



**II CONEPETRO**

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE  
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

## UMA REVISÃO DA COMPOSIÇÃO MEDIANTE EMPREGO DE DETERMINADAS TÉCNICAS ANALÍTICAS, SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS PARA RECUPERAÇÃO E MEDIDAS DE APLICAÇÃO ECONÔMICA DAS BORRAS OLEOSAS

Evelyne Nunes de Oliveira Galvão<sup>1</sup>; Yasmin Maria da Silva Menezes<sup>2</sup>; Aécia Seleide Dantas dos Anjos<sup>3</sup>; Raoni Batista dos Anjos<sup>4</sup>; Djalma Ribeiro da Silva<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Petróleo - [evelyne\\_nunes1@hotmail.com](mailto:evelyne_nunes1@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Petróleo - [yasminsmenezes@gmail.com](mailto:yasminsmenezes@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Núcleo de Processamento Primário e Reuso de Água Produzida e Resíduo - [aeciadantas@gmail.com.br](mailto:aeciadantas@gmail.com.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Petróleo - [-raonianjos@gmail.com](mailto:-raonianjos@gmail.com)

<sup>5</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Petróleo - [djalmarib@gmail.com](mailto:djalmarib@gmail.com)

### RESUMO

A indústria de petróleo atua na produção de insumos com grau de importância indiscutível para o sistema econômico mundial, de forma que sua linha de produção ganhou força e assumiu um papel renomado ao longo dos anos. Porém, as atividades que este ramo desenvolve provocam uma série de impactos ambientais em virtude da grande quantidade de resíduos oleosos que são gerados como subprodutos da sua cadeia produtiva, de forma que estas atividades podem ser classificadas como potencialmente poluidoras. O resíduo oleoso proveniente das atividades de exploração de petróleo, por vezes, denominado borras oleosas, contaminam o meio ambiente e sua forma de remoção constitui um vasto campo de estudo que compreende o desenvolvimento de várias técnicas de análise dos componentes, tratamento e aproveitamento econômico das borras oleosas. Com isto, este trabalho se constitui por uma revisão bibliográfica que teve como objetivos levantar os trabalhos que envolvem estudos da composição das borras oleosas, capazes de evidenciar as características da matriz em estudo, além de fazer uma relação que compreende as soluções tecnológicas estudadas na atualidade que visam à recuperação de meios contaminados com resíduos oleosos, bem como evidenciar técnicas de utilização destas borras no que diz respeito à aquisição de valor agregado para este resíduo.

Palavras-chave: Borras oleosas, gestão de resíduos, caracterização.

### 1. INTRODUÇÃO

As atividades desenvolvidas pela indústria petroquímica provoca alto nível de impacto ambiental devido à numerosa quantidade de resíduos gerados, além disso, o grau de complexidade que o tratamento destes resíduos exige é, muitas vezes, considerado

elevado. Quando dispostos de maneira inadequada, cria-se uma pluma de contaminação, abrangendo uma área cada vez maior, já que os hidrocarbonetos derivados do petróleo possuem alta mobilidade, podendo se mover facilmente no solo e águas subterrâneas, afetando a saúde dos seres que habitam e usufruem dos recursos ambientais

**www.conepetro.com**  
**.br**

(83) 3322.3222

[contato@conepetro.com.br](mailto:contato@conepetro.com.br)

de uma região contaminada, uma vez que o petróleo possui componentes altamente tóxicos.

A gestão de resíduos é uma área que envolve inúmeras pesquisas que, com o passar dos anos, conquistou seu espaço e garantiu a sua importância em virtude de desenvolvimento sustentável tão necessário para a preservação ambiental. Esta área envolve estudos de medidas que viabilizam o diagnóstico e tratamento de uma área contaminada, através de determinados processos, com embasamento em normas específicas de cunho legal.

Na indústria petroquímica, a gestão de resíduos assume grande relevância no tratamento de meios contaminados com subprodutos do petróleo, sendo um deles denominados de borras oleosas, que, por sua vez, pode ser definido como resíduos que são constituídos de sedimentos (argila, sílica, óxidos) contaminados com metais pesados, hidrocarbonetos saturados e aromáticos (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos - BTEX e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos - HPAs), água produzida e produtos químicos utilizados no processamento de petróleo. A borra é produzida no fundo dos tanques de armazenamento, equipamentos de processamento e nos separadores de óleo/água [SILVA, 2012].

De acordo com o Relatório Anual de Estatística da Agência Nacional de Petróleo [2015], em 2014, foi processada uma carga de 2,1 milhões de barris/dia pelo parque de refino nacional, dividida entre 2,1 milhões de barris/dia de petróleo (98,4% da carga total) e 34,7 mil barris/dia de outras cargas (resíduos de petróleo, resíduos de terminais e resíduos de derivados). Houve um acréscimo de 51,6 mil barris/dia (+2,5%) no volume de petróleo processado em relação a 2013, dos quais mais 45,4 mil barris/dia de petróleo nacional e mais 9,4 mil barris/dia de outras cargas. Neste sentido, se justifica a relevância de estudos que viabilizam o tratamento de meios contaminados com resíduos provenientes da indústria petroquímica. Pesquisas recentes investigam a composição de resíduos oleosos, além de diversos processos nos quais uma área contaminada com borras oleosas é remediada mecanicamente ou biologicamente (biorremediação), e estudam maneiras pelas quais os resíduos oleosos podem ser utilizados enquanto material com valor econômico. As técnicas são diversas, dentre elas tem-se o desenvolvimento de materiais impermeabilizantes e cerâmicos, fabricação de tijolos e suplemento combustível. A escolha de uma técnica para aplicação depende de um estudo aprofundado da área contaminada, levando em consideração os

aspectos físico-químicos e econômicos, além da observância dos aspectos legais.

Este trabalho se constitui de um levantamento bibliográfico que envolveu artigos que investigam a composição de resíduos oleosos, através do emprego de determinadas técnicas analíticas. Além de levantar artigos que mapeiam tecnologias envolvidas no tratamento de meios contaminados com borras oleosas, assim como foi feito um apanhado de artigos que estudaram técnicas de utilização destas borras no que diz respeito à aquisição de valor agregado para este resíduo.

## 2. METODOLOGIA

Este trabalho se constitui como uma revisão bibliográfica embasada em artigos que tratam da análise da composição de borras oleosas, bem como das soluções tecnológicas estudadas na atualidade que visam à recuperação de meios contaminados com resíduos oleosos, além de fazer um levantamento das medidas capazes de promover o aproveitamento das borras, tornando-a um produto com valor econômico agregado. Para tal, foram realizadas buscas em revistas, esquadrinhando artigos tanto quanto mais recentes possíveis. Neste sentido, seguem as considerações relevantes feitas pelos autores dos artigos estudados e adotadas

neste levantamento, a fim de se criar um cenário composto pelos avanços alcançados por esta área de pesquisa nos últimos anos, bem como, direcionar as pesquisas futuras com temas relacionados.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Estudos da composição das borras oleosas

Existe uma diversidade de técnicas analíticas empregadas na determinação da composição de uma matriz oleosa, as quais revelam grande variedade de compostos orgânicos presentes nas borras. Dentre elas se destacam as técnicas cromatográficas, enquanto que a maioria dos compostos identificados está presentes nos grupos dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs).

CARBOGNANI [1999] realizou a caracterização físico-química de amostras de óleos brutos. Foram utilizadas técnicas de Gravimetria, Espectrometria, Cromatografia Líquida (LC), Cromatografia de Exclusão de Tamanho (SEC), Espectroscopia de Infravermelho, e Ressonância Magnética Nuclear (RMN). O teor de ferro foi determinado por Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES). Os compostos aromáticos foram identificados por Cromatografia em Fluido Supercrítico (SFC). Para determinação da concentração de

xilenos, usou-se a Cromatografia Gasosa (GC). Carbonatos foram detectados na fração insolúvel por Difrração de Raios-X e/ou Espectrofotometria de Infravermelho. Os resultados indicaram que as amostras continham grandes teores de alcanos, aromáticos e asfaltenos condensados. O teor de hidrocarbonetos aromáticos foi considerado alto, devido à presença de xilenos. O teor de ferro consistia em 1,20% da amostra.

DOMÍNQUEZ [2004] utilizou Cromatografia Gasosa acoplada com detector de Massas (GC-MS) para determinar os principais componentes de óleos provenientes da pirólise assistida em micro-ondas sob diferentes condições em altas temperaturas. O efeito de diferentes fornos de micro-ondas e utilização de grafite e carvão como adsorventes no processo de pirólise foram investigados. Os resultados indicaram a mesma composição qualitativa para diferentes condições de análise. As diferenças quantitativas indicaram que a utilização de grafite em vez de carvão facilitou o craqueamento, gerando maiores proporções de alcenos em relação aos alcanos, bem como um aumento na proporção de aromáticos. Comparado com o forno elétrico, o aquecimento assistido por micro-ondas necessita de tempos mais curtos para pirólise. Além disso, os óleos analisados por pirólise

em micro-ondas se apresentaram mais alifáticos e oxigenados. A pirólise por métodos convencionais caracterizou o óleo como rico em hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs).

WANG [2010] estudou a composição da borra oleosa oriunda de campos de petróleo na China a fim de avaliar a quantidade de óleo que pode ser recuperado mediante o emprego de um processo de tratamento. O estudo foi realizado através da técnica de Cromatografia por Exclusão de tamanho (SEC). Os componentes químicos e mineralógicos dos sólidos extraídos foram analisados por Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (FRX) e Difrração de Raios-X (DRX). As composições elementares de carbono (C), silício (Si), cálcio (Ca), alumínio (Al), e ferro (Fe) dos sólidos extraídos foram determinadas por Espectroscopia Fotoeletrônica de Raios-X (XPS). Os resultados mostraram que as borras continham quantidades significativas de óleo (56,1%). Os sólidos separados a partir destas borras continham altas quantidades de partículas pequenas, as quais são consideradas responsáveis pelas emulsões água/óleo. Os elementos com maiores concentrações identificadas foram silício (Si) e alumínio (Al). Os principais minerais constituintes foram apontados como sendo quartzo, feldspato e argilas. Sugere-se que o pré-tratamento por demulsificação seria de grande

ajuda para reduzir o custo global de tratamento de borras oleosas.

ZE BILO'O [2012] teve como objetivo identificar e quantificar hidrocarbonetos totais de petróleo (TPHs) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em amostras provenientes da Refinaria de Petróleo Nacional de Camarões. O Teor de Sólidos foi determinado por incineração de acordo com a norma ASTM D 482-07. O Teor de Umidade foi verificado por destilação, com mistura de tolueno/xileno. A quantificação das frações de hidrocarbonetos foi realizada por Cromatografia Gasosa acoplada com detector de Fotoionização (GC-FID). Os resultados indicaram Teor de Sólidos igual a 2,28%; Teor de Umidade igual a 67,33%; Os valores detectados para hidrocarbonetos foram 30,39%; Foram identificados n-alcenos compreendidos do n-C9 ao n-C30, com maior concentração para n-C11 (47,19 ppm ou 13%). A concentração dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) variou de 1,22 a 162,62 ppm, de modo que o fenantreno foi o composto mais abundante encontrado (98,11 ppm – 19,17%), seguido por antraceno (90,33 ppm – 17,65%). A presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) carcinogênicos (criseno, benzo[a]antraceno, benzo[b]fluoranteno, benzo[k]fluoranteno, benzo[a]pireno, indeno[1,2,3-c,d]pireno e dibenzo[a,

h]antraceno) tiveram concentrações consideráveis, por isso a borra é classificada como nociva para o ambiente e organismos.

### **3.2. Estudos das soluções tecnológicas para tratamento dos meios contaminados com borras oleosas**

Os trabalhos aqui listados provaram a eficiência das técnicas de tratamento de solo contaminado com borras oleosas. Dentre as técnicas, a mais estudada envolve ensaios de biorremediação, nos quais se faz emprego de determinadas bactérias que atuam na degradação dos compostos contaminantes provenientes de resíduos oleosos.

MORELLI [1995] investigou a toxicidade de borras oleosas em virtude da presença dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), ou seja, trabalhou a caracterização química das amostras, além de estudar o tratamento da contaminação por estes compostos mediante o emprego de ensaios de biorremediação. Foram analisados os parâmetros de pH, fração solúvel em éter, densidade e determinação de frações orgânicas por Cromatografia em coluna de sílica gel. Como resultado encontrou-se que os aromáticos compõem mais de 50% da fração solúvel em éter daquelas amostras. Com isso, foi dada resposta mutagênica aos ensaios microbianos, fator consequência dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos



**II CONEPETRO**

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE  
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

(HPAs) apresentarem toxicidade aguda, obtendo, com isto, resultado positivo para o tratamento.

VASUDEVAN [2001] investigou a composição do solo contaminado com borra oleosa em virtude da aplicação da biorremediação. Os experimentos foram realizados na presença de meio bacteriano, nutrientes inorgânicos, e agente de volume (farelo de trigo). Foram utilizadas calhas de vidro para acompanhamento de todos os processos durante o período de 90 dias. Os resultados demonstraram que o solo alterado com farelo de trigo atingiu 76% de remoção de hidrocarbonetos, em comparação com 66% de remoção para o caso do solo alterado apenas com nutrientes inorgânicos. Um correspondente aumento do número de populações bacterianas também foi notado além do meio bacteriano proposital, resultado da biodegradação da borra oleosa contida no solo.

MARIN [2005] descreveu um processo de biorremediação de hidrocarbonetos provenientes de borra oleosa, presente em solo de clima semi-árido, utilizando a técnica landfarming. As análises compreenderam a avaliação da técnica quanto a capacidade de redução do teor total de hidrocarbonetos. Para isso, parâmetros biológicos (frações de carbono) e bioquímicos (atividades enzimáticas) foram investigados. Os resultados mostraram que 80% de

hidrocarbonetos foram eliminados em onze meses, metade desta redução foi verificada durante os primeiros três meses.

MATER [2006] analisou a eficiência de diferentes processos para tratar e imobilizar os contaminantes presentes em solo contendo resíduos de borras. A etapa experimental compreendeu um período de tratamento oxidativo de 80 h realizado em diferentes condições de pH: pH 6,5 (20h), pH 4,5 (20h) e pH 3,0 (40h). Por conseguinte, foi realizada estabilização/solidificação argilo-calcária e por cimentação. Os resultados mostraram que a oxidação foi parcialmente eficaz na degradação dos contaminantes, pois foram encontradas concentrações residuais para os compostos de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX). Testes de lixiviação mostraram que a estabilização/solidificação argilo-calcária e por cimentação foi eficiente na imobilização dos constituintes recalcitrantes e perigosos. Estes processos de duas etapas são necessários para aumentar a proteção ao ambiente e tornar produto final economicamente rentável. Os resíduos tratados podem ser seguramente usados em blocos de estradas de rodagem, por exemplo.

AYOTAMUNO [2007] determinou o teor total de hidrocarbonetos (THC) em três reatores de tratamento (X, Y e Z) e em um reator de controle (A). Os reatores foram

**[www.conepetro.com.br](http://www.conepetro.com.br)**

(83) 3322.3222

[contato@conepetro.com.br](mailto:contato@conepetro.com.br)

carregados com 1500g de borra oleosa e 250g de solo agrícola, o qual serviu tanto como nutriente quanto como um transportador microbiano. Como resultado, a redução de teor total de hidrocarbonetos (THC) na borra reduziu de 84,5% para 63,7% no prazo de duas semanas, e de 53,2% para 40,7% no prazo de seis semanas da aplicação da biorremediação. Com isso, o tratamento, evidentemente, reduziu a taxa de teor total de hidrocarbonetos (THC) nas borras oleosas.

CAMEOTRA [2008] estudou a ação de meios microbianos constituídos por *Pseudomonas Aeruginosa* e *Hodococcal* para avaliar a degradação de hidrocarbonetos provenientes de resíduos de petróleo presentes em solo contaminado. A capacidade de degradação dos hidrocarbonetos foi testada em dois campos de ensaio separados em razão do efeito de dois aditivos (mistura de nutrientes e preparação de biosurfactante sólido). Como resultado, os hidrocarbonetos foram degradados 91% em 5 semanas. A utilização de biosurfactante provocou elevação na taxa de degradação. No entanto, o esgotamento dos hidrocarbonetos (maior que 98%) só foi possível quando foi usada simultaneamente a cultura microbiana e os aditivos acima mencionados. Os dados concluem que a utilização de um biosurfactante funciona de maneira eficiente na remediação de solos contaminados.

ROCHA [2010] estudou o tratamento de borras de petróleo através do emprego da fotocatalise heterogênea ( $H_2O_2$  / UV /  $TiO_2$ ). Os experimentos envolveram a aplicação de um reator para averiguar os teores de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Além disso, o efeitos da concentração de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e dióxido de titânio ( $TiO_2$ ), bem como o tempo de irradiação foram avaliados em virtude da análise de remoção de carbono orgânico total (COT) como uma resposta. Como resultado, a fotocatalise heterogênea forneceu degradação eficiente de grande parte da matéria orgânica. Além disso, o método também provou ser um tratamento alternativo para a remoção de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) de borra de óleo, uma vez que estes compostos foram eliminados em 100% após 96 horas de irradiação.

RADFARNIA [2015] estudou o tratamento de borras oriundas de uma planta de processamento em escala piloto utilizando água supercrítica (SCW), a fim de determinar formas alternativas de recuperação. O processo envolve a conversão de resíduos pesados em compostos mais leves. Várias condições operacionais, tais como temperatura e tempo de reação, foram investigadas. Os resultados indicaram que uma quantidade considerável de compostos de petróleo podem ser recuperados (até 18,6% em peso). Os gases produzidos hidrogênio

(H<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>) podem ser utilizados como combustível. Concluiu-se que temperatura de reação elevada aumenta o rendimento da recuperação. Os resultados provaram que o hidrogênio H<sub>2</sub> é obtido principalmente a partir dos hidrocarbonetos do resíduo, e não a partir da água. A água, por sua vez, agiu como um excelente dispersante e solvente na recuperação de compostos leves a partir de moléculas pesadas, via reações radicalares.

### **3.3. Estudos das técnicas que conferem valor econômico agregado as borras oleosas**

As pesquisas demonstraram que os resíduos oleosos têm aplicação considerável ao serem acrescentados nos processos de produção de combustíveis, materiais de estrada, fabricação de cerâmicas e tijolos.

SANTOS [2000] caracterizou e avaliou o comportamento de massas argilosas contendo borra de petróleo, visando sua aplicação em cerâmica estrutural. Foram utilizadas análises de Difração de Raios-X (DRX), Granulometria, bem como a determinação de propriedades físico-mecânicas dos materiais em função da temperatura de queima e percentual de borra adicionada. Os resultados revelaram que a adição do resíduo altera as características físico-química-mineralógicas e propriedades da massa argilosa pura. As massas contendo

borra têm uso provável em cerâmica estrutural.

FUTAISI [2007] testou a aplicabilidade de borras como suplemento combustível e como material de estrada. As análises ambientais incluíram a determinação da concentração de metais pesados, de compostos orgânicos tóxicos e determinação de propriedades radiológicas. Para o teste de aplicação em estradas, a mistura de borra solidificada foi sujeita a testes de lixiviação, os quais tiveram base no Procedimento de Lixiviação das Características de Toxicidade (TCLP). A borra foi caracterizada com concentrações elevadas de chumbo (Pb), zinco (Zn) e mercúrio (Hg) e baixas de níquel (Ni), cobre (Cu) e cromo (Cr), em comparação com valores da literatura para este tipo de estudo. Valores obtidos para a atividade de Minerais Radioativos de Ocorrência Natural (NORM) foram muito baixos em comparação com os limites normativos. Os resultados da avaliação para aplicação como suplemento combustível indicaram que os valores de aquecimento, teor de carbono e de cinzas são ótimos. O teor de nitrogênio é baixo, enquanto o teor de enxofre é comparável. Como material de estrada, a aparente falta de lixiviação sugere que os metais tóxicos e orgânicos não seriam arrastados para os lençóis freáticos. Assim, essas aplicações não são consideradas perigosas para o meio ambiente.

ELICHE-QUESADA [2015] estudou uma mistura de borras provenientes da indústria de refino de petróleo com borras geradas a partir da extração de petróleo, a fim de produzir tijolos leves para a construção civil. As amostras foram previamente caracterizadas em termos da composição química-mineralógica e comportamento térmico. Tijolos cerâmicos foram produzidos com diferentes quantidades de borras como matéria-prima. Os resultados indicaram que o tipo e proporção das borras empregados são parâmetros importantes na determinação da qualidade dos tijolos. Com isso, o aumento do teor das borras (substâncias orgânicas atuam como agentes de formação de poros durante a combustão) resultou numa perda de resistência à compressão, devido ao aumento da porosidade, com diminuição da densidade e aumento da absorção de água. Testes de lixiviação mostraram que as quantidades de metais pesados lixiviados a partir dos tijolos esmagados estavam dentro dos limites estabelecidos.

QIN [2015] analisou a borra oleosa pela técnica de pirólise em um Reator de Leito Fluidizado em temperatura de 400-600 °C. O efeito da temperatura quanto à composição dos produtos de pirólise também foi estudado. Os materiais inorgânicos foram analisados por Espectrometria de Fluorescência de Raios-X (FRX). Para compreender melhor a composição e morfologias

dos resíduos sólidos utilizou-se Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Finalmente, a amostra foi caracterizada por Cromatografia Gasosa acoplada com detector de Massas (GC-MS). Como resultado encontrou-se rendimento máximo de óleo de 59,2% e uma perda mínima de energia de 19,0% em 500 °C. Verificou-se que o resíduo sólido contém mais que 42% de óxido de ferro, por isso, estes resíduos podem ser utilizados como a matéria-prima para produção de ferro. Assim, a recuperação simultânea de energia e de ferro a partir de borras oleosas por pirólise é viável.

#### 4. CONCLUSÕES

O levantamento bibliográfico realizado relevou que as diferentes técnicas empregadas na determinação da composição das borras oleosas atuam com alto grau de eficiência, sendo capaz de identificar com precisão aqueles componentes presentes mesmo em menores concentrações. Foi constatado que as borras oleosas são constituídas por uma vasta gama de componentes, dentre eles temos os TPHs, HPAs, BTEX e metais pesados. Além disso, as soluções tecnológicas estudadas, que visam a recuperação de meios contaminados com resíduos oleosos, provaram ser satisfatórias, uma vez que após a aplicação de um processo de biorremediação, foram constatadas perdas de material contaminante devido a elevadas taxa de degradação. As borras oleosas ainda podem ser incorporadas

em alguns materiais, tornando-o com melhor qualidade, um exemplo desta face é utilização das borras oleosas na fabricação de materiais cerâmicos, incorporação na produção de combustíveis, bem como na composição de materiais de estrada.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-FUTAISI, Ahmed; JAMRAH, Ahmad; YAGHI, Basma; TAHA, Ramzi. *Assessment of Alternative Management Techniques of Tank Bottom Petroleum Sludge in Oman*. Journal of Hazardous Materials, v. 141, p. 557-567, 2007.

Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: 2015. Disponível em: < [www.anp.gov.br/?dw=78135](http://www.anp.gov.br/?dw=78135) >. Data de acesso: 11 de julho de 2016.

AYOTAMUNO, M. J.; OKPARANMA, R. N.; NWENEKA, E. K.; OGAJI, S. O. T.; PROBERT, S. D. *Bio-remediation of a Sludge Containing Hydrocarbons*. Applied Energy, v. 84, p. 936-943, 2007.

CAMEOTRA, Swaranjit Singh; SINGH, Pooja. *Bioremediation of Oil Sludge Using Crude Biosurfactants*. International Biodeterioration & Biodegradation, v. 62, p. 274-280, 2008.

CARBOGNANI, L.; OREA, M.; FONSECA, M. *Complex Nature of Separated Solid Phases from Crude Oils*. Energy & Fuels, p. 351-358, 1999.

DA ROCHA, Otidene Rossiter Sá; DANTAS, R. F.; DUARTE, M. M. M. B.; DUARTE, Marcia Maria Lima; DA SILVA, Valdinete Lins. *Oil Sludge Treatment by Photocatalysis Applying Black and White Light*. Chemical Engineering Journal, v. 157, p. 80-85, 2010.

DOMÍNGUEZ, A.; MENÉNDEZ, J. A.; INGUANZO M.; PIS, J. J. *Investigations into the Characteristics of Oils Produced from Microwave Pyrolysis of Sewage Sludge*. Fuel Processing Technology, v. 86, p. 1007-1020, 2004.

ELICHE-QUESADA, D.; DA CUNHA, R. A.; CORPAS-IGLESIAS, F. A. *Effect of Sludge from Oil Refining Industry or Sludge from Pomace Oil Extraction Industry Addition to Clay Ceramics*. Applied Clay Science, v. 114, p. 202-211, 2015.

MARIN J. A.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C. *Bioremediation of Oil Refinery Sludge by Landfarming in Semiarid Conditions: Influence on Soil Microbial Activity*. Environmental Research, v. 98, p. 185-195, 2005.



**II CONEPETRO**

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE  
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS  
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

MATER, L.; SPERB, R. M.; MADUREIRA, L. A. S.; ROSIN, A. P.; CORREA, A. X. R.; RADETSKI, C. M. *Proposal of a Sequential Treatment Methodology for the Safe Reuse of Oil Sludge-contaminated Soil*. Journal of Hazardous Materials, V. 136, P. 967-971, 2006.

MORELLI, I. S.; VECCHIOLI, G. I.; DEL PANNO, M. T.; GARRÉ, M. I.; COSTANZA, O. R.; PAINCEIRA, M. T. *Assessment of the Toxic Potential of Hydrocarbon Containing Sludges*. Environmental Pollution, v. 89, p. 131-135, 1995.

QIN, Linbo; HAN, Jun; HE, Xiang; ZHAN, Yiqiu; YU, Fei. *Recovery of Energy and Iron from Oily Sludge Pyrolysis in a Fluidized Bed Reactor*. Journal of Environmental Management, v. 154, p. 177-182, 2015.

RADFARNIA, H. R.; KHULBE, Chandra; LITTLE, E.C. *Supercritical Water Treatment of Oil Sludge, a Viable Route to Valorize Waste Oil Materials*. Fuel, v. 159, p. 653-658, 2015.

SANTOS, R. S.; SOUZA, G. P.; HOLANDA, J. N. F. *Characterization of Waste of Petroleum Industry Containing Clayey Masses and its Application in Structural Ceramics*. Cerâmica, v. 48, p. 115-120, 2002.

SILVA, L. J.; ALVES, F. C.; FRANÇA, F. P. *A Review of the Technological Solutions for the Treatment of Oily Sludges from Petroleum Refineries*. Waste Management & Research, v. 30, p. 1016-1030, 2012.

VASUDEVAN, N.; RAJARAM, P. *Bioremediation of Oil Sludge-contaminated Soil*. Environment International, v. 26, p. 409-411, 2001.

WANG, Jing; YIN, Jun; GE, Lei; SHAO, Jiahui; Zheng Jianzhong. *Characterization of Oil Sludges from Two Oil Fields in China*. Energy & Fuels, p. 973-978, 2010.

ZE BILO'O, Philemon; MARTIN, Benoît Ngassoum. *Characterization of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Oily Sludge from Cameroon Petroleum Refinery*. International Journal of Environmental Sciences, v. 3, p. 509-517, 2012.

[www.conepetro.com.br](http://www.conepetro.com.br)

(83) 3322.3222

[contato@conepetro.com.br](mailto:contato@conepetro.com.br)