



MEIOS FILTRANTES OBTIDOS POR PROCESSO DE ROTOMOLDAGEM PARA FILTRAÇÃO DE ÓLEO DIESEL DE ÁGUA DE RIOS¹

Ana Paula Soares Pereira²
Carmen Gilda Barroso Tavares Dias³

Resumo

Água misturada com óleo é produzida em grandes volumes em muitos processos indústrias, inclusive em lavagens de motores de embarcações. Esta mistura pode ser tratada através de meios filtrantes poliméricos ou cerâmicos que agem como uma barreira para o óleo emulsionado e solubilizado. Este trabalho tem como objetivo a obtenção de meios filtrantes produzidos pelo processo de rotomoldagem visando sua utilização no processo de separação óleo/água. Foram estudados compósitos com matriz polimérica obtida de embalagens pós-consumo e fase cerâmica extraída de jazida do nordeste do Estado do Pará. Inicialmente realizou-se seleção granulométrica de ambos os materiais, sendo utilizadas as frações passantes na malha #28 e retidas na malha #48, respectivamente. Após seleção granulométrica o material foi rotomoldado a 200°C, em tempos de 30 minutos. Os meios filtrantes foram avaliados num sistema de separação em escala de laboratório através de filtração do permeado e microscopia ótica da superfície do material, indicando que os meios apresentam potencial de separação de água e óleo.

Palavras-chave: Rotomoldagem; Água e óleo; Processo de filtração.

FILTER MEDIUM OBTAINED BY ROTATIONAL MOLDING PROCESS FOR FILTRATION OF DIESEL OIL WATER OF RIVERS

Abstract

Water mixed with oil is produced in large volumes in many industrial processes, including washing of marine engines. This mixture can be treated by means of polymer or ceramic filter that act as a barrier to oil emulsified and soluble. This work aims to obtain a filter produced by the process of rotational transfer on the process of oil / water separation. We studied composites with polymer matrix obtained from post-consumer packaging and ceramic phase extracted from the deposit of the northeastern State of Pará. Initially held, Granulometric of both materials, utilizing the by standers in the mesh fractions # 28 and retained in the loop # 48, respectively. After selecting the material particle size was rotomolding the 200°C, in a time of 30 minutes. The filter media were evaluated in a system of separation on a laboratory scale by filtration of permeate and optical microscopy of the material surface, indicating that the media have the potential separation of water and oil.

Key words: Rotational molding; Water and oil; Filtration process.

¹ Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Mestranda, Universidade Federal do Pará

³ Doutora, Universidade Federal do Pará



1 INTRODUÇÃO

Uma grande quantidade de combustíveis de embarcações está sendo lançada diariamente nos rios, contribuindo para o efeito poluidor por meio de óleos e graxas que prejudicam a biota aquática, ou seja, atenua a luz e perturba o mecanismo normal de transferência de oxigênio.

A poluição dos rios por óleo forma uma película impermeabilizante que dificulta a oxigenação da água provocando a morte de inúmeras formas de vida aeróbicas por asfixia, adere às brânquias dos peixes e outros animais aquáticos impedindo a difusão de oxigênio para seus vasos sanguíneos.

A avaliação dos danos no ambiente, tanto terrestre quanto aquático, é parte fundamental dentro das demandas geradas pelos derrames de óleo. De acordo com o CONAMA, o teor de óleos e graxas em efluentes não deve exceder de 20 mg/l,⁽¹⁾ em consequência disso diversos grupos de pesquisa vem implantando sistemas de tratamento para permitir a disposição desses efluentes no meio ambiente.

A maioria dos estudos desses efluentes é dedicada à modelagem da dispersão do óleo na superfície do mar,⁽²⁾ ao entendimento do mecanismo físico-químico da dispersão,⁽³⁾ ao desenvolvimento de novos materiais adsorvente dos derivados do petróleo.⁽⁴⁻⁶⁾

O problema de monitoramento da poluição de águas contendo produtos derivados do petróleo não é somente o de monitorar esses tipos de poluições, mas também a caracterização dos contaminantes destas águas oleosas. A identificação destes compostos é interessante em função das transformações da fauna e da flora que podem ocorrer no local de descarte.

Visando melhorar a qualidade da água e a remoção de poluentes, são aplicados diversos métodos de tratamento tais como: flotação,⁽⁷⁾ adsorção,⁽⁸⁾ filtração por membrana.⁽⁹⁾ Filtração é uma técnica que utiliza uma barreira física, sob a forma de meio poroso para separar as partículas num fluido. Estas partículas são separadas com base no seu tamanho e forma, utilizando para tal o efeito da pressão apresentando poros com diâmetros iguais ou diferentes.⁽¹⁰⁾

O material que forma o meio filtrante é determinante quando a afinidade penetrante/meio e é o principal fator envolvido na separação. Por outro lado, o preparo dos meios filtrantes determina a morfologia do mesmo que é fundamental para a otimização das propriedades de transporte.⁽¹¹⁾ Além disso, esse material tem que oferecer combinações de vantagens não encontradas em outros materiais, por exemplo, baixo peso específico, resistência à deterioração por decomposição e ataque de microorganismos, resistência à corrosão, resistência mecânica, facilidade de processamento e baixo custo de manutenção.

Os meios filtrantes devem ser caracterizados através da porosidade, tamanho e distribuição de tamanho de poros.⁽¹²⁾ Independente da forma dos poros é importante que eles sejam passantes. O tamanho controlado dos poros é de fundamental importância na seletividade de separação, pois quanto menor for o poro, mais seletiva será a separação. Além da forma dos poros, a porosidade é outro importante parâmetro. Dela depende o valor do fluxo do permeado, para uma dada aplicação. Logo a porosidade final e o tamanho médio dos poros dependem, entre outros fatores, do material empregado, da granulometria do pó, da temperatura e tempo de residência nesta temperatura.⁽¹³⁾

Dentre as técnicas mais utilizadas para preparar meios filtrantes a partir de poliolefinas encontram-se as de irradiação, extrusão, sinterização, mas ultimamente a busca por novos materiais e novas técnicas para produção de meios filtrantes

estão sendo realizados por vários grupos de pesquisas acadêmicas e industriais, e são crescentes os estudos que têm sido realizados sobre o uso desses meios para as mais variadas aplicações.

A técnica de rotomoldagem é um processo industrial altamente versátil que permite ilimitadas possibilidades de projeto com o benefício adicional de baixos custos a pequenas escalas de produção. É um processo de transformação de materiais poliméricos utilizado para a produção de peças ocas e, ultimamente peças porosas, tais como tanques e contentores, artigos para lazer, playgrounds, peça técnicas, manequins e brinquedos.⁽¹⁴⁾ Nesta técnica o polímero em forma de pó é introduzido em um molde que é distribuído mais ou menos uniformemente ao longo do interior do mesmo por uma combinação da gravidade e da força centrípeta.^(14,15)

Este trabalho tem por objetivo a produção de meios filtrantes produzidos por processo de Moldagem Rotacional para filtração de óleo diesel de água de rios, obtidas através de materiais poliméricos recicláveis e materiais naturais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

Os meios filtrantes foram confeccionados com polímero polietileno de alta densidade (PEAD) obtido por reciclagem de embalagens pós-consumo, em forma de flocos após trituração e argilomineral extraído da jazida do nordeste do Estado do Pará, em Nova Timboteua a 2 m de profundidade. Ambos pós foram classificados por tamanho através de peneiramento a seco e as frações utilizadas foram: passante em peneiras ABNT#28 e retida em peneira ABNT#48, ou seja, com grãos de tamanho entre 600 µm e 300 µm. A Tabela 1 ilustra as características dos materiais que compõem os meios filtrantes.

Tabela 1: Características dos materiais analisados

Material 01	Polietileno de alta densidade	Densidade	Temperatura de fusão
		0,94 a 0,97 g/cm ³	110 a 130°C
Material 02	Argilomineral	Densidade	pH
		2,66 g/cm ³	5,20 a 5,23

2.2 Métodos

2.2.1 Seleção granulométrica

Para melhor selecionar os materiais a ser estudado foi utilizado o método do peneiramento via seco, em cinco faixas granulométricas, malha 14 (#14), 28 (# 28), 48 (# 48), 100(#100) e 200(#200). Desta forma, foram obtidos materiais com distinta granulometria, com tamanho de grãos variando entre 1,18 mm e 75 µm para PEAD e tamanho de grãos variando entre 2,00 mm e 75 µm para o argilomineral, como ilustrado na Figura 1. Em seguida, as frações passantes na malha 28 e retidas na

malha 48 foram removidas, com tamanho de grãos variando entre 600 μm e 300 μm . A Figura 2 mostra o processo de peneiramento do pó do PEAD.



(a) (b)
Figura 1. (a) PEAD e (b) Argilomineral



Figura 2. Peneiramento dos materiais

2.2.2 Caracterização do argilomineral por difração de raios-X

Para melhor identificação do argilomineral presente será utilizado um equipamento de difração de raios-x baseado em um tubo emissor de raios-X, uma câmara circular onde se situa a amostra (goniômetro) e um detector que recebe os raios difratados, em que consiste em incidir um feixe de raios-X sobre a amostra, obtendo-se o correspondente difratograma.

Os ensaios de difração de raios-X foram realizados em um difratômetro Siemens – modelo XPERT-PRO, com velocidade do goniômetro de 1 ° /min., tubo de cobalto.

2.2.3 Preparação dos meios filtrantes

Os meios filtrantes foram preparados em um molde metálico como ilustrado na Figura 3. As dimensões finais dos meios foram de 43 mm de diâmetro externo e altura de 75 mm. O polímero e o argilomineral em pó foram colocados no molde e rotomoldados numa temperatura de 200 $^{\circ}\text{C}$ onde permaneceram por 30 minutos. Após coalescência o molde foi retirado da máquina e o conjunto deixado para

resfriar naturalmente até a temperatura ambiente quando o mesmo foi aberto e desmoldado.

Os efeitos da rotomoldagem na superfície dos meios filtrantes foram observados através de análise por Microscopia Ótica (equipamento LEO modelo 1450VP).

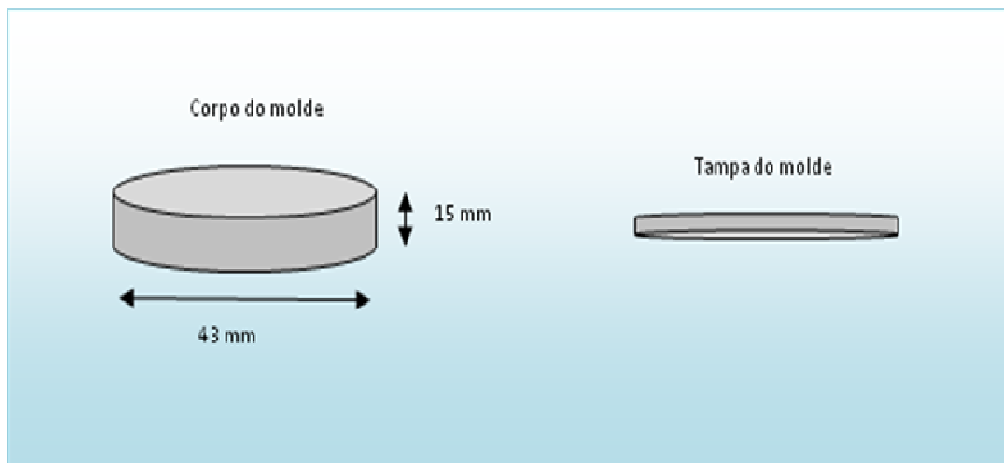


Figura 03. Molde utilizado para a fabricação dos meios filtrantes.

2.2.4 Análise de filtração

Os ensaios de fluxo através dos meios foram realizados em equipamento próprio, onde um fluxo constante de fluido (no caso, água com óleo) é passado através do meio com o auxílio de uma bomba. O desempenho dos meios filtrantes por Ensaio de Filtração foi realizado através de verificação visual.

3 RESULTADOS

3.1 Caracterização dos meios filtrantes

Após obtenção do meio filtrante, mostrado na Figura 4, foi observado à presença de poros na superfície do material (Figura 5) e realizado a obtenção das micrografias por Microscopia Ótica, ilustrando o efeito do processo de rotomoldagem nas características superficiais de meios filtrantes de polímero e argilomineral. Todas as micrografias apresentadas têm um aumento da objetiva acromática infinita de 4x, como mostrado na Figura 6.



Figura 4. Meio filtrante obtido após Processo de Rotomoldagem

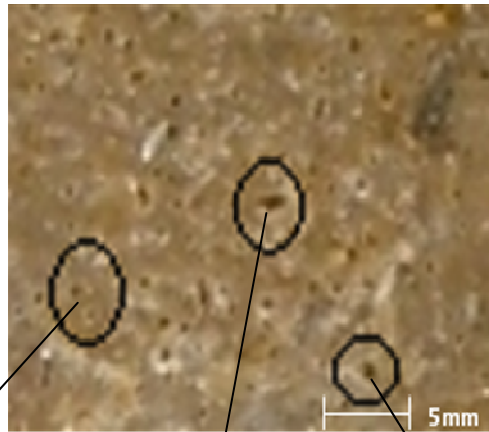
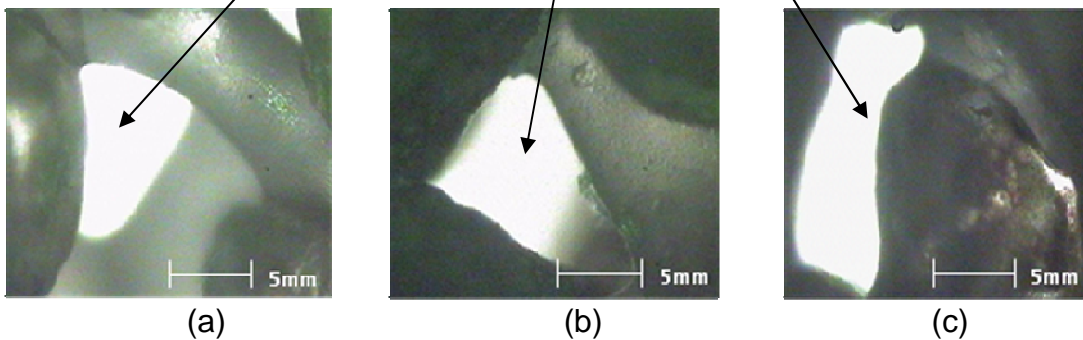


Figura 5. Aparecimento de poros na superfície no meio após rotomoldagem



Fonte: Ana Paula S. Pereira

Figura 6. Microscopia Ótica dos meios filtrantes sinterizados sob temperatura de 200 °C durante 30 minutos: (a), (b) e (c) ambos com aumento de 4X.

3.2 Difração de Raios-X

As análises de difração de raios-X forneceram como resultados a fase quartzosa e a fase argilosa e a relação dos elementos constituintes do mesmo com a sua proporção na forma de óxidos, respectivamente. Esta técnica também reporta os elementos químicos presentes no material, mas não a forma como eles estão ligados, como ilustrado na Figura 7 e Tabela 2.

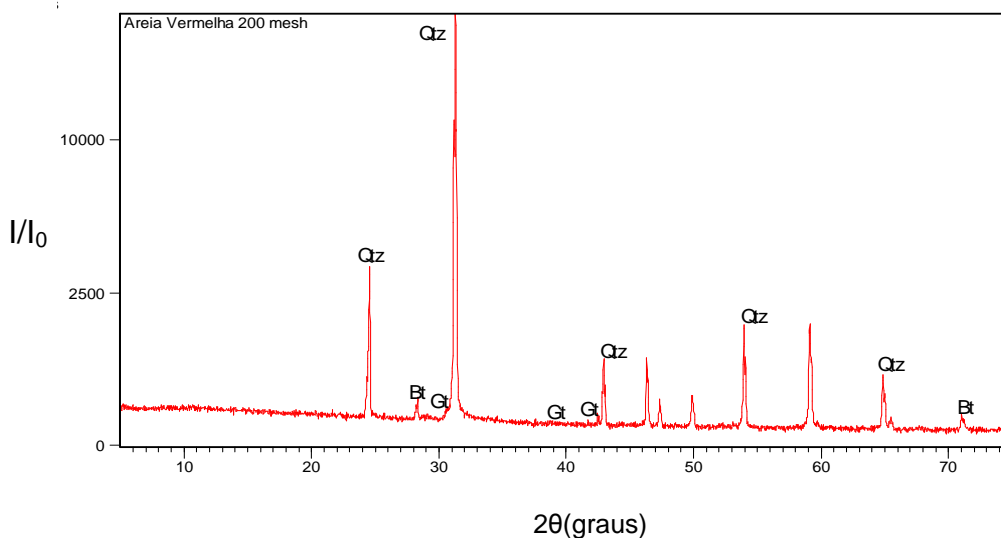


Figura 7. Difratograma do argilomineral: Qtz: quartzo; Bt: biotita; Gt: goethita.

Tabela 2. Fases presentes no argilomineral

Distância interplanar (Å)	Posição (2θ)	Argilomineral
4,21072	24,5483	Quartzo
3,65730	28,3351	Biotita
3,33164	31,1717	Goethita
3,31467	31,3121	Quartzo
2,44384	42,9413	Goethita
2,27605	46,2836	Goethita
2,22904	47,3184	Quartzo
1,97293	53,9227	Quartzo
1,66866	64,9902	Quartzo
1,54034	71,0023	Biotita

3.3 Análise de Filtração

O desempenho dos meios filtrantes com relação à análise de filtração foi avaliado num sistema de teste visual no qual se preparou misturas com concentração de 500 mg/l de óleo em água, como ilustrado nas Figuras 8 e 9.

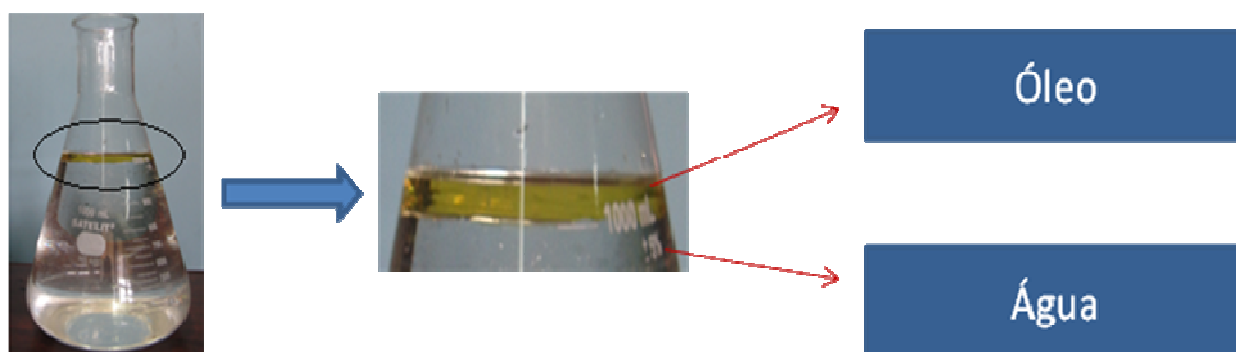
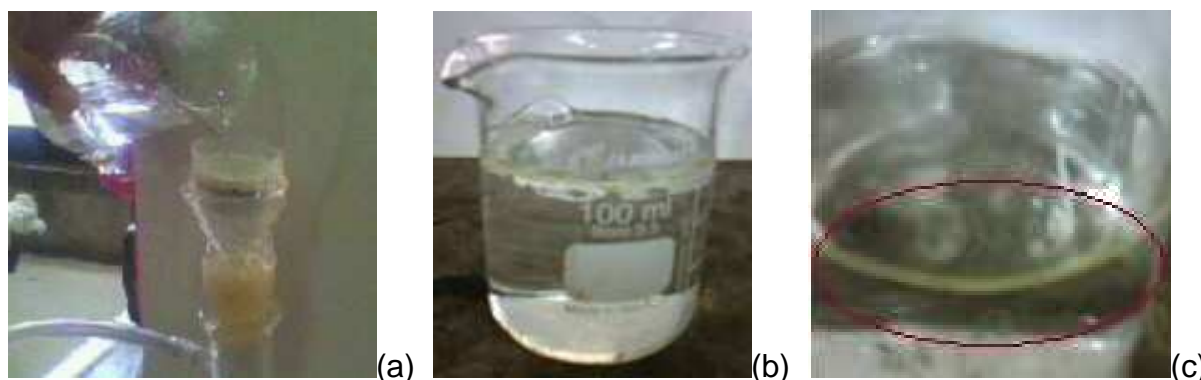


Figura 8. Obtenção da amostra de água e óleo diesel.



Fonte: Ana Paula S. Pereira

Figura 9. Teste de filtração visual: (a) realização da filtração; (b) filtrado e (c) diminuição da camada de óleo.



A Figura 9a mostra o sistema de filtração no qual ocorre a separação da água do óleo no meio filtrante. A área efetiva do meio filtrante foi de 14,52 cm². O fluxo de água (J_w^1) foi calculado a partir da seguinte equação:

$$J_w^1 = \frac{V}{A\Delta t}$$

Onde: V(L) = volume do permeado de água; A (m²) = área do meio filtrante e Δt (h) = tempo da permeação.

4 DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos Meios Filtrantes

Observa-se, através da Figura 4, que o processo de rotomoldagem é viável para obtenção de materiais porosos que foram adquiridos de embalagens recicláveis, polímero polietileno de alta densidade. Segundo Mello isto se deve a menor rotomoldabilidade do polietileno de alta densidade em comparação com outros materiais específicos para rotomoldagem, ou seja, sua capacidade de escoamento apresenta-se menor, dificultando o seu processamento.⁽¹⁶⁾

A Figura 08 permite avaliar a presença de poros, variação dos tamanhos e distribuição dos mesmos, mostrando a irregularidades ao longo de todo o meio filtrante, devido à taxa de coalescência e densificação do material durante o processamento.⁽¹⁷⁾

As Figuras 9a, 9b e 9c ilustram os resultados do perfil superficial das amostras obtidos pelo processo de rotomoldagem, evidenciando o aparecimento de poros na superfície do material com pontos de percolação em todo o meio. Segundo Carvalho ET AL. a separação do material promove uma redução do tamanho de grãos, proporcionando sua melhor compactação e, portanto, redução do fluxo do permeado através do material.⁽¹⁸⁾

4.2 Caracterização do Argilomineral por Difração de Raios-X

A Figura 7 apresenta o difratograma do argilomineral utilizado para produção dos meios filtrantes que comparando com os dados da Tabela 2 constataram-se que os picos referem-se ao Quartzo, Goethita e Biotita.

4.3 Análise de Filtração

Através da análise das Figuras 8 e 9 é possível verificar visualmente que os meios filtrantes retiram da solução uma grande quantidade de óleo, ou seja, percebe-se que há uma boa rejeição do óleo no permeado, com fluxo de água que passa através do meio filtrante de 13,8 L/m².h., segundo Holdich, Cumming e Smith,⁽¹⁹⁾ isto ocorre devido ao aumento da resistência à passagem das gotículas de óleo que é ocasionada pela contaminação na superfície e nos poros do meio filtrante.

Portanto os resultados evidenciam que a compactação dos grãos devido a sua granulometria levou a uma redução da quantidade de óleo através dos meios filtrantes. Este comportamento era esperado, pois na compactação de um material granular, a diminuição de volume de poros e de seus tamanhos ocorre pela da redução do volume ocupado pelos poros intergranulares e de seu volume através do deslocamento e reordenação dos grânulos.⁽²⁰⁾

5 CONCLUSÃO

Meios filtrantes de Polietileno de alta densidade e fase quartzosa e argilosa foram obtidos. A separação granulométrica do material promoveu uma redução do tamanho dos grãos, proporcionando seu melhor agrupamento e, portanto, a redução da quantidade de óleo no permeado.

Foi possível observar a formação de poros, suas formas e distribuições irregulares ao longo de toda a superfície do material.

A composição mineralógica foi determinada pela Difração de Raios-X, mostrando que o mesmo é constituído de fase Quartzo, Goethita e Biotita.

De um modo geral, o estudo realizado nos permite confirmar que o processo de rotomoldagem é viável para confecção de meios filtrantes. A capacidade dos meios em remover óleo presentes em água foi comprovada, indicando que o uso deste material pode se tornar mais uma ferramenta para o tratamento de águas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao:

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico;
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior;
FAPESPA – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Pará;
Secretaria de Estado de Desenvolvimento, Ciência e Tecnologia;
VALE.

REFERÊNCIAS

- 1 Das condições e padrões de lançamento de efluentes. **Resolução Conama Nº 357**, Art. 34, 2005.
- 2 Zhu, S.P.; Strunin, D. **Modelling the Confinement of Spilled Oil with Floating Booms**. Applied Mathematical Modelling, v.24, p. 713-729, 2001.
- 3 Fingas, M. **Water-in-Oil Formation: A Review of Physics and Mathematical Modeling**. Spill Science & Technology Bulletin, v.2, p. 55-59, 1995.
- 4 Teas, C.; Kalligeros, S.; Zanikos, F.; Stoumas, S.; Lois, E.; Anastopoulos, G. **Investigation of the Effectiveness of Absorbent Materials in Oil Spills Clean up**. Desalination, v. 140, p. 259-264, 2001.
- 5 Toyoda, M.; Inagaki, M. **Sorption and Recovery of Heavy Oils by Using Exfoliated Graphite**. Spill Science & Technology Bulletin, v.8, p. 467-474, 2003.
- 6 Inagaki, M.; Kawahara, A.; Konno, H. **Sorption and Recovery of Heavy Oils Using Carbonized Fir Fibers and Recycling**. Carbon, v.40, p. 105-111, 2002.
- 7 Lima, Lêda Maria Oliveira de; Barros Neto, Eduardo Lins de; Dantas Neto, Afonso Avelino; Dantas, Tereza Neuma de Castro. **Desenvolvimento de um flotor para o tratamento de efluentes oleosos a partir de sistemas microemulsionados**. 2º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo & Gás. 1-5, 2003.
- 8 Mysore, Deepa; Viraraghavan, Thiruvengkatachari; Jin, Yee-Chung. **Treatment of oily waters using vermiculite**. Water Research, 39, 2643–2653, 2005.
- 9 Carvalho, Laura H. de; Alves, Tatianny S.; Leal, Tânia L.; Lira, Hélio de L.. **Preparation and surface modification effects of UHMWPE membranes for oil/water separation**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 19, nº 1, p. 72-78, 2009.
- 10 CUI, Jiaoying; ZHANG, Xiongfu; LIU, Haiou; LIU, Shuqin; YEUNG, King Lun. **Preparation and application of zeolite/ceramic microfiltration membranes for treatment of oil contaminated water**. Journal of Membrane Science, 325, 420-426, 2008.

- 11 HABERT, A.C.; BORGES, C.P. **Processos de separação com membranas**. Escola piloto de Engenharia Química. Programa de Engenharia Química, 1997.
- 12 PERRY, Robert H. **Perry's Chemical Engineers' Handbook**, 8ª Edição, 2007.
- 13 BELLEHUMEUR, C.T.; MEDINA, A.; XU, H. **Dimensional Stability of Single site ethylene copolymers in Rotational molding**. Polymer Engineering and Science, 1400-1409, 2009.
- 14 BUSH, S.F.; ADEMOSU, O.K. **Low-density rotomoulded polymer foams**. Colloids and Surfaces A: Physicochem Eng. Aspects, 263, 370-378, 2005.
- 15 TORRES, F.G.; ARAGON, C.L. **Final product testing of rotation moulded natural fibre-reinforced polyethylene**. Polymer Testing, 25, 568-577, 2006.
- 16 MELLO, Felipe B. de; GALARÇA, Marcelo M.; ZIMMERMANN, Valmir E. **Investigação da rotomoldabilidade de polietileno de alta densidade reciclado**. XVII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica. 1-6, 2003.
- 17 ISLABÃO, Genisia Islabão de. **Blendas de Polietileno de ultra alto peso molar com Polietileno linear de média densidade para Rotomoldagem**. Dissertação de Mestrado, 1-103, 2005.
- 18 CARVALHO, Laura H. de; ALVES, Tatianny S. ; LEAL, Tânia L.; LIRA, Hélio de L.. **Efeitos das Condições de Preparação e de Modificação de Superfície de Membranas de PEUAPM na Separação Água/Óleo**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, 19, 72-78, 2009.
- 19 HOLDICH, R.G.; CUMMING, I.W.; SMITH, I.D. **Crossflow microfiltration of oil in water dispersions using surface filtration with imposed fluid rotation**. Journal of Membrane Science, 143, 263-274, 1998.
- 20 ALVES, T. S.; Carvalho, L. H. de. **Influência da seleção granulométrica e da pressão de compactação no fluxo através de membranas de PEUAPM**. 17^o CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2006.