

Análise espectrorradiométrica aplicada à detecção da contaminação do óleo por material particulado arenoso

Elisabete Caria Moraes¹
Gabriel Pereira¹
Luís Gonçalves Longo de Oliveira¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil.
{gabriel, bete, luis}@ltid.inpe.br

Abstract. The main objective of this work is to analyze the spectral signature at different concentrations and granulometries in oil API 14 and API 28 from 3RJS-618, Campo de Namorado, situated in Campos Basin, Rio de Janeiro State, in February 11th 2005 extraction. The variation of the spectral signature caused by the change of the oil materials constitutions could be analyzed, allowing identify patterns in the spectral answers. The ground measurements were performed in the field using a FieldSpec Pro FR spectroradiometer. The results showed a great possibility to diagnostic the real composition of the oil and the different materials that composes it, allowing to detection the ducts of oil corrosion by the sand.

Palavras-chave: Petroleum oil, reflectance factor, sand's granulometry size, petróleo, fator de reflectância, tamanho de granulometria da areia.

1. Introdução

O início da indústria petrolífera mundial ocorreu ainda na segunda metade do século XIX. Registros históricos apontam que Edwin L. Drake começou a exploração deste recurso, com a produção de um poço perfurado na Pensilvânia, em 1859. No Brasil, a história de exploração do petróleo se confunde bastante com a criação da Petrobrás, em 1953. Hoje, o Brasil está entre os 20 maiores produtores de petróleo do mundo, dominando a tecnologia de perfuração em águas profundas (Barata, 2002).

O petróleo é uma mistura de vários compostos orgânicos, cujos principais constituintes são hidrocarbonetos, servindo como base para a fabricação de diversos produtos, como benzinhas, óleo diesel, gasolina, alcatrão, polímeros plásticos, tecidos, fertilizantes e até mesmo medicamentos (Wikipédia, 2006).

O petróleo pode ser considerado como um alvo a ser estudado espectralmente por intermédio da interação da radiação eletromagnética (REM) com os seus constituintes. Segundo Hunt (1980), a assinatura espectral de um alvo é definida como uma feição ou conjunto de feições relacionadas a um conjunto de bandas estreitas e adjacentes. Sua representação gráfica descreve a variação da reflectância em função do comprimento de onda ao longo do espectro eletromagnético.

Na indústria de petróleo diversas tecnologias são desenvolvidas para determinar a corrosão de tubulações por partículas sólidas, como areia, presentes no óleo extraído. A espectrorradiometria permite conhecer a assinatura espectral do petróleo e identificar a presença dos particulados que o contaminam. Esta tecnologia representa um valioso passo para a indústria petrolífera, pois permite detectar e, conseqüentemente, reduzir o desgaste da tubulação devido a presença de material particulado arenoso.

A escala API do *American Petroleum Institute*, cuja unidade de medida é o grau API, é uma forma de classificação da densidade do petróleo bruto. Os valores da escala variam inversamente à densidade do petróleo. Quanto maior a densidade do petróleo menor o seu valor de mercado, assim, menor é seu valor na escala API (Onip, 2006).

O presente trabalho tem como objetivo principal a caracterização e análise da assinatura espectral para diferentes concentrações e granulometria de material particulado arenoso em amostras de petróleo com diferentes densidades (API 14 e API 28). A assinatura espectral foi obtida através do fator de reflectância, definido como a razão da radiância do alvo pela radiância de uma superfície perfeitamente lambertiana, cujas grandezas radiométricas devem ser obtidas nas mesmas condições de iluminação e observação.

2. Materiais e Métodos

2.1 Caracterização do petróleo e areia utilizados

As amostras de óleo API 14 e API28 foram coletadas no poço 3RJS-618, Campo de Namorado, situado na bacia de Campos, Rio de Janeiro (RJ), no dia 11 de fevereiro de 2005. Segundo Azevedo (1987) o poço apresenta a característica de cotas batimétricas variáveis de 110 a 250 m, situa-se a 80 km da costa, limitando-se a oeste e sudoeste por falhas geológicas, e a norte, leste e sul por um *pinchout* (acunhamento litológico). A área está sobre a formação geológica Carapebus, cuja litologia predominante é composta pelo Arenito Maastrichtiano.

Neste estudo foram utilizados amostras de petróleo fino, denominado pela Petrobrás de Óleo namorado – 31 (PNA-2, API 28), e óleo grosso denominado API 14. Quanto à granulometria, as areias podem ser denominadas finas (AG 90/500 E) e grossas (20/40).

2.1 Coleta de dados

Utilizou-se o espectrorradiômetro FieldSpec Pro FR, fabricado pela empresa Analytical Spectral Devices. Tal espectrorradiômetro possui campo de visada de 25°, intervalo espectral de 350 a 2500 nm, resolução espectral variando de 3 a 10nm e tempo para aquisição de dados de aproximadamente 1/10 de segundo por espectro.

O fator de reflectância foi obtido utilizando-se como superfície lambertiana a placa *Spectralon* 11, que apresentou reflectância espectral de aproximadamente 100% em todo o espectro solar. O controle, registro e processamento dos dados medidos no Laboratório de Radiometria do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (LARAD/INPE) foram feitos com o auxílio de um microcomputador portátil.

3. Resultados e Discussão

A **Figura 1** mostra os fatores de reflectância (FR) do óleo grosso (OG_5), óleo fino (OF_07), areia grossa (AG_10) e areia fina (AF_13). Ambos os alvos apresentam assinaturas espectrais distintas entre si, já que as diferentes composições granulométricas implicam em respostas espectrais diferentes. Percebe-se que a AF_13 apresenta elevados valores em todo o seu espectro. Na região do visível (400 a 700 nm) estes valores variam de 40% a 70% e na região do infravermelho próximo e médio (700 a 2350 nm) estes valores apresentam uma resposta homogênea, com poucas variações, e com valores de FR de aproximadamente 80%. A areia grossa AG_10 apresenta valores similares a AF_13, porém suas amplitudes são ligeiramente menores em todo o espectro eletromagnético. O fator de reflectância da AG_10 varia entre 15% a 35% no visível e 45% a 65% no infravermelho próximo e médio. O menor fator de reflectância observado na análise da assinatura espectral da areia grossa é ocasionado pelo maior aprisionamento da REM devido ao aumento da granulometria.

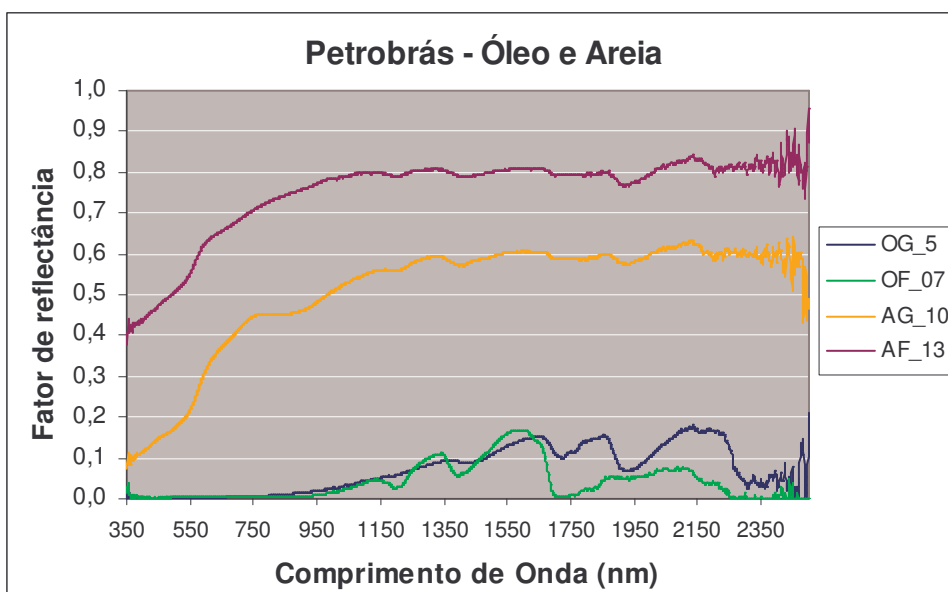


Figura 1 – Fator de reflectância para óleo grosso, óleo fino, areia grossa e areia fina.

A **Figura 2** mostra a diferença espectral entre os dois tipos de óleo extraídos da bacia de Campos (RJ), óleo grosso e óleo fino. A diferença de densidade provoca feições nas assinaturas espectrais facilmente distinguíveis. Nota-se que na faixa do EEM referente ao visível, estes valores apresentam-se muito baixos, não permitindo uma diferenciação entre eles. Na região do infravermelho próximo e médio as bandas de absorção variam de acordo com a densidade do óleo. O óleo grosso (OG_5) apresenta estas bandas em 1450 nm, 1750 nm e 2270nm. O óleo fino (OF_07) apresenta bandas de absorção em 1200 nm, 1400 nm, 1700 nm e 2250nm.



Figura 2 – Fator de reflectância para óleo grosso e óleo fino.

A **Figura 3** mostra a variação espectral do FR para o óleo grosso de acordo com as diferentes concentrações de material particulado arenoso. A concentração de areia, indicada pelos números após os nomes, aumenta o FR em todo o EEM. Entre as variações mais

notáveis está o aumento na faixa espectral referente ao visível e no infravermelho próximo, cujos valores aumentaram em aproximadamente 4%. Em alguns casos específicos de concentração de areia grossa e fina, obtêm-se valores semelhantes de FR, como por exemplo, OGAF_61 e OGAG_58, que representam, respectivamente, óleo grosso e areia fina com concentração de 61 mg e óleo grosso e areia grossa com concentração de 58 mg.

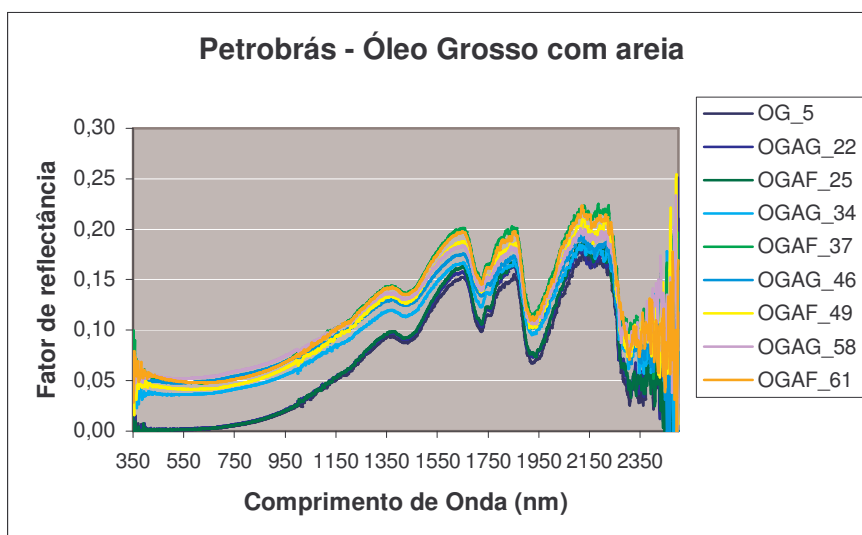


Figura 3 – Fator de reflectância para óleo grosso com diferentes concentrações de materiais particulados arenosos.

As diferentes concentrações de materiais particulados arenosos apresentam variações na assinatura espectral mais contrastantes do que aquelas obtidas no óleo grosso, como visualizado na **Figura 4**. Nesta, percebe-se que a mudança na concentração de materiais particulados produz respostas distintas. As menores concentrações estudadas (OFAG_17 e OFAF_19) apresentam os maiores valores de FR, permitindo, em geral, uma distinção entre as diferentes granulometrias.

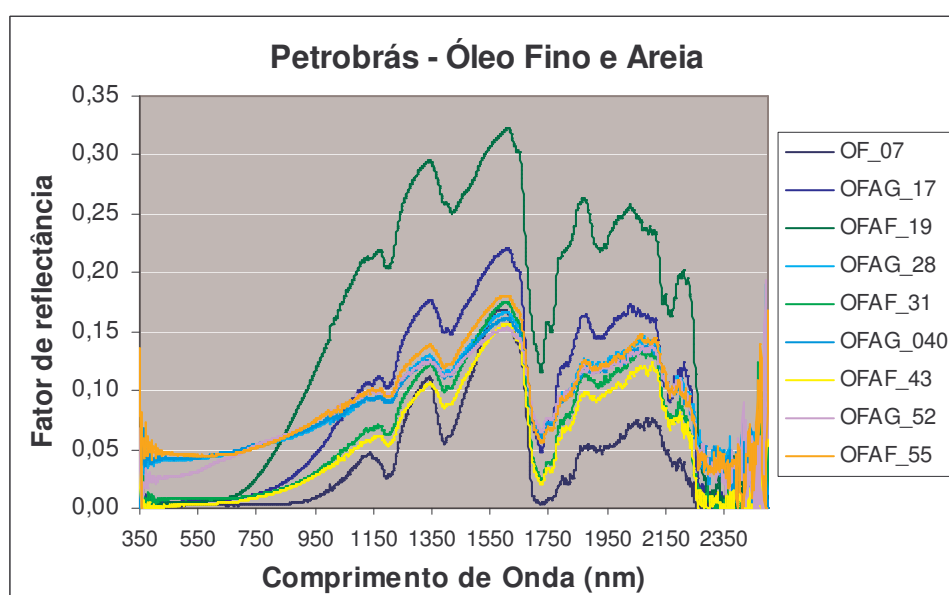


Figura 4 – Fator de reflectância para óleo fino com diferentes concentrações de materiais particulados arenosos.

As figuras seguintes mostram as variações individuais da assinatura espectral de óleo grosso com diferentes quantidades de areia grossa (**Figura 5**) e areia fina (**Figura 6**). Em geral, a areia grossa apresenta valores de FR menores que os valores de FR originados pela interação do óleo grosso com a areia fina. Neste óleo o aumento da concentração de areia fina ocasiona valores de FR de até 5% no visível e de 20% no infravermelho médio solar.

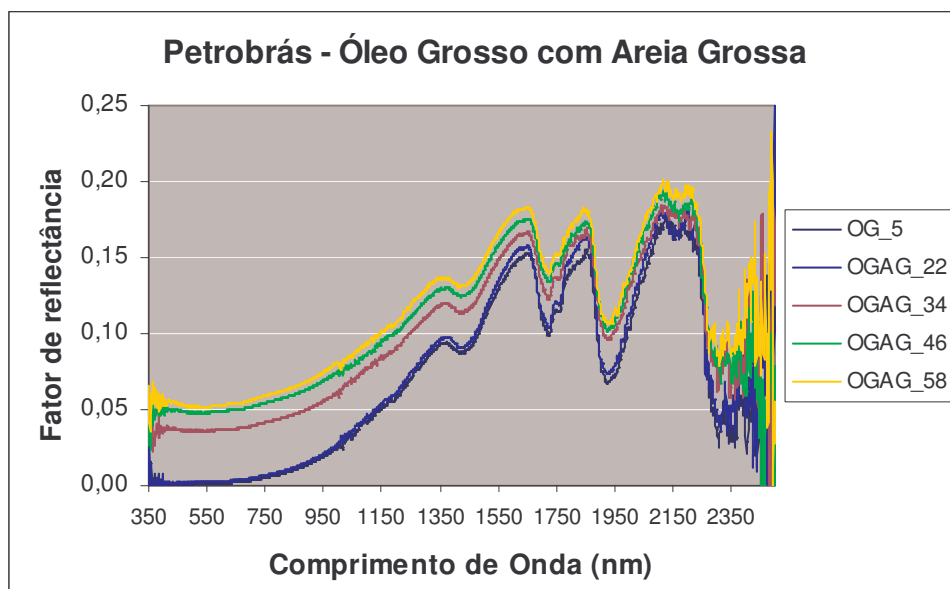


Figura 5 – Fator de reflectância para óleo grosso com diferentes concentrações de materiais particulados arenosos grossos.

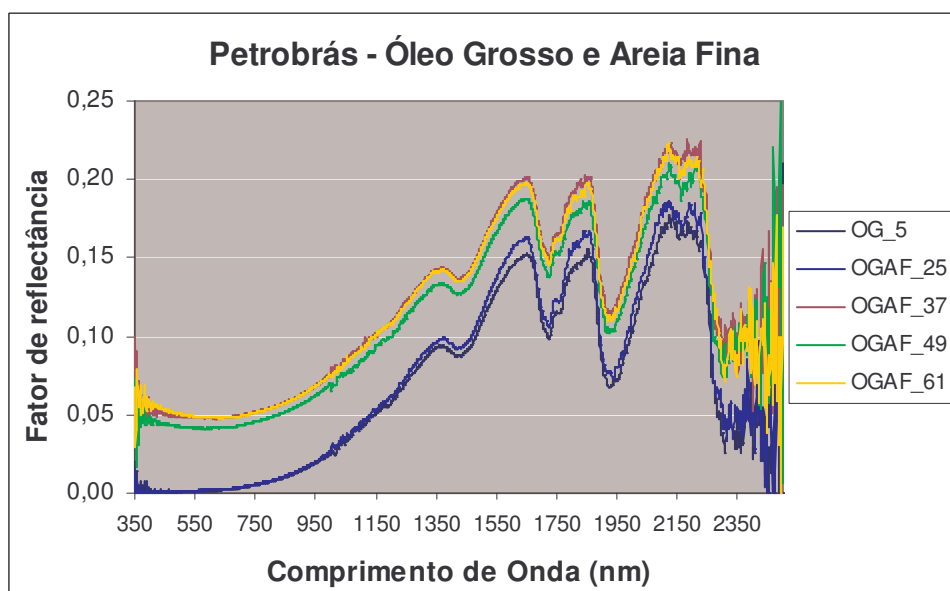


Figura 6 – Fator de reflectância para óleo grosso com diferentes concentrações de materiais particulados arenosos finos.

As **Figuras 7 e 8** mostram os valores de FR referentes à interação entre o óleo fino e as diferentes concentrações de areia fina e grossa, respectivamente. Observa-se que as variações tornam-se mais acentuadas que aquelas verificadas no óleo grosso, permitindo um real diagnóstico da composição do óleo e dos diferentes materiais que o compõe. É notável que o

aumento do FR aliado ao aumento da concentração de materiais particulados ocorre até um certo limiar, onde, a partir dele os valores de FR começam a reduzir.

Para o infravermelho próximo e médio, pequenas concentrações de areia, tanto fina quanto grossa, produzem os maiores valores FR, fato que não é perceptível na faixa espectral do visível. Com o aumento gradual da concentração de areia (grossa e fina) observa-se uma redução nos valores do FR na região do infravermelho próximo e médio, e um aumento do FR na região do visível. Verifica-se, na **Figura 7**, que a partir de uma determinada concentração de areia grossa, não são observadas alterações no FR em todo EEM. A interferência da areia fina neste óleo não apresenta o mesmo comportamento, ocasionando valores elevados com concentrações pequenas. Com o aumento gradativo da concentração os valores de FR diminuíram, porém, com concentrações altas estes valores retornam a subir.

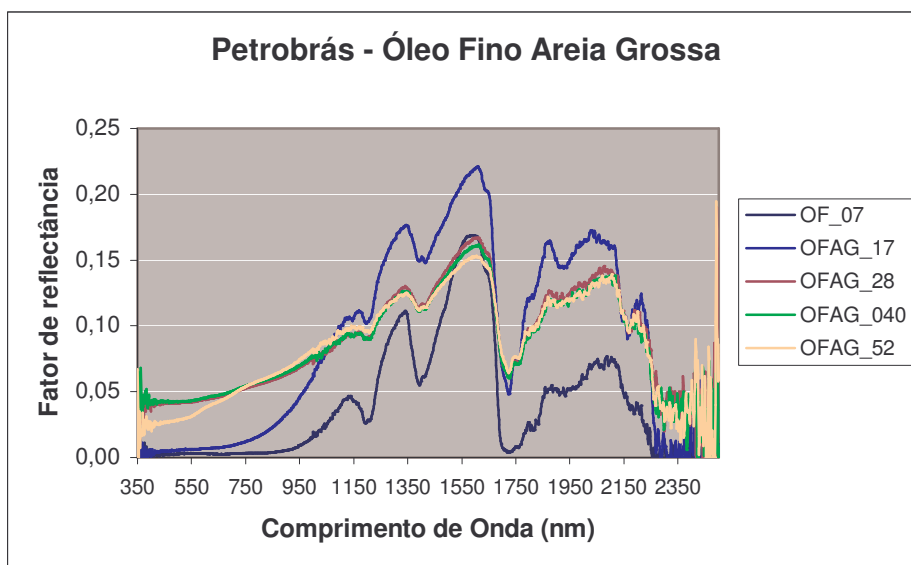


Figura 7 – Fator de reflectância para óleo fino com diferentes concentrações de materiais particulados arenosos grossos.

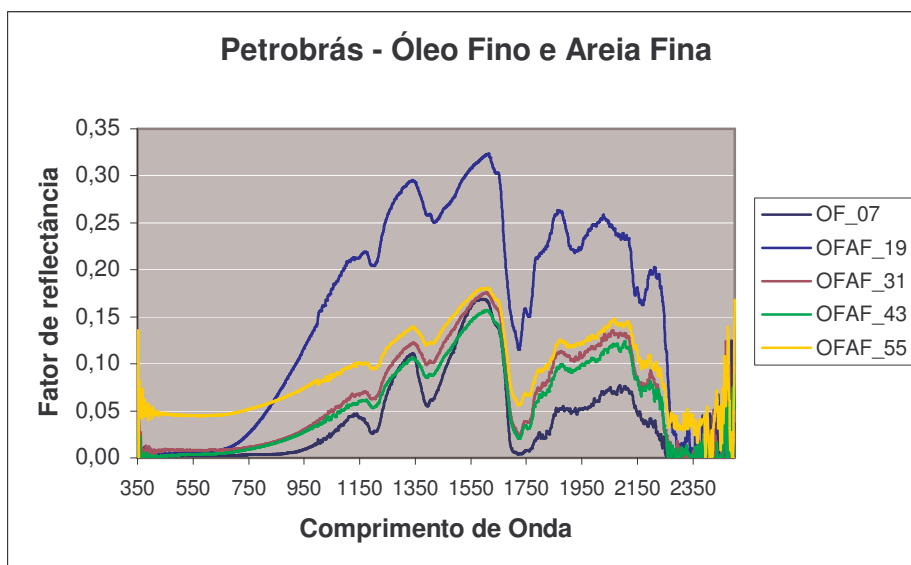


Figura 7 – Fator de reflectância para óleo fino com diferentes concentrações de materiais particulados arenosos finos.

4. Considerações Finais

Pode-se constatar que a assinatura espectral das diferentes densidades do óleo apresenta características distintas. Percebe-se que as variações no óleo fino tornam-se mais acentuadas que aquelas apresentadas no óleo grosso, permitindo um real diagnóstico da composição do óleo e dos diferentes materiais que o compõe.

É notável que o aumento do FR com o incremento da concentração de materiais particulados arenosos ocorre até um certo limiar, onde, a partir dele, os valores de FR começam a reduzir. Este fato pode gerar valores de FR muito semelhantes, confundindo, em alguns casos, as respostas espectrais da areia fina e grossa com diferentes granulometrias.

Com o aprimoramento da técnica de detecção da quantidade de areia que está presente no óleo, podem-se promover medidas mitigadoras que proporcionem a diminuição da corrosão dos dutos transportadores de petróleo. Esta pode ser implementada pelas indústrias petrolíferas para o controle de vazão e deteriorização da tubulação diminuindo, assim, os prejuízos assumidos pelas empresas exploradoras de petróleo.

Referências

Azevedo, R. L. M., Gomide, J., Viveres M. C. Geo – História da Bacia de Campos: do Albiano ao Maastrichtiano, **Revista Brasileira de Geociências**, p. 139 – 146, 1987.

Barata, Germana. História do petróleo no Brasil, 2002. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/petroleo/pet06.shtml>. Acesso em: 7 de Novembro de 2006.

Jensen, John R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. Upper Saddle River/NJ: Prentice-Hall, 1996. 316 p.

Onip – Organização Nacional da Indústria do Petróleo. Disponível em: http://www.onip.org.br/main.php?idmain=informacoes&mainpage=Mini_Glossario.htm. Acesso em: 7 de Novembro de 2006.

Streutker, David R. Satellite-measured growth of urban heat island of Houston, Texas. **Remote Sensing of Environment**, n.85, 2003, p.282 – 289.

Vergara, O. R.; Cintra, J. P.; D'Alge, J. C. L. Avaliação da exatidão cartográfica de documentos atualizados com imagens orbitais e sistemas de informação geográfica. **XX Congresso Brasileiro de Cartografia**, Porto Alegre, 2001.

Wikipédia. Petróleo, 2006. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Petr%C3%B3leo>. Acesso em: 7 de Novembro de 2006.