

## AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE REMOÇÃO DE PETRÓLEO EM ÁGUAS PRODUZIDAS DE POÇOS DE GUAMARÉ/RN

Tomaz Mello de Lima <sup>1</sup>; Ana Karla Costa de Oliveira <sup>1</sup>; Carlson Roberto Lando de Sousa Félix <sup>1</sup>;  
Jefferson David Coutinho de Araújo <sup>2</sup>; Maxuel Bezerra de Medeiros <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação Básica, Técnica e Tecnológica do Rio Grande do Norte (IFRN) – Diretoria Acadêmica  
de Indústria (DIACIN) - karla.costa@ifrn.edu.br

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

### RESUMO

As águas produzidas de poços petrolíferos são geralmente reutilizadas para injeção, reuso ou até mesmo descartada. Para qualquer um desses usos, o tratamento da água se faz necessário, tanto levando em consideração o impacto ambiental produzido pela mesma em descarte (normas estabelecidas pelo CONAMA 430), quanto para preservar os componentes industriais pelos quais a água será manuseada. O trabalho teve como objetivo avaliar o método mais eficiente para remoção de petróleo entre a extração líquido-líquido e a adsorção nas faixas estudadas. Na remoção usando extração líquido-líquido utilizaram-se hexano e querosene; outro processo realizado foi a adsorção em carvão ativado de granulometrias variadas. O Estudo foi desenvolvido por alunos concluintes do curso técnico de Petróleo e Gás do IFRN (2016), em amostras de poços petrolíferos de Guimarães -PETROBRAS, zona produtora onshore do estado do Rio Grande do Norte. Os melhores resultados apresentados foram obtidos a partir do carvão pulverizado (99,2%), o que é justificado pela alta área superficial do material.

Água produzida, descontaminação, carvão ativado.

### 1.INTRODUÇÃO

A água produzida é a água que está aprisionada na subsuperfície terrestre, armazenada nas formações, juntamente com o petróleo e o gás [SILVA, 2000]. Entre as suas características, destacam-se o seu volume na produção e a complexidade da sua composição. Devido a esses aspectos, torna-se necessária a preocupação, não só operacional, que envolve a água, mas também – e principalmente – a ambiental. Consequentemente, o gerenciamento da água produzida resulta um custo consideravelmente elevado e representa um

percentual notável nos custos de produção de uma empresa petrolífera [AMINI *et al.*, 2012].

A água produzida em poços de petróleo é um problema de cunho ambiental para indústria do petróleo devido ao seu descarte. O Conama estabelece a concentração de 20ppm de óleo mineral [CONAMA 430] no efluente, em condições adequadas a ser descartado. Em turbidez, aproximadamente, 16NTU.

A água de produção é gerada após o processo de processamento primário dos fluidos produzidos, onde são separados petróleo bruto, gás e água produzida. Após

essa etapa, decide-se o destino da água de produção, que, na quase totalidade dos casos, é usada para descarte, injeção (recuperação artificial) e/ou reuso da mesma. Em quaisquer dos casos, há a necessidade de tratamento da água pelas demandas ambientais e operacionais. Um dos objetivos do tratamento desta água é a remoção de óleo, que pode estar emulsionado, livre ou dissolvido na água [MEDEIROS, G.M. 2008] Dentre esses estados, o mais preocupante é o óleo em emulsão, que possui alto grau de dificuldade de remoção.

Neste contexto, para este trabalho, estudaram-se dois processos de remoção de óleo em água produzida real (industrial): extração líquido-líquido e adsorção, para avaliação, dentro da faixa estudada, da melhor eficiência de remoção do óleo. Na segunda etapa do trabalho (já escolhido o melhor processo de remoção), foram utilizadas diferentes faixas de granulometria dos materiais sólidos (carvões ativos) para determinação daquela que promoveria maior eficiência de remoção para hidrocarbonetos, através de leituras em turbidímetro HANNA para as amostras de água bruta e água tratada, ao final do processo.

No primeiro processo (extração líquido-líquido), testaram-se dois extratantes líquidos para o processo de extração: o hexano e o

querosene; ambos utilizados com o objetivo de definição daquele com maior eficiência de remoção do óleo da água produzida. O hexano utilizado apresenta um excelente poder de solvência para óleos e gorduras, vegetais e animais. Como característica química, o extratante possui propriedades que permitem favorável separação do óleo ou gordura extraída da água, simplificando o processo de recuperação de solvente, apresentando alta pureza e ausência de resíduos, o que não afeta a qualidade dos produtos obtidos [PETROBRAS, acervo digital acessado em 2016].

O querosene foi um extratante utilizado devido à afinidade química, por ser um derivado do petróleo; é um poderoso diluente formado pela mistura de hidrocarbonetos alifáticos, naftênicos e aromáticos. Devido à sua ampla curva de destilação, o querosene tem um ótimo poder de diluição e uma taxa de evaporação lenta. O seu ponto de fulgor confere uma relativa segurança ao manuseio, ideal para emprego acadêmico [PETROBRAS, acervo digital acessado em 2016].

Outro método adotado para a remoção do óleo foi a utilização do carvão ativado como adsorvente, uma vez que o mecanismo de remoção das impurezas consiste na adsorção física pelo carvão. As moléculas das impurezas (óleo) são atraídas pela existência

de porosidade no carvão ativado e ficam retidas devido às interações físicas. O carbono exerce forças físicas sobre as impurezas do tipo Van der Waals, forças dipolo-dipolo e forças de polarização, envolvendo dipolos induzidos, sem modificação química do produto adsorvido. Há outras forças que atuam juntamente com as de Van der Waals as forças eletrostáticas e ligações de hidrogênio [NIEDERSBERG, 2012].

## 2.METODOLOGIA

As extrações foram realizadas no Laboratório de Petróleo e Gás (LaPet) situado na Diretoria Acadêmica de Indústria (DIACIN), pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN - CNAT), montado pelos recursos do Programa de Formação de Recursos Humanos (PFRH)- PETROBRAS.

A água produzida (Figura 1) utilizada nos experimentos conduzidos foi concedida pelo polo petroquímico de Guamaré/RN, da Petrobras.

Figura 1 – Amostra de petróleo (acima) e água produzida (embaixo)

### 2.1. Extração líquido-líquido.



Inicialmente, os parâmetros da amostra bruta foram medidos para avaliação do pH, densidade (g/mL), turbidez (NTU). Em sequência, realizaram-se as extrações líquido-líquido, utilizando como solventes o hexano (Figura 2) e o querosene (Figura 3), para comparar a eficiência de remoção proporcionada por cada extratante. Foi retirada uma alíquota de 240 mL da solução mãe de água produzida. Em seguida, a alíquota foi misturada juntamente com 30 mL do solvente em um funil de separação, agitando-o por um período de 5min para promover a homogeneização da mistura, sempre aliviando a pressão do balão. Após a agitação, o balão foi posto em repouso durante 24h para promover o máximo de separação, que consiste na diferença entre as polaridades das substâncias, e permitir a decantação do composto. Terminado o tempo de extração, as análises de pH, densidade e



turbidez foram realizadas nas amostras de água pós tratamento.

Figura 2 – Tratamento com hexano.

Figura 3 – Tratamento com querosene.

As amostras brutas e as tratadas foram analisadas em duplicata.



## 2.2. Extração sólido-líquido por adsorção.

Na utilização do carvão na adsorção foi medida a massa de 30g de carvão ativado pulverizado numa balança de precisão GEHAKA. Foi posto um filtro de papel de filtro (já feito o teste em branco com o papel,

dando inerte à amostra) em um funil de separação simples e, em seguida, o carvão foi adicionado (Figura 04). O tempo de ADSORÇÃO utilizado foi fixado em 30 minutos.

Figura 4: Sistema de extração líquido-sólido por adsorção, carvão ativado pulverizado.

Após transcorrido o tempo, foram feitas medidas de turbidez na água tratada (Figura 5), em duplicata, para precisar o grau de limpeza de óleo do carvão ativado pulverizado. O pH e densidade da água tratada foram realizados em sequência.





## II CONEPETRO

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

Figura 5: Turbidímetro utilizado para análise de turbidez.

Após os testes de sondagem foi dado



continuidade ao trabalho variando-se assim a granulometria do carvão ativado, cuja eficiência de remoção foi melhor. Assim, 3 tipos de carvões foram utilizados: pulverizado casca de coco, granular médio (1,18mm) e de vegetal triturado (6,35mm) (Figura 6). A medição das faixas foi realizada com peneiras da Diretoria Acadêmica de Construção Civil (DIACON)- CNAT. O estudo comparativo de diferentes massas destes carvões é importante para avaliação de eficiência de remoção do petróleo.



Figura 6: Sistema de peneiras para separação do carvão 6,35 mm.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira etapa de execução foi a caracterização de água produzida recebida do polo petroquímico de Guamaré/RN, da Petrobras, como mostra a Tabela 1:

Tabela 1: Água de produção bruta.

Água produzida (10mL)	Ph	Densidade (g/mL)	Turbidez (NTU)
1° Amostra	6,73	1,001281	121
2° Amostra	6,72	0,999965	157
3° Amostra	7,17	1,000052	221
4° Amostra	6,98	1,000047	235

Após a caracterização da água produzida, realizou-se a extração líquido-líquido utilizando os extratantes hexano (Tabela 2 e Tabela 3) e querosene (Tabela 4 e Tabela 5).

Tabela 2: Água de produção tratada com

Água produzida (90mL)	Ph	Densidade (g/mL)
1° Amostra	7,58	1,000542
2° Amostra	7,71	1,000411

30mL de hexano.

Tabela 3: Água de produção tratada com

Água produzida (90mL)	Turbidez (NTU)	Diminuição da Turbidez (%)
1° Amostra	26,8	77,8
2° Amostra	33,9	78,4

30mL de hexano.

Tabela 4: Água de produção tratada com 30mL de querosene.

Água produzida (90mL)	Ph	Densidade (g/mL)
3° Amostra	7,32	1,000032
4° Amostra	7,15	1,000216

Tabela 5: Água de produção tratada com 30mL de querosene.

Água produzida (90mL)	Turbidez (NTU)	Diminuição da Turbidez (%)
3° Amostra	66,5	69,9
4° Amostra	66,2	71,8

Após os extratantes líquidos, a água bruta foi tratada por adsorção com o carvão ativado pulverizado casca de coco, carvão de granulometria média casca de coco e carvão vegetal de maior granulometria. As massas de cada carvão foram variadas para melhor observância do comportamento da extração. As tabelas 6, 7 e 8 mostram os resultados obtidos.

Tabela 6: Turbidez da água produzida bruta (de entrada) para o extratante carvão ativado – TESTE SONDAGEM.

Carvão Ativado	Pulverizado (NTU)	Granulado médio (NTU)	Granulado grande (NTU)
30 g	405	542	99,8
60 g	165	208	302,0
90 g	155	109	122,0

Tabela 7: Turbidez da água produzida tratada (de saída) com os diferentes carvões extratantes.

Carvão Ativado	Pulverizado (NTU)	Granulado médio (NTU)	Granulado grande (NTU)
30 g	4,58	97,4	9,10
60 g	2,20	126,0	34,4
90 g	1,15	88,8	7,00

Tabela 8: Porcentagem de diminuição de turbidez para o extratante carvão ativado.

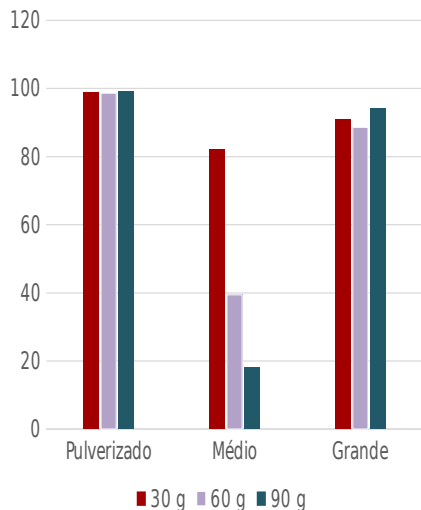


## II CONEPETRO

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

Carvão Ativado	Pulverizado (%)	Granulado médio (%)	Granulado grande (%)
30 g	98,8	82,0	90,8
60 g	98,6	39,4	88,6
90 g	99,2	18,0	94,2

Gráfico 1: Porcentagens de diminuição da turbidez dos carvões ativados variadas



O gráfico 1 esclarece os resultados esperados experimentalmente. Pôde-se observar que o carvão pulverizado foi o que mais extraiu o óleo, seguido do carvão de granulometria grande (6,35 mm) e, por último, o carvão médio (1,18 mm). Verificou-se ainda que a massa 30g demonstrou melhor performance, em relação às demais massas (em todas as granulometrias), mostrando que há saturação na adsorção.

Feitos os experimentos para levantar o método mais eficiente de remoção de petróleo, constatou-se que o método mais eficaz de extração, em relação ao líquido-líquido, foi o carvão ativado. Devido isso, as variáveis modificadas e estudadas foram a

massa do carvão e a influência do tamanho da granulometria na redução de contaminante.

Os resultados adquiridos comprovaram o que a teoria afirma: a taxa de adsorção depende, não somente da porosidade do carvão, mas também da superfície de contato. Assim o carvão casca de coco pulverizado apresentou as melhores porcentagens de remoção (98,8 e 99,2 %). Isso é justificado pela área superficial maior [BORBA, 2006], em relação aos demais extratantes.

#### 4. CONCLUSÕES

Com o presente trabalho, foram realizadas as técnicas de extração líquido-líquido e adsorção de óleo nas águas produzidas de poços de petróleo. A partir dos resultados alcançados no range de estudo, pôde-se observar que a adsorção, a partir de carvão ativado, foi mais eficiente na remoção de contaminantes da água produzida bruta quando contaminada por óleo, em relação ao primeiro processo.

Verificou-se que caracterizada a água bruta esta apresentou pH quase constante e turbidezes maiores para as terceira e quarta amostras.

A água tratada com hexano, na faixa estudada, apresentou uma porcentagem de diminuição da turbidez, em NTU, de aproximadamente 78%. A água tratada com

querosene demonstrou uma diminuição de turbidez de 72%; dessa forma, concluiu-se que para a faixa estudada, em relação à extração líquido-líquido, o hexano foi um extratante mais eficiente.

Comprovou-se o poder do carvão ativado quanto à sua capacidade de extração, sendo o pulverizado o melhor adsorvente, em todos os testes, com uma eficiência de diminuição de turbidez de aproximadamente 99%..

## 5. AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, somos gratos a Deus pela oportunidade de estar realizando este trabalho. Sem Ele, nada poderíamos ter feito.

Registramos nossa gratidão à nossa orientadora e professora doutora Ana Karla Costa de Oliveira, que com paciência, dedicação e um humor inabalável nos sustentou durante todo esse percurso de aprendizado e pesquisa.

Ao IFRN, registramos gratidão pelo uso do laboratório, materiais e local.

Ao corpo docente da DIACIN que esteve sempre disposto a ajudar-nos em qualquer circunstância.

Aos nossos pais e familiares. Sem o apoio de cada um, essa caminhada seria, sem sombra de dúvidas, impraticável.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte desse projeto, registramos o nosso muito obrigado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMINI, S.; MOWLA, D.; GOLKAR, M.; ESMAEILZADEH, F. *Mathematical modelling of a hydrocyclone for the down-hole oil-water separation (DOWS)*. Chemical Engineering Research and Design, v. 90, p. 2186-2195, 2012.

BORBA, Carlos Eduardo. *Modelagem da remoção e metais pesados em coluna de adsorção de leito fixo*. 2006, p. 10-13. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas-SP.

MEDEIROS, G.S *Aperfeiçoamento no projeto de um protótipo de misturador-decantador à inversão de fases visando aplicação na indústria do petróleo*. PPGEQ-UFRN, Maio 2008, Natal-RN.

SILVA, C. R.R. Curso de Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria. *Água Produzida na Extração de Petróleo*. Universidade Federal da Bahia-julho de 2000.





**II CONEPETRO**

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

Título: Hexano BR. Disponível em  
<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/f8c95d0043a7b30497129fecc2d0136c/ft-quim-sol-alif-hexanobr.pdf?MOD=AJPERES> . Data de acesso: 13/06/2016.

Título: Querosene Iluminante. Disponível em  
<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/29fcb0043a7ac81884d8fecc2d0136c/ft-quim-querosene-iluminante.pdf?MOD=AJPERES> . Data de acesso: 13/06/2016.

Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 9 p. Disponível em:  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>

Data de Acesso: 14/07/2016

