



**Unifesspa - 21 a 25 de Setembro de 2015**

I Seminário de Projetos Integrados  
I Jornada de Extensão  
I Seminário de Iniciação Científica  
I Encontro de Pós-Graduação

## **ESTUDO DO APROVEITAMENTO E APLICAÇÃO DE SUBPRODUTOS RESIDUAIS DA ROTA TECNOLÓGICA DE CRAQUEAMENTO VISANDO A OBTENÇÃO DE LIGANTES PARA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA E MATERIAIS PRECURSORES PARA LUBRIFICANTES**

Torben Ulisses da Silva Carvalho<sup>1</sup> - Unifesspa  
Silvio Alex Pereira da Mota<sup>2</sup> - Unifesspa

Agência Financiadora: CNPq/PROFIT

**Eixo Temático/Área de Conhecimento:** Engenharias; Materiais Poliméricos; Reaproveitamento de resíduos.

### **1. INTRODUÇÃO**

O setor de petróleo é um dos que mais causam impactos significativos no meio ambiente. Neste cenário despontam, com particular destaque, os óleos lubrificantes que geram significativos impactos ambientais (CANCHUMANI, 2013). Com isso, tem-se uma busca por vias mais benéficas ao meio ambiente de fabricação de subprodutos oriundos do petróleo a partir de uma matéria-prima renovável. Um método alternativo para produção renovável de biocombustíveis é o craqueamento térmico de óleos vegetais, no qual o produto obtido é um material líquido orgânico rico em hidrocarbonetos denominado Produto Líquido Orgânico ou PLO (MOTA, 2013).

Segundo os dados do Sistema Nacional de Viação – SNV de 2014, existem, no Brasil, apenas 12% da malha rodoviária devidamente asfaltada. Em 62,1 % da extensão total pesquisada, foram detectados algum tipo de deficiência no pavimento, na sinalização ou na geometria da via (CNT; SEST; SENAT, 2014). A partir dessa premissa, vê-se o compromisso de buscar um asfalto com características ideais além de um baixo custo de produção, visando a melhoria do processo de manutenção e construção de rodovias, aumentando o conforto e segurança dos motoristas.

Este trabalho visa estudar a viabilidade da utilização de subprodutos residuais gerados na rota tecnológica de craqueamento visando à obtenção de ligantes para pavimentação asfáltica e materiais precursores para lubrificantes. Dentre diversos estudos citam-se a investigação da etapa de remoção de frações leves do PLO e das frações asfálticas pesadas, além de suas caracterizações físico-químicas e ensaios.

### **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

A matéria-prima utilizada foi o produto líquido orgânico (PLO) proveniente do processo de craqueamento em escala piloto do óleo de palma realizado no Laboratório de Processos de Separação Térmica (THERMTEK/UFPA). Inicialmente, foi realizado o processo de destilação fracionada em escala de bancada no THERMTEK, utilizando um sistema composto de banho ultratermostático, balão volumétrico, coluna Vigreux, condensador e funil de decantação onde eram coletadas as frações combustíveis. Todas as vidrarias são constituídas de vidro borossilicato. Foram realizadas três bateladas, das quais seus produtos de fundo sofreram tratamentos térmicos para atingir viscosidade ideal. Esta etapa foi desenvolvida em um forno mufla no Laboratório de Materiais Cerâmicos (LMC) da Unifesspa. O produto de fundo foi caracterizado antes e após o tratamento térmico.

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Bacharelado em Engenharia de Materiais (FEMAT/IGE/Unifesspa). Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq. E-mail: [torbenusc@hotmail.com](mailto:torbenusc@hotmail.com)

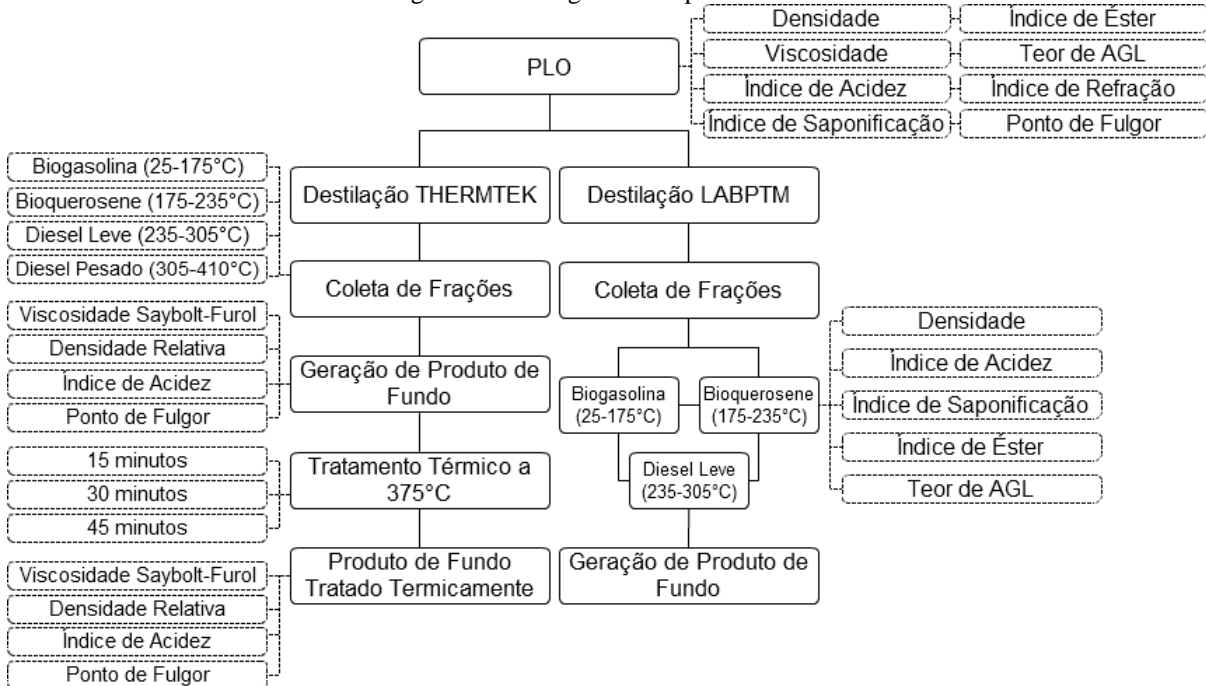
<sup>2</sup> Doutor em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela UFPA. Professor Adjunto da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (FEMAT/IGE/Unifesspa). Coordenador de Estágio e Coordenador de TCC da Faculdade de Engenharia de Materiais. E-mail: [silviomota@unifesspa.edu.br](mailto:silviomota@unifesspa.edu.br)

Unifesspa - 21 a 25 de Setembro de 2015

I Seminário de Projetos Integrados  
I Jornada de Extensão  
I Seminário de Iniciação Científica  
I Encontro de Pós-Graduação

Posteriormente, foi montado o sistema de destilação no Laboratório de Materiais Poliméricos e Transformação de Materiais (LABPTM), com as mesmas características, porém sem o banho ultratermostático. Nas frações de combustíveis foram caracterizadas determinando a densidade e índices de acidez, saponificação, de éster e de ácidos graxos livres (AGL). A Figura 01 exibe os procedimentos realizados.

Figura 01: Fluxograma dos processos realizados.



Fonte: Autor, 2014.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O PLO, produto líquido orgânico, oriundo do craqueamento em escala piloto no Laboratório de Processos de Separações Térmicas (THERMTEK/UFPA) usado nessa pesquisa foi caracterizado física e quimicamente, como visto na Tabela 01.

Tabela 01: Resultados das análises físico-químicas dos produtos obtidos (PLO) com óleo de palma e carbonato de sódio como catalisador, em escala piloto.

Propriedades	Valor
Densidade g/cm <sup>3</sup>	0,98
Viscosidade cSt	4,96
Índice de acidez mg KOH/g	39,00
Índice de saponificação mg KOH/g	89,46
Índice de Éster mg KOH/g	50,46
Índice de AGL %	19,62
Índice de refração	1,45
Ponto de fulgor °C	26,00

Fonte: (MOTA, 2013)

Foram realizadas as Bateladas 1, 2 e 3 no THERMTEK, obtendo diferentes massas de combustíveis e produtos de fundo. A Batelada 3 foi a que obteve uma maior eficiência (52,15%), em relação às Bateladas

**Unifesspa - 21 a 25 de Setembro de 2015**

I Seminário de Projetos Integrados  
I Jornada de Extensão  
I Seminário de Iniciação Científica  
I Encontro de Pós-Graduação

1 e 2 (35,13% e 38,79%). Os produtos de fundo dessas três bateladas foram misturados. Tal mistura, antes do tratamento térmico, apresentou as características visualizadas na Tabela 02.

Tabela 02: Resultados das análises físico-químicas do produto de fundo das bateladas realizadas no THERMTEK, antes do tratamento térmico.

<b>Ensaio</b>	<b>Valor</b>
Viscosidade Saybolt-Furol (s)	
135°C	100
150°C	60
177°C	13
Densidade relativa	0,9167
Índice de acidez (mgKOH/g)	37,31
Ponto de fulgor (°C)	200

Fonte: Autor, 2014.

Segundo Bernucci (2006), a densidade do cimento asfáltico de petróleo (CAP) deve possuir um valor de 0,9990, valor próximo ao encontrado na amostra estudada. Em comparação à norma ABNT NBR-14950, a amostra possui uma viscosidade Saybolt-Furol semelhante ao CAP 150-200 a 135°C; a 150°C a amostra se assemelha ao CAP 50-70; já à temperatura de 177°C ela se aproxima ao valor mínimo solicitado na especificação do CAP 85-100 e CAP 150-200 (15 a 60 segundos). A norma também aponta que o ponto de fulgor mínimo deve ser a 235°C, porém o material avaliado apresenta valor abaixo do solicitado para todos os tipos de CAP's. Após realizado o tratamento térmico no PLO, foram realizadas novas análises físico-químicas que são visualizadas na Tabela 03.

Tabela 03: Resultados das análises físico-químicas do produto de fundo após o tratamento térmico.

<b>Ensaio</b>	<b>Amostra 1 (15 min)</b>	<b>Amostra 2 (30 min)</b>	<b>Amostra 3 (45 min)</b>
Viscosidade Saybolt-Furol (s)			
135°C	–	60	85
150°C	–	30	46
177°C	–	10	12
Densidade relativa	0,9185	0,9233	0,9376
Índice de acidez (mgKOH/g)	29,51	29,65	22,17
Ponto de fulgor (°C)	210	200	240

Fonte: Autor, 2014.

Foi visto que houve um aumento na densidade relativa nas três temperaturas de tratamento, porém nenhuma ficou acima da média proposta na norma. A amostra que mais obteve aproximação foi a Amostra 3. A Amostra 2 não atendeu a nenhuma especificação de CAP em nenhuma das temperaturas, além de seu ponto de fulgor estar abaixo do solicitado, semelhante ao caso da Amostra 1. No caso da Amostra 3, os valores de viscosidade atendem às especificações do CAP 150-200 em praticamente todas as faixas de temperatura, onde apenas o valor da amostra na temperatura de 177°C chega a ser aproximado. A Amostra 3 foi a única que atendeu ao valor solicitado de ponto de fulgor (acima de 235°C).

As bateladas 4, 5, 6, 7 e 8, que foram realizadas no LABPTM, teve seus rendimentos abaixo dos 20%, excluindo a Batelada 4 com 41,73%. Essas bateladas, vistas a olho nu, geraram em grande parte um produto de fundo com características de ligante asfáltico, excluindo assim, a etapa de tratamento. Os produtos de fundo dessas bateladas foram armazenados em um só recipiente.

As frações de biocombustíveis resultantes das bateladas 4, 5, 6, 7 e 8 foram postas juntas em vidrarias, fazendo um apanhado geral desses cinco processos de destilação. O rendimento total dessas bateladas foi bem abaixo dos 50%, se mostrando um processo ineficiente, porém promissor. Em relação à massa inicial de PLO, foram produzidos 6,11% de gasolina, 11,37% de bioquerosene e 49,19% de biodiesel leve. As massas de biogolina, bioquerosene e biodiesel leve originadas nessas bateladas foram caracterizadas e seus resultados são vistos na Tabela 04.



**Unifesspa - 21 a 25 de Setembro de 2015**

I Seminário de Projetos Integrados  
I Jornada de Extensão  
I Seminário de Iniciação Científica  
I Encontro de Pós-Graduação

Tabela 04: Caracterização das frações de biocombustíveis produzidas nas destilações realizadas no LABPTM.

<b>Propriedades</b>	<b>Biogasolina</b>	<b>Bioquerosene</b>	<b>Biodiesel leve</b>
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	0,84	0,88	0,88
Índice de Acidez (mg KOH/g)	65,54	39,35	48,40
Índice de Saponificação (mg KOH/g)	44,07	51,77	11,31
Índice de Éster (mg KOH/g)	–	12,42	37,09
Teor de AGL (%)	32,96	19,79	24,34

Fonte: Autor, 2015.

Pode ser notado através dos dados adquiridos, uma variação nas características físico-químicas dos três tipos de biocombustíveis. Os valores de densidade refletem um aumento na concentração de hidrocarbonetos mais pesados, sendo a biogasolina o menos denso. Em relação ao índice de acidez, foi notado um valor bastante elevado em relação ao PLO de origem, tal fato pode ser um indício de que houve uma concentração de ácidos que estavam no PLO nas faixas desses biocombustíveis. Essas frações obtiveram um índice de saponificação alto, apontando que apresentam ainda uma quantidade significativa de ácidos carboxílicos ligados. Segundo as normas estabelecidas pela ANP, o biocombustível produzido não se encaixa nas especificações devido à acidez elevada, parâmetro que reflete uma elevação na concentração de hidrocarbonetos mais pesados.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Tendo realizado as análises físicas e químicas e o tratamento térmico nas amostras de ligantes, tornou possível inferir que somente a Amostra 3 possuiu resultados significativamente favoráveis, obtendo os mesmos valores especificados para o CAP 150-200; além de apresentar ponto de fulgor de acordo com a norma. Também foi visto que o rendimento para esse material nessas condições foi baixo, tendo que ser produzido em grande quantidade inviabilizando sua produção em larga escala. No LABPTM, visualizou-se uma produção de ligantes asfálticos diretamente da destilação fracionada do PLO com um rendimento considerável, evitando o tratamento térmico posterior que diminuiria ainda mais a massa de ligante.

#### **REFERÊNCIAS**

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14950:** Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade Saybolt-Furol. Rio de Janeiro: 2003.
- BERNUCCI, L. B. **Pavimentação Asfáltica:** Formação Básica para Engenheiros. 1. ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS/ABEDA, 2006.
- CANCHUMANI, G. A. L. **Óleos Lubrificantes Usados: um Estudo de Caso de Avaliação de Ciclo de Vida do Sistema de Rerrefino no Brasil.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 143. 2013.
- CNT; SEST; SENAT. **Pesquisa CNT de rodovias 2014: relatório gerencial.** Brasília, p. 388. 2014.
- MOTA, S. A. P. **Craqueamento termo-catalítico de óleos vegetais em diferentes escalas de produção.** (Tese de Doutorado) Universidade Federal do Pará. Belém, p. 332. 2013.