

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



ANÁLISES DE ESPECTROSCOPIAS FT-IV E FT-RAMAN PARA
CARACTERIZAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE
BODIESEL E MISTURAS DE BODIESEL/DIESEL

Victor Augusto Araújo de Freitas

Bolsista CNPq

Manaus - AM

Julho/2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL

PIB-E-/0061/2009

ANÁLISES DE ESPECTROSCOPIAS FT-IV E FT-RAMAN PARA
CARACTERIZAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE
BODIESEL E MISTURAS DE BODIESEL/DIESEL

Victor Augusto Araújo de Freitas
Bolsista CNPq – Não é Renovação

Prof. Dr. Paulo Rogério da Costa Couceiro
Orientador

Manaus - AM

Julho/2010

Resumo

Nas últimas décadas o biodiesel tem se firmado como substituinte do diesel como fonte alternativa de combustível, podendo ser usado na sua forma pura ou misturado ao próprio diesel. A produção de biodiesel conta com uma série de isenções fiscais. Mas, mesmo com essas medidas algumas práticas de adulteração nas misturas diesel/biodiesel ocorrem com grande frequência. Diante desta problemática, o presente projeto tem como principal proposta realizar análises quantitativas de misturas de diesel/biodiesel (BX) e biodiesel/óleo de frituras (OFRX; adulterante) utilizando técnicas de espectroscopias IV-TF e Raman-TF. Assim sendo, foram preparadas essas misturas com a finalidade de simular condições de adulterações seguida da obtenção dos espectros de IV-FT e Raman-FT. Para as misturas BX, foram correlacionados os dados de razão de intensidades das absorções em 1740 e 2925 cm^{-1} de IV-FT com o teor de biodiesel em que o melhor resultado foi uma função quadrática modificada, $R_{I,T} = aBX^2 + bBX + c$, onde o termo da ordenada, $R_{I,T} = [\ln(1/R_i)]^{-1}$, com $R^2 = 0,9969$, considerando-se que o intervalo de percentagens de biodiesel foi muito superior aos outros modelos testados. Para a mistura de biodiesel com óleo de fritura (OFR), no intervalo de 1 a 50 % de teor de OFR, os dados foram simplesmente ajustados pelo método dos mínimos quadrados, o que resultou na equação linear, $I_{1435} = -0,2136 \text{ OFRX} + 53,154$, com $R^2 = 0,9833$. Quanto aos espectros Raman a análise visual de regiões espectrais mostraram distinção de posição de bandas de absorção para a quantificação de óleo vegetal (OSJ) e de óleo de fritura (OFR) adicionado ao biodiesel. Mas, a aquisição de acessórios e adequação das condições instrumentais ainda são necessárias para atender os objetivos propostos neste trabalho.

Índice

1. Introdução.....	5
2. Revisão bibliográfica.....	6
3. Materiais e Métodos.....	8
3.1. AMOSTRAGEM	8
3.2. PREPARAÇÃO DAS MISTURAS	8
3.3. ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DAS MISTURAS.....	8
4. Resultados.....	9
4.1. Amostragem.....	9
4.2. Análise qualitativa das amostras BX por espectroscopia IV-TF	9
4.3. Análise qualitativa das amostras BOFR por espectroscopia IV-TF	12
4.4. Análise qualitativa das amostras por espectroscopia TF-Raman.....	12
5. Conclusão.....	14
6. Referências Bibliográficas	15
7. Cronograma.....	18

1. Introdução

Nas últimas décadas, o aumento da demanda de produção de energia e do transporte, e na contramão o desequilíbrio ambiental e a instabilidade do preço do barril do petróleo vêm colocando em risco a oferta de petróleo no mercado mundial. Dessa forma, estes fatores impulsionam a pesquisa na viabilização de fontes de energia renováveis¹. Nesse cenário, o biodiesel surge como consenso mundial, para substituir o óleo diesel. A *National Biodiesel Board* (EUA) define o biodiesel como derivado mono-alquil éster de ácidos graxos de cadeia longa, proveniente de fontes renováveis, cuja utilização está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão. E como fonte alternativa de combustível, o biodiesel pode ser usado na sua forma pura ou misturado ao diesel derivado do petróleo²⁻⁵.

Em 2005, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) estabeleceu uma resolução formalizada na Lei N^o 11.097/05, que determina o percentual de biodiesel a ser adicionado ao diesel. E que em 2013, será obrigatório à inserção de 5 % de biodiesel no óleo diesel (denominado de B5) em todo o território nacional⁶.

A produção de biodiesel conta com uma série de isenções fiscais. Mas, mesmo com essas medidas algumas práticas de adulteração nas misturas diesel/biodiesel ocorrem com grande frequência, principalmente na etapa de distribuição visando aumento volume do produto final e assim mais lucros. Considerando os antecedentes históricos e atuais de adulteração de combustíveis no Brasil, que de acordo com dados disponíveis pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) é constatado que em média 7,5 % dos postos selecionados para fiscalização apresentam alguma irregularidade nos combustíveis comercializados⁷.

Diante desta problemática e da disponibilidade dos equipamentos de espectroscopias FT-IV e FT-Raman no âmbito da UFAM, o presente projeto tem como principal proposta realizar análises de caracterização visando o controle de qualidade de diesel, biodiesel (origens distintas) e misturas de biodiesel/diesel buscando evidências de adulterações nas misturas em composição de BX.

2. Revisão bibliográfica

Os combustíveis (álcool, gasolina, diesel etc.) comumente comercializados no território nacional são permanentemente monitorados quanto as suas qualidades e adulterações, através da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível, em conformidade com a Resolução ANP N° 42/2004.

No caso específico do biodiesel, para caracterizar e comprovar a sua qualidade é necessário a determinação de parâmetros químicos e físico-químicos, que geralmente são realizados nas usinas produtoras. As usinas produtoras repassam o biodiesel para as bases misturadoras de biodiesel e óleo diesel, que atualmente são obrigadas a fazer mistura B5 pela Resolução N° 6 - CNPE de 16/09/2009. Por fim, a mistura de biodiesel/diesel é distribuída aos postos e finalmente, aos consumidores⁸⁻⁹.

Nesse sentido, pouco se tem feito para monitorar a qualidade, caracterizar (tipo) e quantificar o biodiesel adicionado ao diesel quanto à obrigatoriedade ou adulteração com a inserção de outros produtos, como: óleos de frituras, óleos de cárter, óleo *in natura* etc., devendo atender aos requisitos de qualidade de produtos especificados pela ANP.

Como resposta a esse fato, a quantificação do biodiesel no diesel (BX) já vem sendo investigada por algumas técnicas espectrométricas visando garantir o percentual regulamentado, tais como a espectroscopia de absorção no infravermelho⁹⁻¹² e a cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à ultravioleta-visível¹³⁻¹⁶.

Dessa forma, o desenvolvimento de técnicas e métodos analíticos que forneçam informações confiáveis acerca da avaliação qualitativa e quantitativa do biodiesel inserido no diesel mostra-se extremamente necessária para a verificação de possíveis problemas de formulação do produto e atendimento às normas da ANP, fornecendo uma ferramenta importante contra possíveis adulterações do produto.

A espectroscopia no infravermelho pode ser usada para quantificar o percentual de biodiesel presente em misturas biodiesel/diesel. Como estes combustíveis apresentam funções químicas distintas, os espectros de infravermelho deles apresentam bandas de absorção também distintas. A espectroscopia no infravermelho mede a transição entre estados vibracionais que ocorrem quando uma molécula absorve energia na região do infravermelho do espectro eletromagnético. Os diferentes grupos funcionais e os seus tipos de ligações têm frequências e intensidades de absorção distintas no infravermelho. Assim, pode-se propor a utilização de espectroscopia no infravermelho para análises das misturas biodiesel/diesel com e sem adulteração¹⁷.

Já, a espectroscopia Raman resulta da interação entre os movimentos de vibração e/ou rotação de partículas (moléculas, íons, átomos etc.) e a radiação eletromagnética incidente. De acordo com a teoria quântica, esses movimentos podem ter somente certos estados de energia. Uma mudança de estado é acompanhada pelo ganho ou perda de energia, logo para cada estrutura molecular o espectro Raman será único¹⁸.

Nesse sentido, a presente proposta de projeto visa principalmente à caracterização para o controle de qualidade de biodiesel e misturas biodiesel/diesel, mediante técnicas espectroscópicas de FT-IV e FT-Raman, como métodos rápidos e de baixo custo. Para tal, pretende-se analisar amostras de diesel e biodiesel comercializados na região, e amostras simulando o biodiesel (BX) dentro e fora das especificações da ANP e com outros adulterantes, tais como, óleo vegetal *in natura*, óleo de fritura e óleo de cárter.

3. Materiais e Métodos

3.1. AMOSTRAGEM

As amostras de diesel puro (B0) e biodiesel puro (B100) foram adquiridas no LAPEC/DQ/UFAM. As amostras de óleo de fritura (OFR) no Restaurante Universitário/UFAM, óleo de cárter (OCR) em Posto de Combustíveis de Manaus e óleo de soja (OSJ) em supermercado.

3.2. PREPARAÇÃO DAS MISTURAS

Para simular as misturas de Diesel/Biodiesel e Biodiesel/OFR foram preparadas misturas com as seguintes porcentagens em volume:

Matriz/Amostra	%V/V														
	1	2	5	10	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
Diesel/ Biodiesel	1	2	5	10	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
Biodiesel/OFR	1	2	10	25	50										

3.3. ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DAS MISTURAS

Os espectros na região do Infravermelho e Raman das amostras BX foram obtidos em triplicatas. Apenas, os espectros IV-FT da amostra B0 foram obtidos em 10 replicatas visando à determinação do limite de quantificação.

Espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier (IV-TF) - os espectros foram obtidos em um equipamento FT-IR da PERKIN ELMER, modelo Spectrum 2000 (Central Analítica do Centro de Apoio Multidisciplinar – CAM/UFAM), na faixa de varredura de $4.000 - 400 \text{ cm}^{-1}$, com 16 scans e intervalo de 2 cm^{-1} . A amostra foi dispersada sobre um disco de KBr previamente preparado.

Espectroscopia RAMAN com transformada de Fourier (Raman-FT) – os espectros foram obtidos em um equipamento Jobin Yvon IHR550, do Laboratório de Óptica de Materiais, do Departamento de Física/ICE/UFAM, na faixa de varredura de $4000 - 50 \text{ cm}^{-1}$, resolução de 4 cm^{-1} , tempo de integração de 30 a 60 s, com laser de He-Ne e potência de 30 mW.

4. Resultados e Discussão

4.1. AMOSTRAGEM

Para o estudo proposto a preparação das amostras concentrou-se basicamente nas misturas de diesel/biodiesel e biodiesel/OFR, visando principalmente a repetibilidade e reprodutibilidade, resultando um total de 82 amostras.

4.2. ANÁLISES DAS MISTURAS DE DIESEL/BIODIESEL POR ESPECTROSCOPIA IV-TF

Como parte dos estudos, buscou-se quantificar o teor de biodiesel presente no diesel (BX) a partir dos espectros de IV-FT. E para tal foram determinados os valores médios de intensidades das bandas de absorções em 1740 cm^{-1} referente ao estiramento das ligações C=O de carbonila e 2925 cm^{-1} referente ao estiramento das ligações C-H (Figura 2) para todas as misturas. E assim, calculada a razão entre essas intensidades, $R_I = \frac{I_{1740}}{I_{2925}}$, para cada teor correspondente.

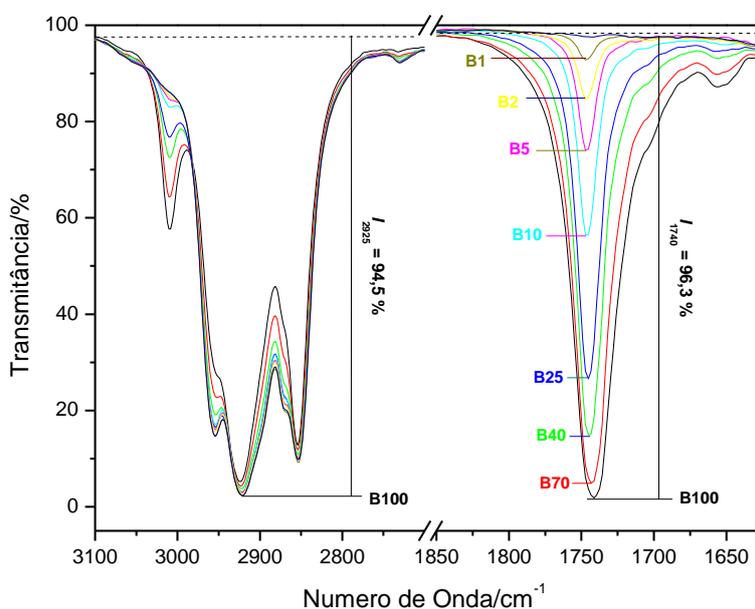


Figura 1 Espectros IV-TF das misturas de BX (diesel/biodiesel), em destaque as estimativas de intensidades das bandas absorções em 2925 e 1740 cm^{-1} da amostra B100.

A correlação direta dos dados de razão das intensidades (R_i) versus porcentagem da concentração biodiesel/diesel (BX) teve tendência não-linear. Dessa forma, testaram-se alguns modelos matemáticos de conversão de dados não-lineares em lineares, seguido de regressão linear pelo método dos mínimos quadrados²². Mas, o melhor resultado foi observado quando se utilizou uma função quadrática, $R_{i,T} = aBX^2 + bBX + c$, onde o termo da ordenada, $R_{i,T} = [\ln(1/R_i)]^{-1}$, com $R^2 = 0,9969$, considerando-se que o intervalo de porcentagens de biodiesel foi muito superior aos outros modelos testados (Tabela 1).

A porcentagem de biodiesel experimental e teórica na mistura BX é mostrada na Figura 3, é evidente que existe uma boa correspondência entre o valor de porcentagem teórica e experimental para a mistura BX.

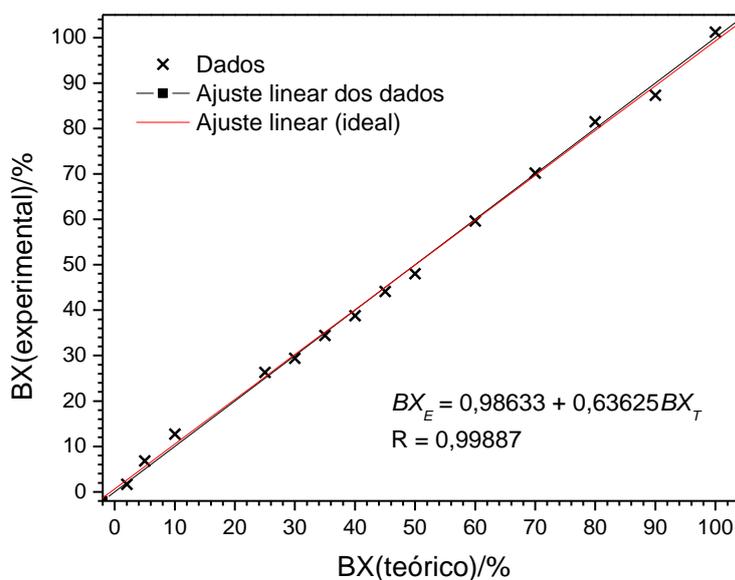


Figura 2. Gráfico da correlação dos valores experimental e teórico da amostra BX.

Tabela 1 Modelos das funções utilizadas na linearização e seus respectivos resultados.

Modelo	Equação Não-linear	Equação Modificada		$R_l = I_{1740}/I_{2925}$			
		$Y = aX + b$ (linear)	I_{1740}	Intervalo de %Biodiesel	R^2	Intervalo de %Biodiesel	R^2
1	$y = ax^b$	$Y = lny; X = ln x; A = b; B = lna$		1 a 100	0,9814	25 a 70	0,9911
2	$y = \frac{x}{a + bx}$	$Y = \frac{1}{y}; X = \frac{1}{x}; A = a; B = b$		30 a 100	0,9997	1 a 60	0,9974
3	$y = ab^{1/x}$	$Y = lny; X = \frac{1}{x}; A = lnb; B = lna$		5 a 80	0,9910	25 a 70	0,9938
4	$y = ax^2 + bx + c$	$Y = AX^2 + BX + C$ (quadrática)		25 a 100	0,9950	1 a 100	0,9969

Legenda: $y = R_l$ ou I , onde R_l é a razão das intensidades entre as bandas em 1740 e 2925 cm^{-1} e I é a intensidade da banda em 1740 cm^{-1} ; $x = BX$, que é a porcentagem de biodiesel em diesel.

4.3. ANÁLISE QUALITATIVA DAS MISTURAS DE BIODIESEL/OFR POR ESPECTROSCOPIA IV-TF

Os perfis gráficos das amostras de biodiesel e OFR são muito similares, contudo quando misturados é possível perceber algumas bandas de absorções com suaves modificações²³. Quando se aumenta a concentração de OFR na matriz de biodiesel ocorre uma gradual diminuição na absorção da banda em torno de 1435 cm^{-1} (Figura 3), típica de C-H (CH_3 de éster). Com base nesse comportamento foi possível realizar uma previsão quantitativa de uma possível adulteração do biodiesel com óleo de fritura. Feita com base no intervalo de porcentagens de 1 a 50 % de OFR, em que os dados foram simplesmente ajustados pelo método dos mínimos quadrados, o que resultou na equação linear, $I_{1435} = -0,2136\text{ OFRX} + 53,154$, com $R^2 = 0,9833$, onde I_{1435} é a intensidade da banda em 1435 cm^{-1} e OFRX é o valor porcentual de óleo de fritura adicionado ao biodiesel (Figura 3).

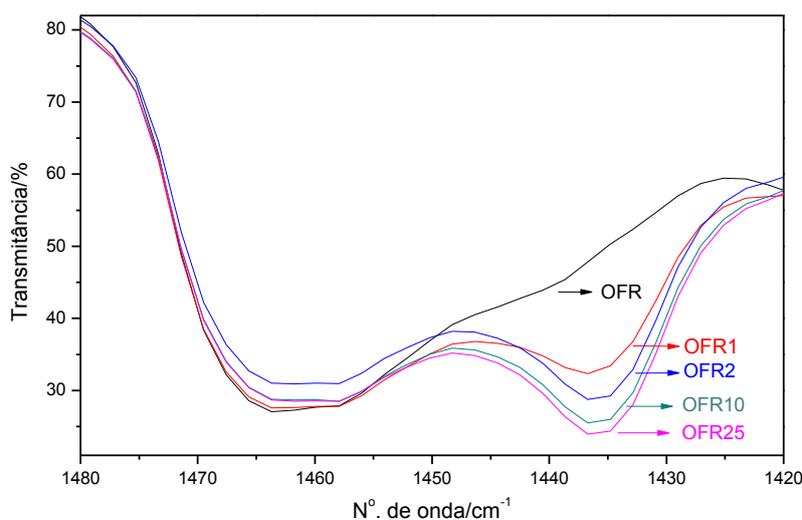


Figura 3 Espectros IV-TF das misturas de óleo de fritura/biodiesel no intervalo de 1 a 50 % de OFR.

4.4. ANÁLISE QUALITATIVA DAS AMOSTRAS POR ESPECTROSCOPIA RAMAN-TF

A técnica de análise por espectroscopia Raman de óleos e combustíveis já é bastante citada na literatura^{7,17,24-26}. Entretanto, em vários trabalhos científicos são registrados o uso de equipamento Raman com laser de comprimento de onda em torno de 1064 nm para essa finalidade. Mas, a fonte

de laser do equipamento que foi empregado para a análise das amostras objeto deste trabalho, tem comprimento de onda de 632 nm e potência de 30 mW, o certamente promove a ocorrência excessiva de fluorescência nas amostras²⁶. Esse fenômeno dificultou e até impossibilitou a análise qualitativa e quantitativa por espectroscopia Raman-FT (Figura 4).

Considerando, também, o tipo do laser He-Ne e seu comprimento de onda a melhor faixa de absorção de interesse do espectro Raman seria de 3100 a 2700 cm^{-1} para as amostras em estudo²⁶.

As amostras OSJ, OFR e B100 apresentaram, na região de interesse, perfis com razoável grau de interferência de fluorescência (Figura 4), já a amostra de diesel apresentou somente fluorescência, não sendo assim, possível realizar a distinção de bandas de absorções. O elevado grau de fluorescência no espectro da amostra de diesel inviabilizou a análise quantitativa de suas misturas.

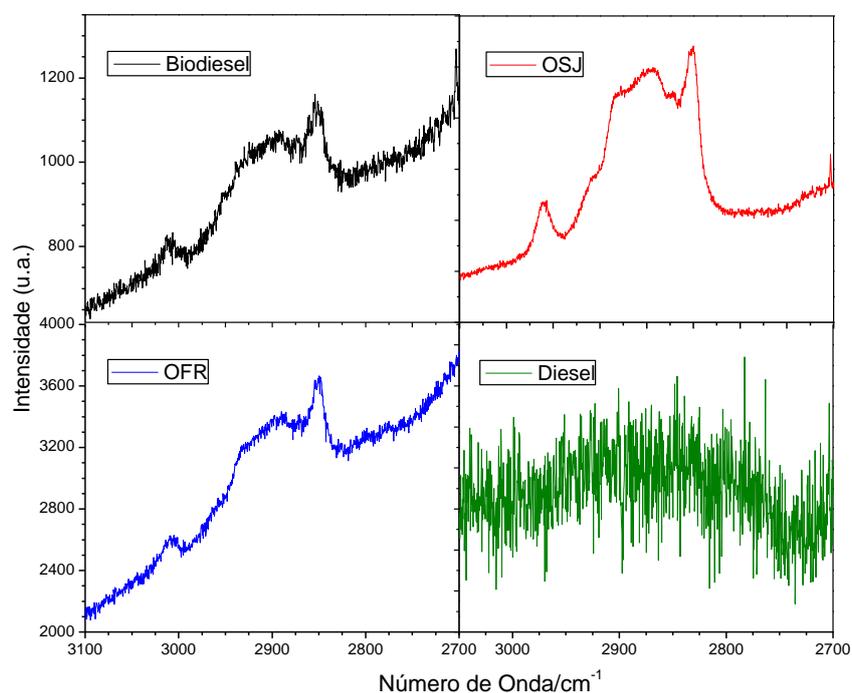


Figura 4 Espectros Raman-TF das amostras de biodiesel (linha preta), OSJ (linha vermelha), OFR (linha azul) e diesel (linha verde)

5. Conclusão

A correlação espectral entre a razão de intensidade de absorção entre 1740 e 2925 cm^{-1} reflete a quantidade de biodiesel na mistura BX, entretanto essa correlação não mostra tendência linear em toda sua extensão, mas o modelo quadrático modificado apresentou resultado com excelente concordância, $R^2 = 0,9969$, para o intervalo de 1 a 100 % de biodiesel.

Por outro lado, para a mistura de biodiesel com óleo de fritura (OFR), no intervalo de 1 a 50 % de OFR, os dados foram simplesmente ajustados pelo método dos mínimos quadrados, o que resultou na equação linear, $I_{1435} = -0,2136OFRX + 53,154$, com $R^2 = 0,9833$.

Análise visual de regiões espectral Raman mostra distinção de posição de bandas de absorção para a quantificação de óleo vegetal (OSJ) e de óleo de fritura (OFR) adicionado ao biodiesel. Mas, a aquisição de acessórios e adequação das condições instrumentais ainda fazem-se necessárias para atender os objetivos propostos neste trabalho.

6. Referências Bibliográficas

1. Guarieiro, L. L. N.; Ribeiro, N. M.; Andrade, J. B.; Pereira, P. A. P.; Lopes, W. A.; Torres, E. A.; Pinto, A. C.; Rezende, M. J. C. Biodiesel: An Overview. *Journal Brazilian Chemistry Society*, v. 16, n. 6B, p. 1313-1330, 2005.
2. Zang, Y.; Dubé, M. A.; McLean, D. D.; Kates, M.; Biodiesel production from waste cooking oil: Process, Design and technological assessment. *Bioresource. Technology*. v. 89, n. 1, p. 1-16. 2003.
3. Biodiesel Basic. http://www.biodiesel.org/resources/biodiesel_basics/. Acessado em 14.07.2010.
4. O biodiesel. <http://www.biodiesel.gov.br/>. Acessado em 14.07.2010
5. Fukuda, H.; Kondo, A.; Noda, H.; Biodiesel fuel production by transesterification of oils. *Bioscience and Bioengineering*. v. 92, n. 5, p. 405-416, 2001
6. Conselho Nacional de Política Energética – CNPE. Resolução N^o. 6, de 16/09/2009.
7. Oliveira, F. C. C. Modelos de calibração multivariada associados à espectroscopia vibracional para análise de misturas diesel- óleos vegetais. *Dissertação de Mestrado*. 2006
8. Knothe, G.; Determining the blend level of mixtures of biodiesel with conventional diesel fuel by fiber-optic near-infrared spectroscopy and ¹H nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Journal of the American Oil Chemists's Society*. v. 77, p 489-493, 2000.
9. Pimentel, M. F.; Ribeiro, M. G. S.; Cruz, R. S.; Stragevitch, L.; Pacheco, J. G.; Teixeira, L. S. G.; Determination of biodiesel content when blended with mineral diesel fuel using infrared spectroscopy and multivariate calibration. *Microchemical Journal*. v. 82, n. 2, p. 201-206, 2006.
10. Saraiva, J. S. O.; Montalvão, R.; Daher, L.; Suarez, P. A. Z.; Rubim, J. C.; Determination of methyl ester contents in biodiesel blends by FTIR-ATR e FT-NIR spectroscopies. *Talanta*. v. 69, n. 5, p. 1278-1284, 2006.

11. Kaminski, M.; Gilgenast, E.; Przyjazny, A.; Romanik, G.; Procedure for and results of simultaneous determination of aromatic hydrocarbons and fatty acid methyl esters in diesel fuels by high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*. v. 1222, n. 2, p. 153-160, 2006.
12. Foglia, T. A.; Jones, K. C.; Nunez, A.; Phillips, J. G.; Mittelbach, M. Determination of Biodiesel and Triacylglycerol in Diesel Fuel by High Performance Liquid Chromatography. *Chromatographia*. v. 62, p. 115-119, 2005.
13. Mastovska, K.; Lehotay, S. J.; Practical approaches to fast gas chromatography-mass spectroscopy. *Journal of Chromatography A*. v. 1000, n. 6, p. 153-180, 2003.
14. Nimmen, N. F. J.; Veulemans, V. H. A. F.; Development and validation of a highly sensitive gas chromatographic–mass spectrometric screening method for the simultaneous determination of nanogram levels of fentanyl, sufentanil and alfentanil in air and surface contamination wipes. *Journal of Chromatography A*. v. 1035, n. 2, p. 249-259, 2004.
15. Kontro, M.; Korhonen, L.; Vartiainen, T.; Pellikka, P.; Martikainen, P. J.; Selected ion monitoring in quantitative gas-liquid chromatographic – mass spectrometric detection of fatty acid methyl esters from environmental samples. *Journal of Chromatography B*. v. 831, n. 1, p. 281-287, 2006.
16. Silverstein, RM; Bassler, G. C; Morill, T. C. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. 5^a. Edição. Rio de Janeiro, RJ. 1994.
17. Lima, K. C. V. Qualidade de gasolinas automotivas através de espectroscopia vibracional FT-RAMAN combinada com correlação 2D generalizada. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará. 2005.
18. Hidalgo, F. P.; Rodrigues, L. C. V.; Miyai, I. H.; Brito, F. H. Caracterização e quantificação de biodiesel de mamona usando técnicas FTIR e espectroscopia luminescente. II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel. Livro de Resumos. Brasília. 2007.

19. Guarieiro, L. L. N.; Ribeiro, N. M; Pinto, A. C; Aguiar, P. F. Metodologia analítica para quantificar o teor de biodiesel na mistura biodiesel:diesel utilizando espectroscopia na região do infravermelho. *Química Nova*. v. 31, n.2, p. 421-426, 2008.
20. Georgiev, A.; Karamancheva, I.; Topalova, L. Determination of oxidation products in transformer oils using FT-IR spectroscopy. *Journal of Molecular Structure*. v. 872, p. 18-23, 2008.
21. Al-Ghouti, M. A.; Al-Atoum, L. Virgin and recycled oil differentiation: A spectroscopy study. *Journal of Environmental Management*. v. 90, p. 187-195, 2009.
22. Custodio, R. Andrade, J. C. Augusto, F. O ajuste de funções matemáticas a dados experimentais. *Química Nova*. v. 20, p. 219-225, 1997.
23. Mahamuni, N. N; Adewuyi, Y. G. Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR) method to monitor soy biodiesel and soybean oil in transesterification reaction, petrodiesel-biodiesel blends, and blend adulteration with soy oil. *Energy & Fuels*. v. 23, p. 3773-3782, 2009.
24. Baeten, V; Hourant, P; Morales, M. T; Aparicio, R. Oil and fat classification by FT-Raman spectroscopy. *J. Agric. Food Chem*. v. 46, p. 2638-2646. 1998.
25. Barthus, R. C; Poppi, R. J. Determination of total unsaturation in vegetable oils by Fourier transform Raman spectroscopy and multivariate calibration. *Vibrational Spectroscopy*. v. 26, p. 99-105, 2001.
26. Farhad, S. F. U; Abedin, K. M; Islam M. R; Talukder, A. I; Haider, A. F. M. Y. Determination of ratio of unsaturated to total fatty acids in edible oils by laser raman spectroscopy. *Journal of Applied Sciences*. v. 9, p. 1538-1543. 2009.

7. Cronograma

Nº	Descrição	2009					2010						
		Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
1	Revisão de literatura	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
2	Aquisição das amostras de diesel, biodiesel, óleo de fritura etc.	Verde	Verde										
3	Análises Químicas		Vermelho	Vermelho	Vermelho								
4	Análises Físico-Químicas			Vermelho	Vermelho	Vermelho							
5	Preparação e Apresentação Parcial do Projeto (atividade obrigatória)				Verde								
6	Elaboração do Resumo e Relatório Parcial (atividade obrigatória)					Verde							
7	Análises de FT-IV					Verde	Verde	Verde	Verde				
8	Análises de FT-Raman						Azul	Azul	Azul	Azul			
9	Tratamento dos dados								Verde	Verde	Verde	Verde	
10	Preparação da Apresentação Final para o Congresso (atividade obrigatória)												Verde

Legenda: Verde - atividade realizada; vermelho - atividade não realizada; azul - parcialmente realizada.