



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA



PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

AVALIAÇÃO DO RESÍDUO GORDUROSO DE CUPUAÇU COMO FONTE DE
MATÉRIA-PRIMA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Bolsista: Cristiane Mota dos Santos, CNPq

MANAUS

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL
PIB-E/0042/2010
AVALIAÇÃO DO RESÍDUO GORDUROSO DE CUPUAÇU COMO FONTE DE
MATÉRIA-PRIMA PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Bolsista: Cristiane Mota dos Santos, CNPq
Orientadora: Profa. Dra. Ivoneide de Carvalho Lopes Barros

MANAUS
2011

RESUMO

Ésteres metílicos foram obtidos utilizando-se, como matéria-prima, o resíduo gorduroso originado do beneficiamento da semente de cupuaçu. As amostras de gordura e resíduo de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) foram adquiridas da Empresa Cupuama, localizada no município de Careiro-Castanho, AM, sendo determinada a composição em ácidos graxos por cromatografia gasosa (CG) e as propriedades físico-químicas tais como, índice de acidez (IA), índice de saponificação (IS), índice peróxido (IP) e índice de iodo (II), tanto da gordura quanto do resíduo de cupuaçu. Ambos apresentam uma composição química baseada em ácidos palmítico (C 16:0), linoléico (C 18:2), oléico (C 18:1), esteárico (C 18:0) e araquídico (C 20:0). Os ésteres obtidos através da reação de esterificação metanólica do resíduo, utilizando os catalisadores H_2SO_4 e HCl foram analisados por Cromatografia em Camada Delgada (CCD) e Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio (RMN¹H).

Palavras-chave: Resíduo de cupuaçu, esterificação, catálise homogênea.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Depósito de descarte de resíduos da empresa Cupuama.....	7
Figura 2. Composição química da gordura (em azul e vermelho) e resíduo de cupuaçu (em verde).	9
Figura 3. Análise qualitativa da reação de esterificação do resíduo de cupuaçu tendo H_2SO_4 como catalisador.....	12
Figura 4. Análise qualitativa da reação de esterificação do resíduo de cupuaçu tendo HCl como catalisador.....	12
Figura 5. Espectro de RMN ¹ H dos ésteres metílicos obtidos em tempo reacional de 2 horas.	12
Figura 6. Conversão do resíduo de cupuaçu via esterificação com metanol numa razão molar álcool: resíduo=6 na presença do catalisador homogêneo H_2SO_4	13

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	5
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
Biodiesel	6
Óleos e gorduras vegetais.....	6
Resíduo gorduroso de cupuaçu.....	7
MÉTODOS UTILIZADOS.....	8
Coleta das amostras	8
Composição química da gordura e resíduo de cupuaçu	8
Caracterização físico-química da gordura e resíduo de cupuaçu	8
Reação de esterificação.....	8
Caracterização do produto	8
RESULTADOS E DISCUSSÕES	9
Composição química da gordura e resíduo de cupuaçu	9
Caracterização físico-química da gordura e resíduo de cupuaçu	10
Caracterização do produto	11
CONCLUSÃO	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
CRONOGRAMA EXECUTADO.....	17

INTRODUÇÃO

Os biocombustíveis derivados de fontes renováveis, óleos e gorduras, tem se tornado cada vez mais atraentes devido a seus benefícios ambientais (MA, 1999). É biodegradável, não tóxico, e ajuda a reduzir a emissão de materiais particulados, de enxofre e de gases responsáveis pelo efeito estufa, além de apresentar um grande potencial como combustível alternativo para ser usado puro ou misturado com diesel derivado de petróleo (KNOTHE et al., 2006; KNOTHE, 1999). Apesar de todos esses benefícios, os combustíveis de óleo vegetal ainda não são economicamente competitivos no grande mercado em relação ao diesel fóssil (MUNIYAPPA, 1996; USTA et al., 2005). O principal fator é o custo de suas matérias-primas, que chega a 80% dos custos totais (ARANDA et al., 2003). De fato, o processo de transesterificação, comumente utilizado na transformação de óleos e gorduras em biodiesel, se limita ao uso de óleos refinados (teor de ácidos graxos livres inferior a 1%) (DMYTRYSHYN, et al., 2004; ALCANTARA, et al., 2005) que são mais caros, elevando o preço do combustível.

No intuito de diminuir os custos de produção de biodiesel, novas fontes de matérias-primas vêm sendo investigadas. A utilização de subprodutos da agroindústria vem sendo alvo de pesquisas para a produção de combustíveis líquidos de baixo custo, embora ainda existam poucas informações disponíveis na literatura sobre a tecnologia e a forma de utilização desses subprodutos gerados da biomassa em especial no estado do Amazonas. Exemplo disso é a borra ácida produzida nas refinarias de óleos vegetais (HAAS et al., 2001 MARIE-JOSE, 2007). E, do mesmo modo, o resíduo da sobra da extração de óleos e gorduras das sementes, objeto deste projeto, que é gerado nas usinas extratoras e apresenta um custo praticamente zero. Hoje, esta atividade de extração descarta ou abandona o resíduo gerado às margens dos roçados e rios ocasionando graves problemas ambientais e causando assim um grande desperdício da biomassa existente.

No entanto, para conhecer se esses subprodutos podem servir como suplementos à produção de diesel fóssil são necessários estudos primários para caracterização físico-química dos mesmos e para avaliar sua viabilidade técnica e econômica. Nesse sentido, o presente projeto visa o aproveitamento do resíduo resultante da produção da gordura de cupuaçu para obtenção de biocombustível, evitando o desperdício deste insumo e permitindo uma exploração mais eficiente da cadeia produtiva do cupuaçu.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Biodiesel

O biodiesel é definido pela ANP como sendo “um combustível para motores a combustão interna com ignição por compressão, renovável e biodegradável, derivado de óleos vegetais ou gorduras animais, que possa substituir parcial ou totalmente o óleo de origem fóssil” (ANP, 2009)

A principal forma de produção de biodiesel é por meio da reação entre um óleo vegetal ou gordura animal com álcool na presença de um catalisador (geralmente, uma base forte) (DANTAS *et al.*, 2006), processo popularmente conhecido como transesterificação. Suas vantagens estão relacionadas ao baixo custo com os catalisadores e a possibilidade de reagir em temperaturas próximas à temperatura ambiente. Entretanto, neste processo, os óleos e gorduras utilizados devem possuir baixo teor de ácidos graxos livres (menor que 1%), o que limita sua utilização a óleos refinados, por sua vez mais caros (DMYTRYSHYN, *et al.*, 2004; ALCANTARA, *et al.*, 2005).

Outro processo utilizado para produção de biodiesel é a reação de esterificação, onde se utiliza como matéria-prima, ácidos graxos livres, ao invés dos triglicerídeos, o que difere da transesterificação, e álcool na presença de um catalisador ácido (Esquema 1). Desse modo, evitam-se a formação de sabão e a produção de glicerina, possibilitando, ainda, o uso de resíduos (borra ácida) como matéria-prima.



Esquema 1. Reação de esterificação metílica.

Óleos e gorduras vegetais

Os óleos e gorduras são substâncias lipídicas obtidas de plantas ou de animais. A primeira distinção entre um óleo e uma gordura é a sua aparência física. De um modo geral, os óleos são definidos como substâncias líquidas à temperatura

ambiente, enquanto que as gorduras caracterizam-se como substâncias sólidas. Os óleos e gorduras são formados, principalmente, por triglicerídeos, resultante da combinação entre três moléculas de ácidos graxos e uma molécula de glicerol (ALBUQUERQUE, 2006).

Os ácidos graxos presentes nos óleos e gorduras são constituídos, geralmente, por ácidos carboxílicos que contêm de 4 a 30 átomos de carbono na sua cadeia molecular e podem ser saturados ou insaturados. O aumento do número de insaturações de um ácido graxo ocasiona a redução de seu ponto de ebulição. Quanto maior o grau de insaturação de um ácido graxo, menor será sua estabilidade à rancificação oxidativa (ALMEIDA, 2007)

Resíduo gorduroso de cupuaçu

O cupuaçuzeiro (*Theobromagrandiflorum*) é uma árvore frutífera, da família Sterculiaceae, tipicamente amazônica (FERREIRA, 2002) que apresenta um agradável sabor e aroma característico do seu fruto e, por sua vez, tem despertado interesses internacionais, promovendo assim um aumento em suas áreas de cultivo. No município de Careiro Castanho, a empresa Cupuama faz a extração da manteiga da semente de cupuaçu através de método físico, buscando o aproveitamento total da fruta. No processo de extração, após a evaporação e escoamento de parte da água, resulta um resíduo gorduroso (Figura 1) contendo alto teor de ácidos graxos, o qual acredita-se constituir uma excelente matéria-prima para fabricação de biocombustível. Por outro lado, este resíduo industrial (borra ácida) apresenta vantagem sobre o óleo refinado, pois possibilita a obtenção de um biocombustível de valor competitivo no mercado, por ser derivado de uma matéria-prima de baixo valor comercial.



Figura 1. Depósito de descarte de resíduos da empresa Cupuama

MÉTODOS UTILIZADOS

Coleta das amostras

A amostra do resíduo da gordura do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) foi adquirida da Empresa Cupuama, localizada no município de Careiro-Castanho, AM, no primeiro semestre de 2010. A aparência visual do resíduo era completamente escura, sólida, com pH na faixa de 4.

Composição química da gordura e resíduo de cupuaçu

A análise da composição química em ácidos graxos da gordura e resíduo de cupuaçu foi realizada fazendo-se a transesterificação destes com metanol, e identificando-se os ésteres metílicos resultantes do processo quali-quantitativamente por cromatografia gasosa (CG). A quantificação foi realizada pelo método de normalização de área, considerando apenas os picos identificados. As massas molares médias da gordura e resíduo de cupuaçu foram calculadas de acordo com Garcia (2006).

Caracterização físico-química da gordura e resíduo de cupuaçu

A gordura e resíduo de cupuaçu foram caracterizados por suas propriedades físico-químicas tais como, índice de acidez (IA), índice de saponificação (IS), índice peróxido (IP) e índice de iodo (II). Todas as análises foram realizadas em triplicata de acordo com as normas do Instituto Adolfo Lutz (1985) e Moreto e Fett (1989).

Reação de esterificação

Os testes catalíticos foram processados no período de 2 a 14 horas em sistema de refluxo a 100 °C, com agitação, utilizando razão molar de 1:6 (resíduo de cupuaçu: metanol) e 1% em massa dos catalisadores HCl e H₂SO₄ em relação à massa do resíduo utilizado no processo. Após a reação, o produto foi filtrado e lavado com água a 80 °C.

Caracterização do produto

A análise da conversão do resíduo de cupuaçu a ésteres metílicos foi realizada por Cromatografia de Camada Delgada (CCD) e quantificada por Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio (RMN¹H), utilizando a seguinte equação (GELBARD *et al*, 1995):

$$C (\%) = 100 \times \frac{2A_{EM}}{3A_{\alpha-CH_2}}$$

Onde A_{EM} é o valor da integração dos ésteres metílicos e $A_{\alpha-CH_2}$ é o valor da integração dos hidrogênios metilênicos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Composição química da gordura e resíduo de cupuaçu

A composição química da gordura e resíduo de cupuaçu foi determinada pela média dos percentuais de áreas obtidos para cada um dos ésteres metílicos de ácidos graxos identificados nos cromatogramas obtidos em coluna apolar e polar.

A Figura 2 compara os ácidos graxos constituintes da gordura e do resíduo de cupuaçu. Observa-se que a composição em ácidos graxos encontrada para gordura (em azul) é bem semelhante à encontrada por Luccas (2001) (em vermelho), tendo como ácido majoritário o oléico seguido do ácido esteárico.

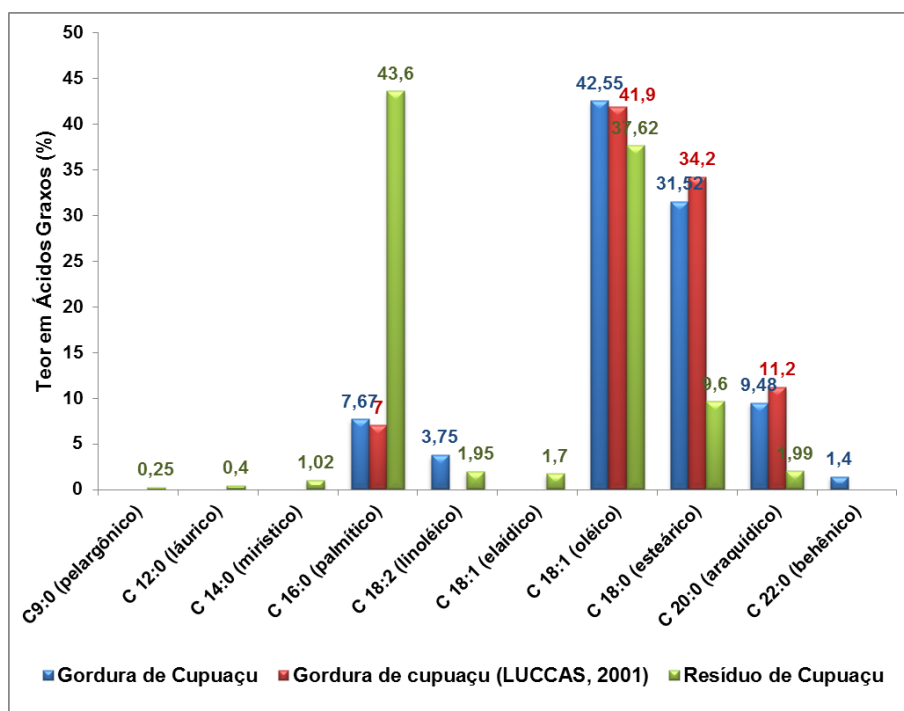


Figura 2. Composição química da gordura (em azul e vermelho) e resíduo de cupuaçu (em verde).

Ao comparar a gordura e o resíduo de cupuaçu observa-se que estes apresentam uma composição química baseada nos seguintes ácidos graxos: palmítico (C 16:0), linoléico (C 18:2), oléico (C 18:1), esteárico (C 18:0) e araquídico (C 20:0). Observa-se também uma maior predominância de ácidos graxos no resíduo. Tal fato pode estar relacionado com o depósito de descarte da empresa Cupuama (Figura 1), pois esta descarta outros resíduos gordurosos, como por exemplo, o resíduo de dendê, que é composto, em maior porcentagem, pelo ácido palmítico.

Utilizando-se as composições químicas foi possível calcular a massa molar da gordura e do resíduo de cupuaçu. Para a gordura encontrou-se a massa molar igual a 893,287 g mol⁻¹ e para o resíduo 845,1389g mol⁻¹.

Caracterização físico-química da gordura e resíduo de cupuaçu

A Tabela 1 apresenta os valores das análises físico-químicas realizadas para a gordura e resíduo de cupuaçu.

Tabela 1. Resultados da caracterização físico-química da gordura e resíduo de cupuaçu.

Análise físico-química	Gordura de cupuaçu	Resíduo de cupuaçu
Índice de acidez (mg KOH/g)	5,13 ± 0,15	139,94 ± 1,48
Índice de saponificação (mg KOH/g)	185,75 ± 4,70	235,51 ± 4,22
Índice de peróxido (meq g/Kg)	16,31 ± 0,74	90,57 ± 0,66
Índice de iodo (cg I ₂ /g)	53,84 ± 0,7	42,8 ± 0,66

Índice de acidez

O IA do resíduo de cupuaçu se mostrou cerca de vinte e sete vezes superior ao da gordura. O índice de acidez (IA) revela a qualidade da matéria-prima. O alto valor, nesse caso, é compatível com matérias-primas que não sofreram qualquer processo de refino. Apesar de ambas as matérias-primas serem constituídas, em maior teor, por ácidos graxos saturados, é a quantidade de ácidos graxos insaturados a responsável pela oxidação, e conseqüentemente o aumento do IA relacionado ao resíduo.

Índice de saponificação

O índice de saponificação (IS) é definido como a quantidade em mg de KOH necessário para saponificar 1,0 g de matéria-prima, ou seja, para neutralizar os ácidos graxos livres e ácidos graxos combinados na forma de glicerídeos. É inversamente proporcional ao peso molecular médio dos ácidos graxos dos glicerídeos presentes e é importante para demonstrar a presença de óleos ou gorduras de alta proporção de ácidos graxos de baixo peso molecular. Assim, quanto menor for o peso molecular do

ácido graxo maior será o índice de saponificação do óleo ou gordura. Observa-se na Tabela 1 que o IS do resíduo é bem mais elevado que o IS da gordura o que mostra que o resíduo possui menor peso molecular em ácidos graxos que a gordura fato este que pode ser confirmado através das análises de CG (Figura 2).

Índice de Peróxido

O índice de peróxido (IP) determina todas as substâncias, em termos de miliequivalentes de peróxido por 1000 g da amostra, que oxidam o iodeto de potássio nas condições do teste. Estas substâncias são geralmente consideradas como peróxidos ou outros produtos similares resultantes da oxidação da gordura. Portanto, se a matéria-prima possuir um elevado conteúdo em ácidos graxos insaturados apresentará maior sensibilidade à oxidação. Como observado na Tabela 1, o IP mais elevado para o resíduo sugere que os ácidos graxos constituintes do resíduo têm mais insaturações do que os ácidos graxos da gordura. Tal afirmação também pode ser confirmada pelas análises de CG vistas anteriormente.

Índice de iodo

O índice de iodo (II) é a medida do grau de insaturação de óleos ou gorduras. É um dos meios mais comumente utilizados para se inferir sobre a susceptibilidade da matéria-prima à oxidação. Observa-se na Tabela 1 que a gordura apresenta um maior teor em ácidos graxos insaturados, comprado com o resíduo, estando, desta forma, mais susceptível à oxidação.

Caracterização do produto

A conversão do resíduo de cupuaçu em ésteres metílicos, realizado por cromatografia de camada delgada CCD apresentou valores de Rf entre 0,67-0,70. Estes resultados estão condizentes com os valores citados por Ferrari (2005).

Nas Figuras 3 e 4, B100 e R são as amostras padrões, biodiesel puro e o resíduo, respectivamente. A análise das CCDs indica a conversão parcial do resíduo em ésteres metílicos, visto que foi observada a presença dos mono, di, ácidos graxos e triglicerídeos do material de partida.

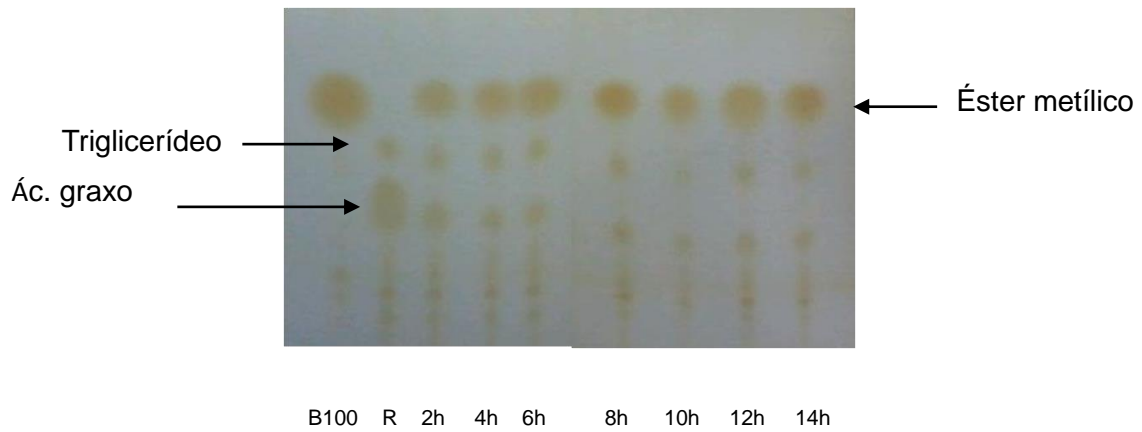


Figura 3. Análise qualitativa da reação de esterificação do resíduo de cupuaçu tendo H_2SO_4 como catalisador.

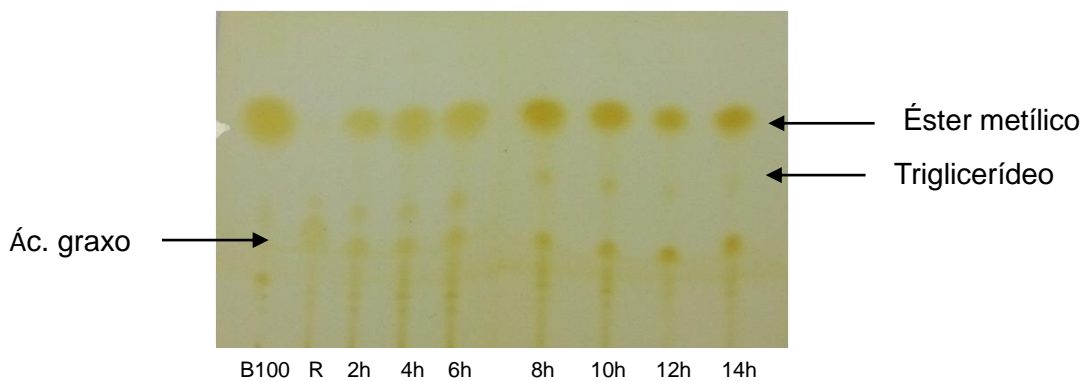


Figura 4. Análise qualitativa da reação de esterificação do resíduo de cupuaçu tendo HCl como catalisador.

A quantificação do resíduo de cupuaçu em ésteres metílicos foi determinada por RMN^1H . Segundo Knothe (2000), a relação da integração das áreas dos sinais característicos do ácido graxo/triglicerídeos com aqueles dos ésteres metílicos, possibilita a quantificação do teor de biodiesel.

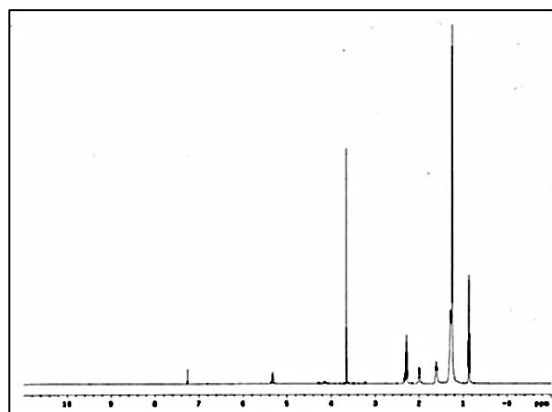


Figura 5. Espectro de RMN^1H dos ésteres metílicos obtidos em tempo reacional de 2 horas.

A análise do espectro de RMN¹H da figura 5, obtido no tempo reacional de 2 horas, confirma a esterificação do resíduo para obtenção de éster metílico. Observa-se o singlete referente aos hidrogênios do grupo metila da porção da estrutura proveniente do álcool (metanol) em 3,7 ppm, mais desblindado em relação ao grupo metila terminal da parte da estrutura correspondente ao ácido graxo, que ocorre em torno de 0,9 ppm; o tripleto em 2,3 ppm do metileno α -carbonila presente em todos os ésteres derivados de ácidos graxos. Porém os sinais duplos do duplo dubleto (4,05-4,40 ppm) evidenciam que a reação de esterificação não foi completa, eles são característicos da presença de mono, di e triglicerídeos.

De acordo com os resultados mostrados na Figura 6, observa-se que as melhores conversões foram obtidas nos tempos reacionais de 12 e 14 horas, 69,98 e 73,08 %, respectivamente.

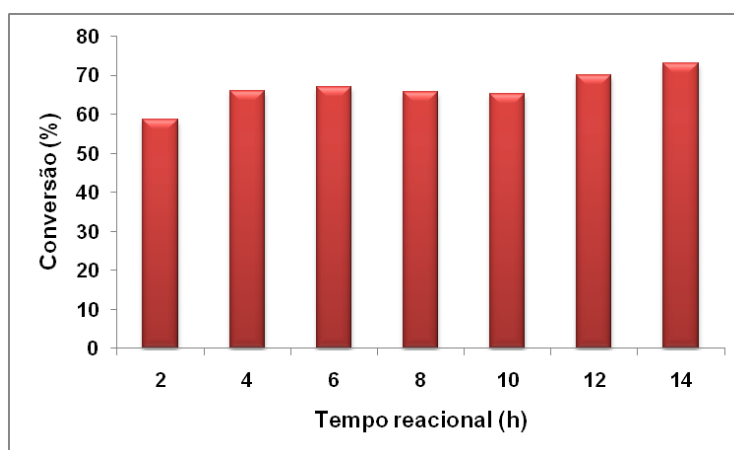


Figura 6. Conversão do resíduo de cupuaçu via esterificação com metanol numa razão molar álcool: resíduo=6 na presença do catalisador homogêneo H₂SO₄.

Até o momento não foi possível realizar a análise de RMN¹H dos ésteres metílicos utilizando HCl como catalisador. Porém, espera-se que seus rendimentos sejam inferiores aos ésteres obtidos com H₂SO₄, visto que este é praticamente anidro e o HCl apresenta aproximadamente 63 % em peso de água. A presença de água tem um efeito negativo no rendimento da esterificação, pois com a formação de H₃O⁺, um íon estável em relação à H⁺, é mais difícil protonar a carbonila do ácido graxo, desfavorecendo a reação de esterificação.

CONCLUSÃO

Devido à grande quantidade de ácidos graxos livres presente no resíduo, fato confirmado pelo índice de acidez e CCD foi possível efetuar a esterificação, sendo utilizado como catalisador o ácido homogêneo H_2SO_4 .

Os perfis cromatográficos do resíduo indicaram predominância de ácido palmítico (C 16:0) e oléico (C 18:1). A presença de ácido palmítico está relacionado com o depósito de descarte da empresa Cupuama, visto que esta descarta outros resíduos gordurosos, como por exemplo, o resíduo de dendê, que é composto, em maior porcentagem, pelo ácido palmítico.

No processo de obtenção de biodiesel via catálise homogênea ácida, maiores rendimentos foram obtidos nos tempos reacionais de 12 (69,98 %) e 14 (73,08 %) horas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, G. A. Obtenção e caracterização físico-química do biodiesel de canola (*brassicinapus*). 2006. 123f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal da Paraíba. Joao Pessoa.
- ALMEIDA, A. A. F. Avaliação da oxidação do biodiesel etílico de milho por meio de técnicas espectroscópicas. 2007. 76f. Dissertação (Mestrado em Química) –Universidade Federal da Paraíba. Joao Pessoa.
- ALCANTARA, R. *et al.* Catalytic production of biodiesel from soy-bean oil, usedfrying oil and tallow. *Biomass and Bioenergy*. Vol. 18, 515-527, 2000.
- ARANDA, D. A. G. *et al.* Geração de Energia a partir de Resíduos do Lixo e Óleos Vegetais: Fontes Renováveis de Energia no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.
- DANTAS, M. B. *et al.* Avaliação da estabilidade térmica e reológica do biodiesel metílico obtido através da transesterificação do óleo de milho. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, n 1, 2006, Brasília, 2006. v.1. p. 163-168.
- Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em 09 de novembro de 2009.
- DMYTRYSHYN, S. L. *et al.* Synthesis and characterization of vegetable oil derived esters: evaluation for their diesel additive properties. *Bioresource Technology*, Vol. 92 (1), 55-64, 2004.
- FERRARI, R. A.; OLIVEIRA, V. S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em geradores de energia. *Quim. Nova*, v. 28, No. 1. p. 19-23, 2005.
- FERREIRA, M. G. R. Resposta de eixos embrionários de cupuaçu (*Theobroma grandiflorumschum.*) à concentração de sais, doses de sacarose e renovação do meio de cultivo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, Vol. 24. n. 1., 2002.
- GARCIA, Camila Martins. Transesterificação de óleos vegetais. 2006. 136f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual De Campinas. São Paulo.
- GELBARD, G. *et al.* ¹H nuclear magnetic resonance determination of the yield of the transesterification of rapeseed oil with methanol. *JAOCS*. Vol 10, 72 p. 1995.
- HAAS, M. J. *et al.*, Engine Performance of Biodiesel Fuel Prepared from Soybean Soapstock: A High Quality Renewable Fuel Produced from a Waste Feedstock. *Energy Fuels*, v.15,1207-1212, 2001.

- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: Imesp, 1985.
- KNOTHE, G. *et al.* Manual do Biodiesel. 1. ed. Edgard Blucher, 2006. 352 p.
- KNOTHE, G.; J. Am. Rapid monitoring of transesterification and assessing biodiesel fuel quality by NIR spectroscopy using a fiber optic probe. *Oil Chem. Soc.* Vol. 76, 795-800, 1999.
- KNOTHE, G., Monitoring a Progressing Transesterification Reaction by Fiber-Optic Near Infrared Spectroscopy with Correlation to ¹H Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, *JAOCS*, 77: 489, 2000.
- LUCCAS, V. Fracionamento térmico e obtenção de gorduras de cupuaçu alternativas a manteiga de cacau para uso na fabricação de chocolate. 2001, 196f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Química) UNICAMP. Campinas, SP.
- MA, F.; HANNA, M. A. Biodiesel production: a review. *Bioresource Technology*. Vol. 70, 1-15, 1999.
- MARIE-JOSE E DUMONT, SURESH S. NARINE. Soapstock and Deodorizer Distillates from North American Vegetable Oils: Review on their Characterization, Extraction and Utilization *Food Research International*, Vol. 40, 957–974, 2007.
- MUNIYAPPA, P.R., BRAMMER, S.C.; NOUREDDINI, H. Improved conversion of plant oils and animal fats into biodiesel and co-product. *Bioresource Technology* Vol. 56, 19-24, 1996.
- ROBBERS, J. E. SPEEDIE, M. K. TYLER, V.E. *Farmacolognosia e Farmacobiotechnologia*. São Paulo: Premier, 1997.
- USTA, N. *et al.* Combustion of biodiesel fuel produced from hazelnut soapstock/waste sunflower oil mixture in a Diesel engine. *Energy Conversion and Management*. Vol. 46, 741-755, 2005.

CRONOGRAMA EXECUTADO

Nº	Descrição	Ago 2009	Set	Out	Nov	Dez	Jan 2010	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
1	Revisão bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2	Caracterização físico-química da matéria- prima		x	x	x								
3	Determinação da composição da matéria- prima					x	x	x					
4	Testes catalíticos de esterificação								x	x		x	x
5	Elaboração do Relatório Parcial					x	x						
6	Análise do biodiesel										x		
7	Análise dos resultados			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
8	Elaboração do Resumo e Relatório Final												x
9	Preparação da Apresentação Final para o Congresso												x



Realizado