biomass to Oleochemical and Fuel”, Elsevier Applied Science.

Instituto Brasileiro do Petróleo - IBP, 1986, “Curso de informação sobre combustíveis e combustão”, 10ª Edição, Rio de Janeiro,RJ.

Collyer, A . A. , 1993, “Techniques in Rheological Measurement”, Chapman & Hall.

Schramm, G. ,1994, “A Practical Approach to Rheology and Rheometry”, Gebhard HAAKE GmbH, Karlsruhe.

Regulamento Técnico ANP no. 03/99 – Portaria no. 80 de 30 de abril de 1999.

7. Direitos Autorais

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

RHEOLOGICAL AND PHYSICAL-CHEMISTRY CHARACTERIZATION OF THE OIL OBTAINED THROUGH THE LOW TEMPERATURE CONVERSION PROCESS – LTC

Roberto Guimarães Pereira

Universidade Federal Fluminense - Centro Tecnológico, Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Niterói/RJ, CEP 24210-240 - temrobe@vm.uff.br

Leonardo Rodrigues Cinelli

Universidade Federal Fluminense - Centro Tecnológico, Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Niterói/RJ, CEP 24210-240 - leonardocinelli@yahoo.com.br

Gilberto Alves Romeiro

Universidade Federal Fluminense - Instituto de Química, Pós-Graduação em Química Orgânica, Niterói/RJ, CEP 24020-150 - gilbertoromeiro@ig.com.br

Glaucia E. G. Vieira

Universidade Federal Fluminense - Instituto de Química, Pós-Graduação em Química Orgânica, Niterói/RJ, CEP 24020-150 - glauciaeliza@uol.com.br

Cleber C. Costa

Universidade Federal do Rio de Janeiro - Escola de Química, Ilha do Fundão/RJ, CEP 21949-900 - misticus@yahoo.com.br

Abstract. This work refers to the study of the rheological and physical-chemistries characteristics of an oil obtained by application of LTC (Low Temperature Conversion) process in batch-scale mode in industrial solid residue that was generated in wastewater treatment station of a petrochemical industry. Rheological parameters were analyzed in the Rheostress RS50 rotation rheometer manufactured by HAAKE and preliminary results indicated a Newtonian comportment of the oil. The physical-chemistries characterization indicated the possibility to classify it as a Fuel Oil. The study also will aid in the evaluation of the application of the oil in motors objectifying generation of electric energy.

Key Words: *Rheology, Eletrical Energy, Thermal Conversion, Fuel Oil*