

O uso da Nanotecnologia na indústria do Petróleo

Fernando Henrique Ribeiro da Costa*
Kevin Lima Pinto**
Luças Cardoso Ambrósio Ribeiro***
Maísa L. S. de Souza****

Resumo

O petróleo é hoje uma das principais matérias-primas e fonte de energia utilizadas pelo planeta, seu processo de produção é altamente complexo, visto que ele se encontra misturado com água, gases e outras substâncias, sendo necessária a separação. Os processos tradicionais de separação não são muito eficientes e ainda geram resíduos prejudiciais ao meio ambiente. Diante dessa situação e de desastres ambientais ocorridos recentemente, como derramamentos de petróleo em alto-mar, o nosso trabalho busca mostrar uma solução alternativa para esses problemas, com o uso de uma ferramenta recente e que vem se mostrando cada vez mais eficiente, a Nanotecnologia.

Palavras-chave: Água. Petróleo. Mistura. Separação. Nanotecnologia.

A Nanotecnologia

O termo nanotecnologia teve início no final da década de 50, quando o cientista norte-americano Richard Feynman fez uma palestra expondo suas ideias e projetos sobre uma nova tecnologia altamente desenvolvida e minúscula. Depois de alguns anos houve novamente palestras e pesquisas sobre essa tecnologia e apresentaram as propostas de produzir objetos a partir de moléculas, manipulando átomos individualmente, além da criação de nanorrobôs, que reconstruiriam estruturas no corpo humano e redesenhariam estruturas biológicas, evitando doenças e imitariam estruturas vivas como as bactérias.

A Nanotecnologia se refere ao estudo da matéria em uma escala muito pequena, da ordem de 10⁻⁹m (1nm), nessas dimensões seria possível reorganizar a estrutura das moléculas, dando margem ao desenvolvimento de novas tecnologias. Usando as técnicas e ferramentas que estão a ser desenvolvidas nos dias de hoje para colocar cada átomo e cada molécula no lugar desejado. Fala-se com frequência da nanotecnologia como uma “tecnologia de objetivos gerais”. Isso se deve ao fato de que na sua fase madura terá um impacto significativo na maioria de indústrias e áreas da sociedade. Melhorará os sistemas de construção e possibilitará a fabricação de produtos mais duráveis, limpos, seguros e inteligentes, tanto para a casa, como para as comunicações, os transportes, a agricultura e a indústria em geral.

No entanto, o atual surto de desenvolvimento na área é muito recente.

A Nanotecnologia necessita de uma ampla variedade de capacidades, treinamento e facilidades, as quais são fundamentais para sua maturação e provimento de uma base para o desenvolvimento industrial. Além disso, trata-se, de fato, de um diversificado conjunto de tecnologias que necessita de instrumentação avançada desde o nível dos laboratórios de grupos até as grandes facilidades nacionais. Como decorrência das estruturas de que trata a Nanotecnologia estarem ficando cada vez menores e a necessidade de testes de qualidade cada vez mais rigorosos, essas demandas só tendem a aumentar a necessidade de métodos nanoanalíticos, tanto para a pesquisa quanto para os testes de fabricação.

Essa nova tecnologia não só permitiria a fabricação de produtos de alta qualidade a um custo muito reduzido como também a criação de novas nanofábricas com o mesmo custo e velocidade. É mesmo por essa capacidade única de autorreprodução, pelo que a nanotecnologia se denomina “tecnologia exponencial”. Refere-se a um sistema de fabricação que, por sua vez, seria capaz de produzir mais sistemas de fabricação de fábricas que produziram outras fábricas de maneira rápida, barata e limpa. Os meios de produção, em apenas algumas semanas, passariam de um reduzido número de nanofábricas para vários bilhões, ou seja, de forma exponencial.

Essa inovação agora está se voltando para a indústria de petróleo. A sua aplicação visa diminuir os impactos ambientais e um maior aproveitamento do produto, sem causar desperdício no momento da separação.

Como o Petróleo é encontrado

O Petróleo é um hidrocarboneto, composto orgânico constituído basicamente por moléculas de carbono e hidrogênio, que é formado pela decomposição da matéria orgânica sob certas condições de temperatura e pressão. Após ser formado, essas condições fazem com que ele migre

* Técnico em Automação Industrial pelo IF Fluminense, campus Macaé.

** Técnico em Automação Industrial pelo IF Fluminense, campus Macaé.

*** Técnico em Automação Industrial pelo IF Fluminense, campus Macaé.

**** Doutora em Química Biológica pelo Instituto de Bioquímica Médica – UFRJ. Coordenadora de Formação Geral no IF Fluminense, campus Macaé.

para uma rocha porosa, onde ficará confinado e cercado por rochas impermeáveis, que delimitam o reservatório.



Figura 1 - Exemplo de um reservatório típico de petróleo
Fonte: Apostila de Processamento Primário de Petróleo da Universidade Petrobras de Ciência e Tecnologia E&P Disponível em: www.moodle.ufu.br/

Dentro desse reservatório o óleo é encontrado junto com água e gás natural, constituindo as fases de uma mistura heterogênea, que é dada em função da diferença de densidade e da imiscibilidade dos fluidos.

Devido a essa configuração no reservatório e das condições necessárias para a produção, não apenas petróleo e gás são produzidos, mas também água e sedimentos (areia e outras impurezas sólidas em suspensão, como material de corrosão, produtos de incrustação por exemplo) em quantidades variadas. Além desses, outros compostos também podem estar presentes no sistema, tais como os contaminantes CO₂ e H₂S, quer na fase gasosa ou mesmo arrastados/dissolvidos na fase líquida (UNIVERSIDADE PETROBRAS, 2007, p.3).

Nenhuma dessas fases é produzida isoladamente. Assim, o gás é produzido em quantidade e composição variada e percorre as tubulações de produção como bolhas no óleo. Alternativamente, gotículas de óleo podem ser arrastadas como névoa no gás. A água pode ser levada pelo gás na forma de vapor. Quando no estado líquido, pode ser produzida como água livre, dissolvida ou emulsionada como gotículas dentro do óleo (UNIVERSIDADE PETROBRAS, 2007, p.4).

A água livre é relativamente fácil de separar, por decantação, enquanto que a água dissolvida normalmente não é removida da corrente de petróleo por ser relativamente baixos os seus teores (da ordem de 0,02% a 20 oC). Por outro lado, a água emulsionada requer tratamentos especiais para sua remoção (UNIVERSIDADE PETROBRAS, 2007, p.4).

As emulsões

Uma emulsão é formada quando dois líquidos imiscíveis sofrem uma forte agitação e por consequência são levados a um íntimo contato, ocorrendo a dispersão de um deles, sob a forma de gotículas, no outro líquido. No caso das emulsões de petróleo, a fase dispersa é a água e a fase contínua, o petróleo (UNIVERSIDADE PETROBRAS, 2007, p.20).

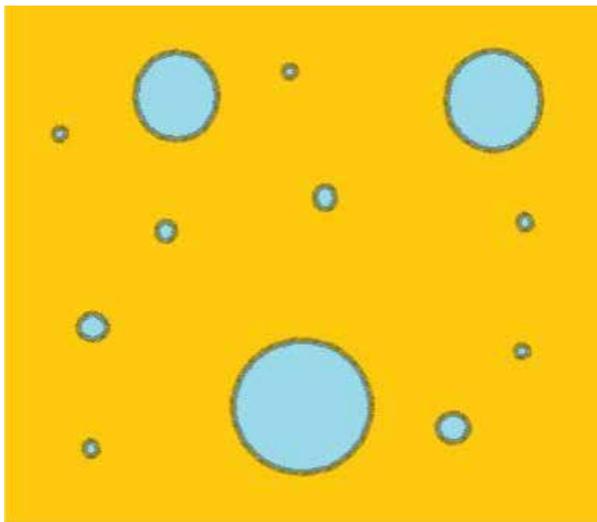


Figura 2 - Exemplo de Emulsão A/O (Água em óleo)
Fonte: Imagem meramente ilustrativa criada pelo grupo de pesquisa no Microsoft Paint v6.1

Esta água presente nos fluidos produzidos pode ter duas origens: ou é proveniente do próprio reservatório (água de formação) ou foi introduzida no sistema produtor em consequência da utilização de processos de recuperação secundária, tais como injeção de água ou vapor.

A água então deve ser separada do óleo, pois ela possui sais de diversas espécies químicas em sua composição, o que contribui para a deterioração das instalações de produção, transporte e refino. Além disso, a água não apresenta nenhum valor econômico, piora a qualidade do petróleo e altera sua viscosidade, dificultando seu transporte e escoamento.

Equipamentos como os separadores gravitacionais trifásicos removem a água livre, porém não conseguem retirar do óleo efluente a água emulsionada, que necessita ser removida para atender às especificações de exportação. Essas especificações limitam o teor de BS&W (teor de água e sedimentos) em no máximo 1% em volume e o teor de sais dissolvidos na água em no máximo 570 mg/L de sais no óleo. Por isso é necessário tratar o petróleo (UNIVERSIDADE PETROBRAS, 2007, p.20).

Uma emulsão é considerada estável quando os dois líquidos imiscíveis estão em contato, são misturados intimamente após uma agitação e apresentam agentes emulsificantes. São esses agentes que impedem a separação espontânea da mistura em fases puras.

Os agentes emulsificantes são espécies químicas presentes no próprio petróleo e apresentam em suas moléculas regiões polares e apolares, sendo assim, são partículas hidrofílicas e lipofílicas, portanto também possuem afinidade tanto com a água (polar) quanto com o óleo (apolar). Assim, quando as gotas de água são geradas, esses emulsificantes migram e alojam-se na superfície dessas gotas, criando uma barreira (película ou filme interfacial), que impede o contato entre as gotas, e, portanto, sua coalescência.

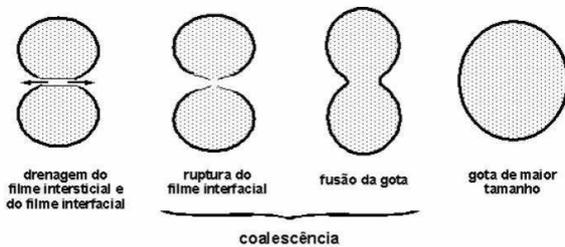


Figura 3 - Explicação da Coalescência
 Fonte: Apostila de Processamento Primário de Petróleo da Universidade Petrobras de Ciência e Tecnologia E&P Disponível em: www.moodle.ufu.br/

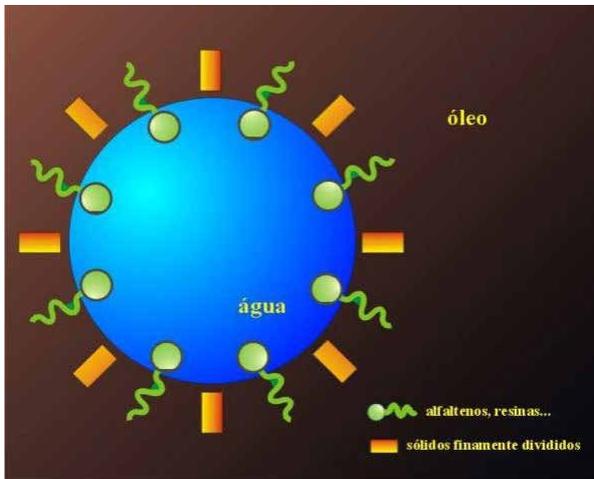


Figura 4 - Representação de uma gota de água de uma emulsão do tipo A/O com moléculas emulsificantes em sua superfície

Fonte: Apostila de Processamento Primário de Petróleo da Universidade Petrobras de Ciência e Tecnologia E&P Disponível em: www.moodle.ufu.br/

Resinas, ácidos naftênicos, asfaltenos e outros compostos presentes nas frações mais pesadas do petróleo são considerados emulsificantes naturais. Pequenos sólidos divididos com características anfífilas, como as argilas, também são considerados emulsificantes. Dependendo da

natureza do agente emulsificante também pode ocorrer repulsão elétrica entre as gotas de água, ou ocorrer o impedimento estérico, quando é a parte apolar de um emulsificante que impede o contato entre as gotas (UNIVERSIDADE PETROBRAS, 2007).

Métodos Tradicionais de Separação

Existem vários métodos para a separação e tratamento do petróleo em campo, entre eles pode-se citar adição de desemulsificantes, aquecimento, aumento do teor de água, uso de campo elétrico, uso de campo centrífugo e tratadores eletrostáticos (UNIVERSIDADE PETROBRAS, 2007).

Atualmente o método mais utilizado é a adição de desemulsificantes na mistura, produtos químicos que deslocam os emulsificantes naturais da superfície das gotas, permitindo a coalescência das gotas.

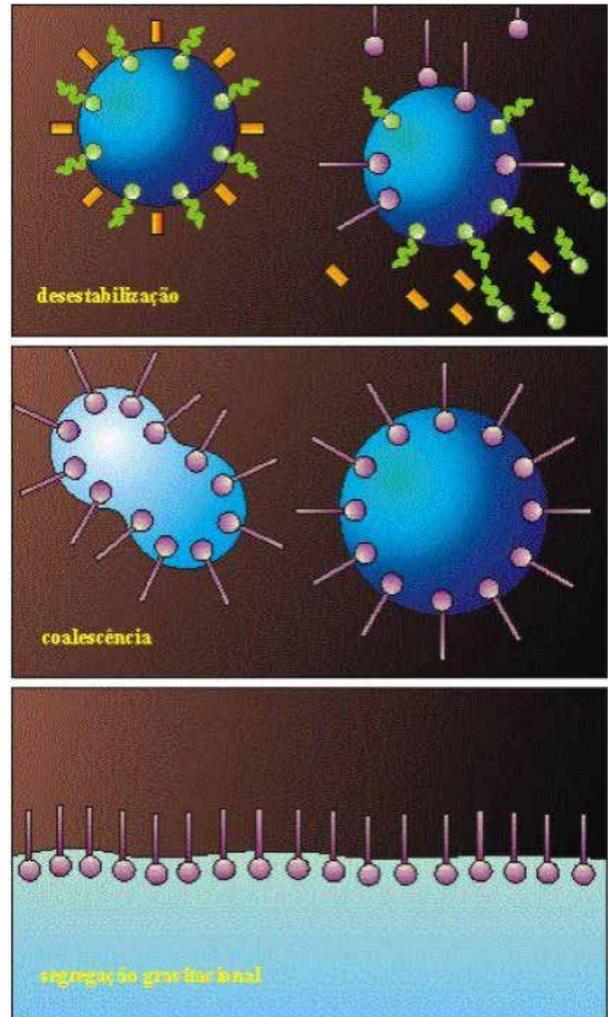


Figura 5 - Esquema da quebra da emulsão pela ação do desemulsificante

Fonte: Apostila de Processamento Primário de Petróleo da Universidade Petrobras de Ciência e Tecnologia E&P Disponível em: www.moodle.ufu.br/

Inicialmente, o desmulsificante chega à interface e desloca os emulsificantes naturais, desestabilizando a emulsão. Em seguida, ocorre a coalescência das gotas em gotas de maior tamanho e peso. Finalmente, ocorre a sedimentação das gotas de água, separando as fases água e petróleo, por segregação gravitacional (UNIVERSIDADE PETROBRAS, 2007, p.25).

No entanto, esse é um método limitado, pois os resíduos dos desmulsificantes permanecem junto do petróleo após a separação e comprometem sua qualidade. E para a produção de derivados, o petróleo não pode estar contaminado com desmulsificantes. Por isso ainda é preciso um tratamento secundário para a retirada dessas substâncias e para encaminhamento para as refinarias. Além disso, muito tempo e energia são gastos no processo, que precisa estar em certas condições de temperatura e pressão para operar de maneira satisfatória.

O Uso da Nanotecnologia

Nos últimos anos, por conta de diversos fatores, assim como o elevado custo que as empresas produtoras de petróleo têm enfrentado com a separação do produto e acidentes ambientais recentes, pesquisadores de instituições de todo o planeta vêm estudando sobre o assunto e tentando desenvolver técnicas alternativas e “ecologicamente corretas”.

No Brasil, um grupo de pesquisadores da UFMG merece destaque. Esse grupo vem há alguns anos buscando criar substâncias desmulsificantes com o uso da nanotecnologia e, desde então, estão obtendo excelentes resultados. Eles desenvolveram um material capaz de absorver petróleo em acidentes na água ou em terra, denominado nanoesponja hidrofóbica, que repele a água e tem grande afinidade por compostos orgânicos, especialmente óleos (SEPARAÇÃO, 2010).

O material é basicamente composto pelo mineral vermiculita, uma argila mineral, abundante em solo brasileiro e que, devido às suas propriedades, já vinha sendo utilizada como adsorventes, para absorver óleo. O problema é que o material naturalmente absorve mais água do que óleo, não sendo muito eficiente para a separá-los (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2010).

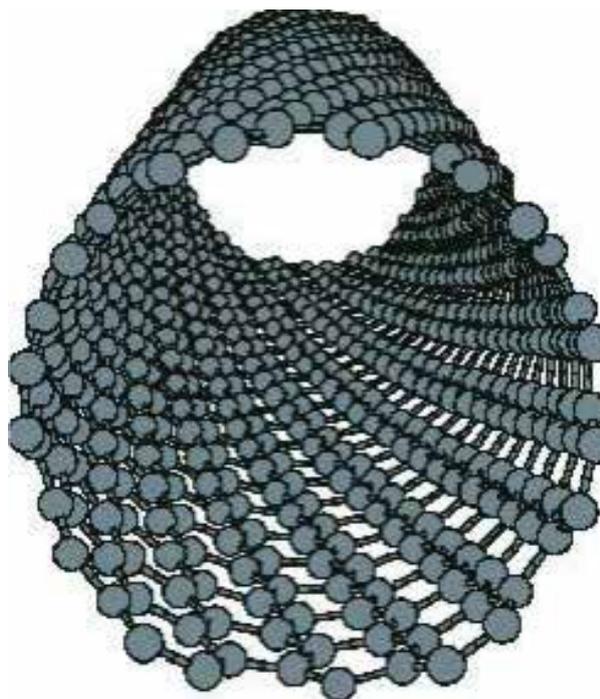


Figura 6 - Representação de um nanotubo de carbono
Fonte: <http://www-usr.inf.ufsm.br/~giovani/nano2.jpg>

Os pesquisadores então resolveram esse problema com a nanotecnologia, introduzindo nanotubos de carbono no material. Com a adição do carbono, o mineral passa a ter uma maior afinidade pelo óleo do que pela água, tornando-o hidrofóbico. Isso é possível pois o carbono torna as moléculas do material predominantemente apolares, o que permite a interação com os óleos, que também são apolares e causam a repulsão da água, que é constituída por moléculas polares de H₂O (H⁺ OH⁻).

Para modificar a vermiculita, ela é esfoliada e então submetida a um processo de aquecimento controlado em um forno. A partir daí ocorre a introdução de alguma fonte de carbono, como o etanol, gás natural ou mesmo glicerina. Essas fontes decompõem-se na superfície da vermiculita, formando carbono de diferentes formas, como nanotubos, filamentos, grafite ou carbono amorfo. Alterando dessa forma as características naturais do mineral (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2010).

Com essa modificação o material se torna um desmulsificante e o doutorando Aluir Purceno, integrante do grupo, afirma: “A sua capacidade de absorção de até seis gramas de óleo por grama de material é superior à de outros produtos disponíveis no mercado.” (SILVEIRA; OLIVEIRA, 2010).

Outro produto desenvolvido pelo mesmo grupo e com base nas pesquisas no campo da nanotecnologia foi chamado de nanoamphil, uma combinação de bases com afinidade por água como a vermiculita, lama vermelha e crisotila (matérias-primas abundantes e baratas) com nanotubos de

carbono e núcleos metálicos. A associação desses três componentes gera um material magnético com afinidade tanto por água quanto por óleo (anfífilo) (UOL, 2010).

Quando esse material é adicionado a misturas de óleo e água, como o petróleo recém-extraído de plataformas ou à simples aplicação de um campo magnético (ímã), o material consegue unir as bolhas de óleo (ou água) em bolhas cada vez maiores, até que o óleo e a água estejam completamente separados.

Benefícios

Os produtos beneficiados do uso da nanotecnologia aproveitam os dejetos e subprodutos de outros processos industriais. Para a construção dos nanotubos, a glicerina, hoje um subproduto da fabricação do biodiesel, pode ser utilizada como fonte de carbono. Além disso, para tornar as partículas nanoamphil magnéticas, pode-se fazer o uso de resíduos de bauxita resultantes do processamento industrial do alumínio, um material tóxico conhecido como lama vermelha.



Figura 7 - Lagoa contaminada pela Lama Vermelha
Fonte: http://meioambiente.culturamix.com/blog/wp-content/gallery/lama-vermelha/thumbs/thumbs_lama-vermelha-8.jpg

A lama vermelha é um rejeito que causa grandes impactos ambientais, por conta de seu pH básico e da presença de óxidos metálicos que contaminam rios, peixes e águas subterrâneas. Com o uso desses materiais e considerando que a principal matéria-prima utilizada para a criação desses novos produtos é a vermiculita, e que o Brasil é um grande produtor desse mineral, o custo desses desemulsificantes acaba sendo muito inferior aos usados atualmente. Esses produtos usados atualmente pelas empresas são polímeros, por isso a maioria deles não é biodegradável e contamina a fase oleosa da mistura.

Sendo assim as empresas têm gastos não só com os desemulsificantes, mas também com

reagentes para retirá-los depois. Com isso, o uso dos materiais que utilizam a nanotecnologia eliminaria etapas do processamento em refinarias, visto que a separação magnética evita qualquer contaminação do petróleo ou água, diminuindo ainda mais o custo da produção de petróleo para as empresas. Outro ponto interessante é que eles não dependem da temperatura, como nos métodos tradicionais e também levam menos tempo para atuar (SEPARAÇÃO, 2010).

Além disso, por serem biodegradáveis possuem a vantagem de possibilitar a recuperação do óleo absorvido após o uso, diminuindo em até 20 vezes o volume de resíduo contaminado a ser incinerado ou disposto em aterros apropriados - segundo o grupo de pesquisadores (CIENTISTAS, 2010).

O uso dessa nova tecnologia para a separação da mistura entre o óleo e a água não seria restrita apenas ao uso como substâncias desemulsificantes na produção do petróleo, podem ser também empregadas em qualquer processo que necessite desse tipo de separação. Esses produtos também podem ser utilizados no caso de um derramamento de petróleo no mar, evitando maiores impactos ambientais, em função do rápido tempo de atuação e da fácil remoção sem contaminação por magnetismo.



Figura 8 - Vazamento de óleo no acidente ocorrido no Golfo do México em 2010
Fonte: <http://leocrash.files.wordpress.com/2010/12/golfo-do-mexico.jpg>

Conclusão

Com os resultados apresentados neste trabalho podemos concluir que:

- O uso da nanotecnologia como ferramenta permite uma maior manipulação dos compostos dos quais os produtos são constituídos, aprimorando nesses casos os desemulsificantes;
- Os desemulsificantes estão se tornando mais eficientes e menos danosos ao meio ambiente;
- Diminui o custo e o número de etapas da produção de petróleo;

- O assunto abordado é muito recente;
- Nenhum livro didático analisado aborda o tema;
- Mesmo na internet há pouquíssima informação técnica disponível para o público, existem apenas poucas reportagens e matérias que abordam o assunto superficialmente.

Portanto, diante de a produção de petróleo ser uma das maiores atividades realizadas pelo homem no último século e atualmente ainda ser extremamente lucrativa, é preciso que novas técnicas sejam pesquisadas, testadas e implantadas, pois novas tecnologias, assim como a Nanotecnologia, estão à disposição e merecem ser cada vez mais exploradas, para que nós humanos, possamos cada vez mais usufruir de nossas regalias, desenvolvendo o mundo em harmonia com a natureza.

Referências

ANTUNES, Débora. Separação amigável. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2010/09/separacao-amigavel>>. Acesso em: out. 2012.

BERNARDES, Júlio. Modelo otimiza separação de água salgada do petróleo. 2009. Disponível em: <<http://www.usp.br/agen/?p=4895>>. Acesso em: out. 2012.

BONSOR, Kevin; STRICKLAND, Jonathan. Como funciona a Nanotecnologia. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/nanotecnologia.htm>>. Acesso em: out. 2012.

CIENTISTAS da UFMG desenvolvem produtos para produção de combustíveis. Disponível em: <<http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-clippings/pt-br/ler/1067/cientistas-da-ufmg-desenvolvem-produtos-para-producao-de-combustiveis>> Acesso em: out. 2012.

DESENVOLVIMENTO da nanociência e da nanotecnologia. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0002/2361.pdf>. Acesso em: nov. 2012.

FURTADO, Fred. Estrada tecnológica para o Pré-Sal. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2012/07/estrada-tecnologica-para-o-pre-sal>>. Acesso em: nov. 2012.

INTRODUÇÃO à nanotecnologia , o que é a nanotecnologia? Disponível em: <http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia_responsavel/introducao_

<[nanotecnologia.htm](http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia.htm)>. Acesso em: nov. 2012.

PROCESSO inovador para separar óleo da água é o vencedor do Programa na UFMG. Disponível em: <<http://www.simi.org.br/biblioteca/exibir/5592>>. Acesso em : ago. 2012.

SEPARAÇÃO óleo-água por meio de nanopartículas anfífilas é proposta escolhida em programa de inovação. 2010. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/online/arquivos/015846.shtml>>. Acesso em: ago. 2012.

SILVA, Carlos Remi Rocha. Água produzida na área de petróleo. Disponível em:

<http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/monografias/mono_remi_r_silva.pdf>. Acesso em: nov. 2012.

SILVEIRA, Evanildo da; OLIVEIRA, Marcos de. Entre esponjas e detergentes. 2010. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2010/10/29/entre-esponjas-e-detergente/>>. Acesso em: out. 2012.

UNIVERSIDADE PETROBRAS. Escola de Ciências e Tecnologias E&P. Apostila de Processamento Primário de Petróleo. Rio de Janeiro: Rosana Kunert, 2007.

VERMICULITA. Disponível em : <<http://www.vermiculita.com.br/>>. Acesso em: ago. 2012.

VERTI ECOTECNOLOGIAS. Vermiculita. Disponível em: <<http://www.vertiecotecnologias.com.br/interna.php?area=tecnologias&item=4>>. Acesso em: ago. 2012.