

Petróleo pesado e ultrapesado

Reservas e produção mundial

No decorrer do último século, o petróleo foi o grande propulsor da economia mundial, chegando a representar, no início da década de 1970, 50% do consumo de energia primária no mundo. De acordo com a Agência Internacional de Energia, com dados referentes ao ano de 2005, houve uma diminuição da utilização do petróleo ao longo do tempo, porém sua participação no consumo energético do planeta ainda representa cerca 43%, e ainda deverá manter-se expressiva por várias décadas. Além de predominante no setor de transportes, o petróleo ainda é o principal responsável pela geração de energia elétrica em diversos países do mundo, devido a instalações de usinas termelétricas.

Os diversos tipos de óleos existentes na natureza apresentam uma diversidade de valores de densidade e viscosidade. A densidade é uma das características mais importantes para se determinar como o fluido vai se comportar durante no processo de produção, ou seja, durante o escoamento dentro do reservatório e em tubulações, já a viscosidade é um dado de grande importância para o refino. Entretanto, mesmo não havendo nenhuma relação clara entre os dois, a classificação do óleo é feita a partir de sua densidade, já que a viscosidade é altamente influenciada pela temperatura. De acordo com essas propriedades, os petróleos crus podem ser classificados como: leve, médio, pesado e ultrapesado.

A densidade relativa de um produto é definida como a relação entre sua massa específica a uma dada temperatura e a massa específica de um padrão, à mesma ou diferente temperatura. A densidade do petróleo é importante porque ela reflete, por si só, os conteúdos de frações leves e pesadas dos óleos crus, pois se trata de uma propriedade aditiva em base volumétrica.

Uma vez que a densidade é uma propriedade dos líquidos, a indústria do petróleo utiliza a expressão °API (grau API), do American Petroleum Institute, como referência para a densidade do óleo medida em relação à água, com o intuito de identificar rapidamente se o óleo é leve, médio, pesado ou ultrapesado. Quanto maior o grau API, mais leve será o petróleo e maior mercado ele terá. O grau API é determinado utilizando-se a seguinte correlação:

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{\rho} - 131,5$$

na qual ρ é a densidade específica do óleo (densidade do óleo/densidade da água). O grau API é medido nas chamadas "condições standard - std", nas condições padrão de 25°C (68°F) e 1 atm.

De acordo com diversas instituições ligadas à indústria de petróleo, listadas na **Tabela 1**, existem diferentes classificações de óleos crus em relação ao grau API.

Cheila Gonçalves Mothé

é diplomada em Engenharia Química, mestre em Ciências e Tecnologia de Polímeros, doutora em ciências na área de Análise Térmica de Polímeros (USP/University of the Air-Japão, 1992), pós-doutorado em Reologia e Análise Térmica (Cornell University, 1998 e Cleveland State University, 2003 – EUA). Recebeu o prêmio Retorta de Ouro/Químico do Ano pelo CRQ-RJ e é professora titular da Escola de Química na Universidade Federal do Rio de Janeiro.



Clenilson da Silva S.

Junior é bacharel em Química Industrial pela UFF (2005), mestrando no Programa de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química, na área de Processos Orgânicos.



A ocorrência de óleos pesados e ultrapesados vem aumentando sensivelmente e aponta para a necessidade de maiores investimentos na exploração das jazidas e, conseqüentemente, para o desenvolvimento de novas tecnologias. Por mais que se ensejem esforços para a produção de petróleo a mais de 2.000 m de profundidade, as empresas também precisam encontrar formas de aproveitar o óleo não convencional encontrado.

Para países pobres e em desenvolvimento é muito importante manter uma grande produção de óleo capaz de sustentar sua demanda interna, evitando a importação que em geral impõe preços mais elevados. Analisando a situação deste ponto de vista, é importante não apenas explorar e encontrar mais reservatórios de óleos, mas também explorar aqueles que já foram descobertos e não foram desenvolvidos, devido à falta de tecnologias para produzir-los economicamente.

Existem previsões econômicas de que, para o ano 2025, o óleo pesado seja a principal fonte de energia fóssil no mundo. As reservas de óleos pesados são significativamente grandes. No Brasil, o local com maior incidência de óleos pesados está em águas profundas da Bacia de Campos, *offshore*, estado do Rio de Janeiro, que produz cerca de 90% de todo o petróleo nacional. Na região Nordeste há poços de sua produção *onshore* de óleo pesado localizado no estado do Rio Grande do Norte. A busca da sonhada autonomia no setor petrolífero no Brasil passa por encontrar métodos para explorar, produzir, transportar e refinar esses óleos. Para isso, é essencial entender que a maior dificuldade de manuseio e processamento dos óleos pesados leva à necessidade de se estabelecer uma integração de ações e tecnologias, que vão desde a movimentação desses óleos no reservatório, transporte rumo à refinaria, e por fim seu tratamento e refino.

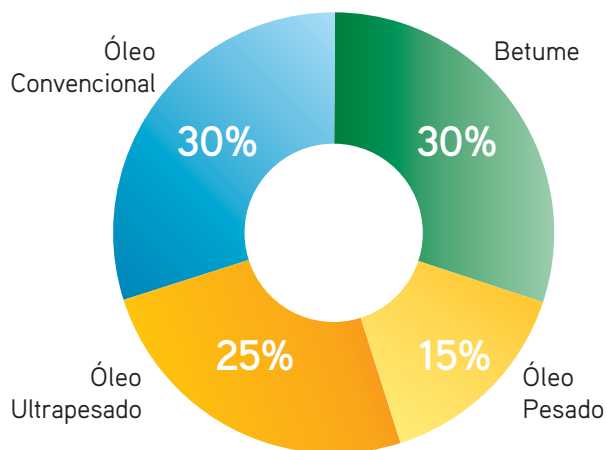
Petróleo pesado e ultrapesado

Considera-se que os óleos pesados têm menos de 19°API (entre 10°-20°), uma densidade maior que 0,90 g/mL e uma viscosidade maior que 10 cP, entre 10 cP-100 cP no fundo e, viscosidade de 100 cP a 10.000 cP na superfície. Essas características aumentam as dificuldades e



Foto: Juarez Cavalcante, Petrobras

Figura 1 – Estimativas dos recursos petrolíferos mundiais



Fonte: Adaptado de Schlumberger, 2007.

Tabela 1 – °API sugerido por alguns instituições/setores da indústria petrolífera

Órgão	°API (Grau API)			
	óleo leve	óleo médio	óleo pesado	óleo ultrapesado
Alberta Government/Canadá ⁽¹⁾	≥ 34	25 – 34	10 – 25	≤ 10
U.S. Department of Energy ⁽²⁾	≥ 35,1	25 – 35,1	10 – 25	≤ 10
OPEP ⁽³⁾	≥ 32	26 – 32	10,5 – 26	≤ 10,5
Petrobras offshore ⁽⁴⁾	≥ 32	19 – 32	14 – 19	≤ 14
Petrobras onshore ⁽⁴⁾	≥ 32	18 – 32	13 – 18	≤ 13
ANP/Brasil ⁽⁵⁾	≥ 31,1	22,3 – 31,1	12 – 22,3	≤ 12

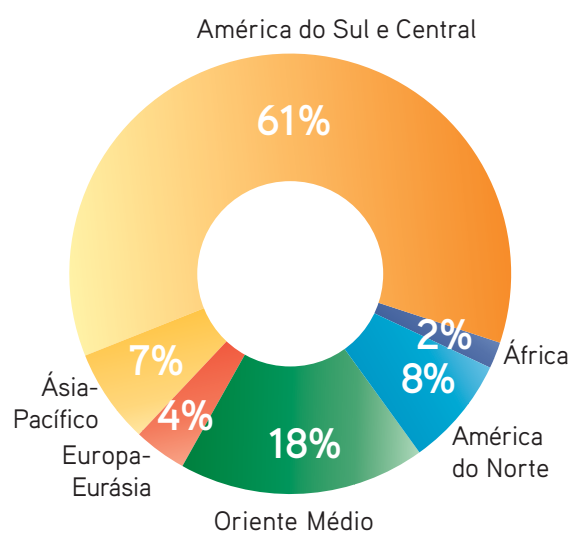
Fonte: (1) Governo do estado de Alberta, Canadá. www.gov.ab.ca; (2) Departamento de Energia dos Estados Unidos. www.energy.gov; (3) Organização dos Países Exportadores de Petróleo. www.opec.org; (4) Petróleo Brasileiro S.A. www.petrobras.com.br; (5) Agência Nacional do Petróleo. www.anp.gov.br.

Tabela 2 – Quantidade de óleo pesado em bilhões de barris, em diferentes continentes/regiões

Continte/Região	Quantidade (bilhões de barris)
Oriente Médio	98,56
Europa/Eurásia	23,07
Ásia-Pacífico	37,35
América do Sul, Central e Caribe	334,94
África	9,04
América do Norte	44,54
Total	547,50

Fonte: Adaptado de Schlumberger, 2007

Figura 2 – Distribuição das reservas de óleo pesado, por continente



Fonte: Adaptado de Schlumberger, 2007.

tornam sua exploração onerosa, dificultando sua movimentação desde o reservatório até a superfície. Os óleos pesados são muito viscosos e têm elevada quantidade de carbono em relação ao hidrogênio, em geral com mais de 15 átomos de carbono por molécula. Também têm como característica índices elevados de aromáticos, parafina, asfalteno, enxofre, nitrogênio e metais pesados. Além disso, os óleos pesados têm um ponto de ebulição bem maior que os óleos leves (Obregón, 2001).

O termo 'óleo ultrapesado' ou 'extrapesado' é usado junto com o óleo pesado, embora seu uso não seja tão significativo hoje. O óleo ultrapesado é definido como tendo uma viscosidade maior de 10.000 cP e grau API abaixo de 10° (em média), ou seja, mais pesado que a água. Outra definição para óleo ultrapesado é a de uma mistura viscosa que ocorre naturalmente, rica em hidrocarbonetos de cadeia mais longa que o pentano, que pode conter compostos de enxofre e que, no estado natural, não é recuperável em uma taxa econômica através do poço produtor. Este tipo de petróleo flui nas condi-

ções naturais de afloramento na superfície, a temperatura ambiente e sob pressão atmosférica (Trevisan, 2003).

Além das maiores dificuldades para produção, o óleo pesado tem menor valor de mercado, se comparado a um óleo leve, porque gera menos derivados nobres. Outro fator de desvalorização dos óleos pesados é o elevado teor de ácidos naftênicos, os quais, se não forem eliminados, podem causar graves problemas de corrosão nas refinarias.

A extração do óleo pesado e ultrapesado é extremamente complexa e mais cara que a do óleo leve, por isso em muitos casos o reservatório é considerado comercialmente inviável. Esse é o grande desafio das companhias no momento, garantirem a viabilidade comercial desses reservatórios. Atualmente, o único campo de petróleo *offshore* que produz óleos crus por meio de um sistema permanente é o Captain, no Mar do Norte, a 107 m de profundidade. Quanto mais funda for a exploração, maiores os riscos, os custos e as dificuldades de operação. Se o óleo encontrado for pesado, os desafios são ainda maiores e o valor do produto no mercado atual não compensa (De Queiroz, 2006).

Reservas e produção de petróleo não convencional

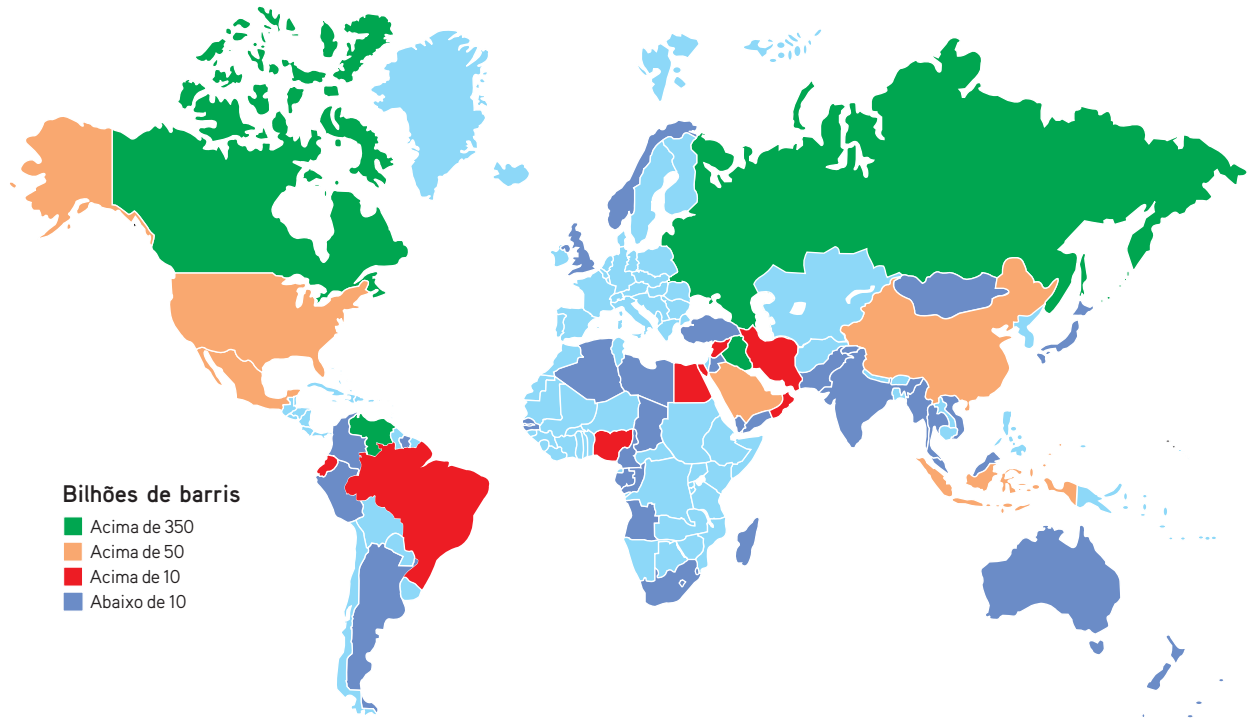
A maior parte dos recursos de petróleo do mundo corresponde a hidrocarbonetos viscosos e pesados. Segundo Alboudwarej (2007), as estimativas do total de reservas de petróleo no mundo oscilam entre 9 a 13 trilhões de barris, incluindo óleos pesados, ultrapesados e o betume que, somados apresentam cerca de 70% dos recursos petrolíferos, como apresentado na **Figura 1**.

As reservas mundiais de petróleo convencional comprovadas, que representam 30% de todos os recursos petrolíferos, se mantiveram na marca de cerca de um 1,2 trilhão de barris no ano de 2005, tendo uma produção mundial equivalente de quase 81,088 bilhões de barris em 2005. As reservas provadas são quantidades comercialmente recuperáveis de petróleo, estimadas a partir de dados geológicos e/ou de engenharia com elevado grau de certeza.

Consideram-se petróleos não convencionais aqueles recursos que foram identificados, mas que, por suas características geológicas, requerem tecnologias alternativas de exploração e transporte, com custos de produção, em geral, superiores aos custos do petróleo convencional.

De acordo com Kooper *et al.* (2007), as estimativas de reservas dos óleos não convencionais no planeta oscilam entre 6 a 9 trilhões de barris. Os óleos pesados representam cerca de 15% das reservas estimadas. Já a sua quantidade em relação às reservas comprovadas gira em torno dos 550 bilhões de barris, sendo o continente americano a região com as maiores jazidas, em torno de 61% do montante, conforme apresentam a **Tabela 2** e a **Figura 2**.

Figura 3 – Reservas de óleos pesados, em diferentes países



Fonte: Adaptado de Schlumberger, 2007.

Nas **Figuras 3 e 4**, são mostradas, respectivamente, a distribuição das reservas de óleos pesados em diferentes países e a produção de óleo pesado e ultrapesado em bilhões de barris por dia, de acordo com o grau API. A região onde ocorre a maior produção desses tipos de óleos é na América do Norte, seguida pelas Américas do Sul e Central (Tavares, 2005).

As estimativas quanto aos recursos disponíveis de petróleo ultrapesado no mundo variam bastante segundo a fonte. De acordo com a Sociedade dos Engenheiros de Petróleo (2006), esses recursos poderiam atingir um valor equivalente ao dos recursos atuais de petróleo convencional (6 trilhões de barris). Hoje, 66% dos recursos conhecidos encontram-se na chamada Faixa do Orinoco, na Venezuela. Ali já foram identificadas acumulações de petróleo ultrapesado que somam cerca de 2 trilhões de barris.

Os recursos recuperáveis de óleo ultrapesado no planeta, atualmente, representam cerca de 35% das reservas provadas de petróleo. O valor das reservas recuperáveis é determinado pela tecnologia disponível de recuperação. Nos dias atuais, essa tecnologia disponível permite uma recuperação máxima por volta de 15%. Entretanto, os projetos existentes na Venezuela vêm empregando tecnologias que permitem uma taxa de recuperação que se situa entre 5 e 10%, por razões de custo.

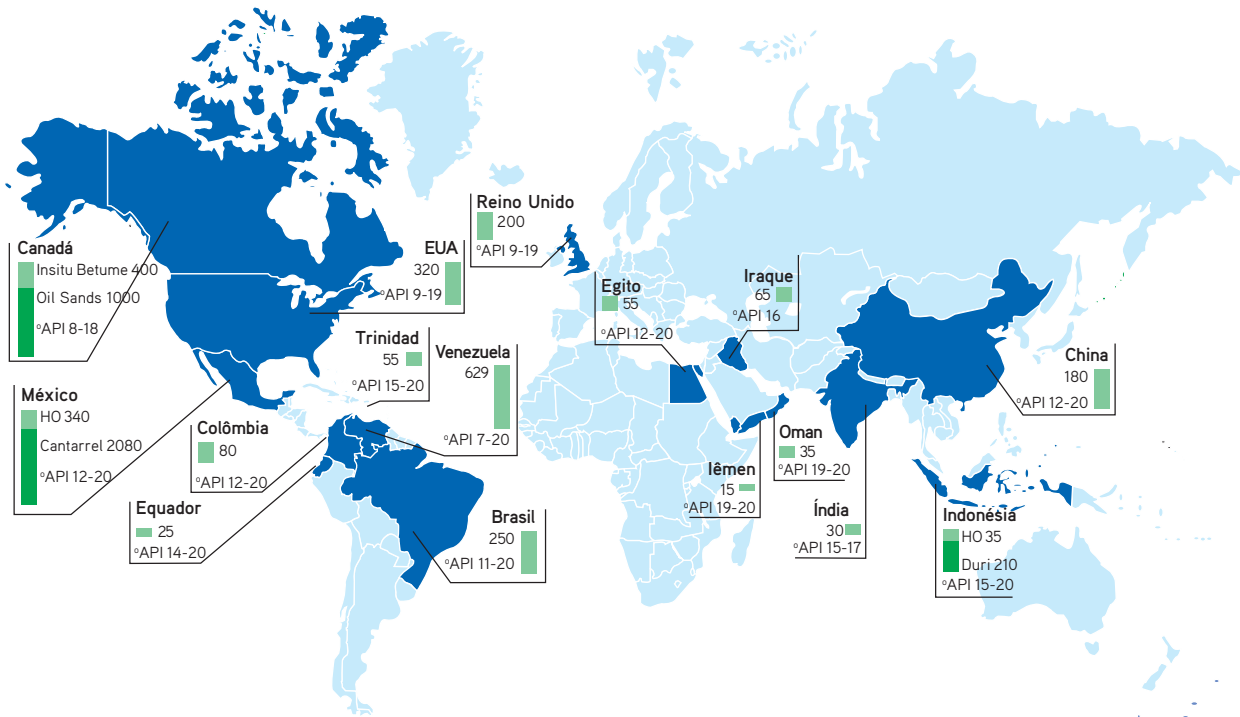
No momento, existem quatro projetos de produção de petróleo ultrapesado na Venezuela, somando uma



Foto: Steferson Faria, Petrobras

produção total de cerca de 550 mil barris/dia. Esses projetos produzem petróleo ultrapesado (8 a 9° API) que é diluído ao condensado e a líquidos de gás natural, viabilizando seu transporte por oleoduto para centrais de conversão, para produção de um óleo sintético com grau de API situando-se entre 16° a 32°. Segundo a PDVSA (Petróleo de Venezuela S/A), a estimativa é que a produção de óleo ultrapesado atinja cerca de 1,7 mi-

Figura 4 – Produção de óleo pesado e ultrapesado, em bilhões de barris por dia, por país, segundo seu grau API



Fonte: Adaptado de Schlumberger, 2007.

Figura 5 – Evolução das reservas provadas de petróleo (1996-2005)

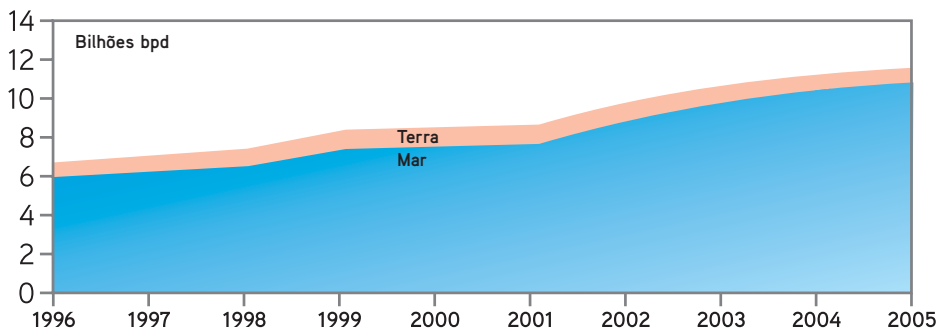
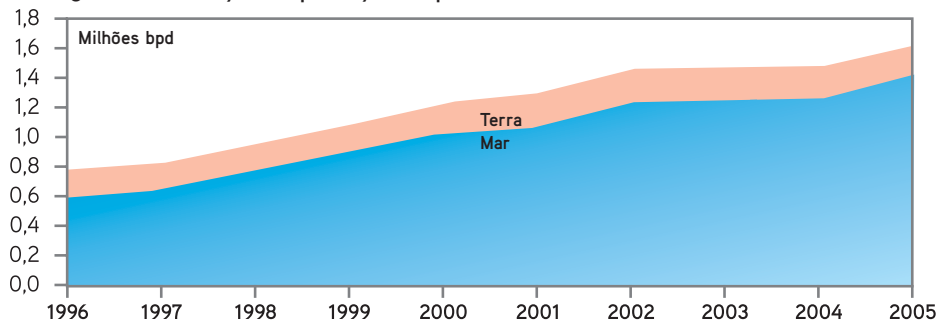


Figura 6 – Evolução da produção de petróleo (1996-2005)



Fonte: ANP/SDP, 2006.

lhão de barris/dia em 2030. No Brasil, as reservas comprovadas de petróleo (convencionais e não convencionais) no ano de 2006 corresponderam a 11,8 bilhões de barris.

Com isso, o Brasil encontra-se na 17ª posição mundial quanto às reservas comprovadas. Das reservas nacionais, 89,3% localizam-se no mar, sobretudo em águas profundas, com destaque para o estado do Rio de Janeiro, que possui 97,4% das reservas localizadas no mar (ANP, 2007).

As Figuras 5 e 6 representam, respectivamente, a evolução das reservas de petróleo e a evolução da produção de petróleo no Brasil por localização (terra e mar) no período de 1996 a 2005 (Correia, 2006).

Em linhas gerais, os maiores desafios da indústria do

petróleo no Brasil são tornar técnica e economicamente possível a produção de um óleo fixado em profundidades cada vez maiores (Pinto *et al.*, 2003), até 3.000 m, e com baixíssimo grau API. Outro desafio é encontrar as melhores estratégias que viabilizem a produção de óleo pesado. Em relação aos óleos não convencionais, as previsões de reservas brasileiras são de 3 a 4 bilhões de barris de óleo pesado. Há uma

reserva provada de 2 bilhões de barris de óleo ultrapesado, na Bacia de Campos, no campo de Membro-Siri. A Petrobras vem desenvolvendo pesquisas relacionadas ao método do *core-flow* para levar o óleo pesado até a superfície.

Agradecimentos – Os autores agradecem ao CNPq e à Petrobras pelo apoio financeiro. ■

Referências

ALBOUDWAREJ, H.; FELIX, J.; TAYLOR, S. "Highlighting Heavy Oil", *Oilfield Review*. p.34-53, Jun. 2006. Disponível em: <http://www.slb.com>. Acesso em agosto de 2007.

AMYX, J. W., BASS, D. M., WHITING, R. L. *Petroleum reservoir engineering, Physical Properties*. New York: Mc Graw-Hill Book Company, p.4, 1960.

CORREIA, D.Z. "Estudo de misturas poliméricas para recuperação de petróleo" Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

DE QUEIROZ, G.O. "Otimização da injeção cíclica de vapor em reservatórios de óleo pesado". Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2006.

KOOPER, R.; CURTIS, C.; DECOSTER, E.; GARCIA, A.G.; HUGGINS, C. "Heavy-oil reservoirs", *Oilfield review*, n.30, p.30-52, 2002.

OBREGÓN VARA, R. M. "Hidrodinâmica do escoamento bifásico óleo pesado-água em tubo horizontal" Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 2001.

PINTO, A. C. C., BRANCO, C. C. M., MATOS, J. S., VIEIRA, P. M., GUEDES, S. S., JUNIOR, C. P., COELHO, A. C. D.,

CECILIANO, M. M., "Offshore heavy oil in Campos Basin: The Petrobras experience" OTC 15283, 2003.

TAVARES, M.E.E. "Análise do refino no Brasil: estado e perspectivas - uma análise cross-section", Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

TAYLOR, K.C.; NASR-EL-DIN, H.A. "Water soluble hydrophobically associating polymers for improved oil recovery: A literature review". *Journal of Petroleum Science and Engineering*, n.19, p. 265-280, 1998.

TREVISAN, F. E. "Padrões de fluxo e perda de carga em escoamento trifásico horizontal de óleo pesado, água e ar", Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 2003.

Sites da Internet

Agência Nacional do Petróleo. <http://www.anp.gov.br>.

Departamento de Energia dos Estados Unidos. <http://www.energy.gov>.

Governo do estado de Alberta. <http://www.gov.ab.ca>.

Organização dos Países Exportadores de Petróleo. <http://www.opec.org>.

Petróleo Brasileiro S.A. <http://www.petrobras.com.br>.

Schlumberger. <http://www.slb.com>.

Navegue no melhor do setor naval e offshore

Notícias do Brasil e do mundo, matérias especiais, informações técnicas e de negócios, ou seja, uma infinidade de dados para auxiliar você no dia-a-dia a tomar decisões precisas sobre novos projetos. Um espaço para a troca de idéias e experiências que ajudem a desenvolver ainda mais este importante setor.

Eis é a principal meta do Portal Naval.

Acesse.
www.portalnaval.com.br

