

## MÉTODOS PARA TRATAMENTO DE CASCALHOS DA PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO: UMA REVISÃO

Suelem Sá Dela Fonte\* ; Jôsy Suyane de Brito Souza; George Simonelli; Luiz Carlos Lobato dos Santos

*Universidade Federal da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, \*suelemdf@gmail.com*

**Resumo:** Na perfuração de poços de petróleo são produzidos grandes volumes de cascalhos contaminados que necessitam de tratamento para descarte no meio ambiente ou reutilização. A contaminação do cascalho ocorre devido ao tipo de fluido de perfuração utilizado. Para que os cascalhos sejam descartados ou reutilizados, a legislação ambiental exige tratamentos cuja finalidade é minimizar os contaminantes nocivos. Assim sendo, este trabalho visa investigar as principais alternativas tecnológicas utilizadas para remediação dos cascalhos contaminados. Para tanto, foram analisados três métodos de tratamento de cascalhos: micro-ondas, tratamento térmico e tratamento químico. Todos os tratamentos estudados mostraram-se eficientes na remoção de hidrocarbonetos dos cascalhos. A escolha do método deve ser feita levando-se em consideração as vantagens e limitações que cada um deles apresenta.

**Palavras-chave:** Cascalho, perfuração, tratamento.

### 1. INTRODUÇÃO

Os cascalhos são os resíduos mais relevantes da perfuração, devido ao volume produzido e os contaminantes. O principal fator determinante para contaminação dos cascalhos é o tipo do fluido de perfuração utilizado. Existem três tipos de fluidos de perfuração que podem ser utilizados: fluidos a base água, fluido a base óleo e fluido a base ar. O fluido mais utilizado e que tem maior teor de contaminantes é o fluido a base óleo. Dessa forma, ao utilizar um fluido a base óleo, os cascalhos são contaminados com n-parafina, cloretos, metais pesados, entre outros (PEREIRA et al.,2014; MENESES E PAULA, 2015).

Os cascalhos contaminados que são produzidos durante a perfuração passam primeiramente pelo processo de separação sólido-líquido. A separação do material sólido do líquido é realizada através de equipamentos como hidrociclones e peneiras vibratórias. Esse processo é responsável pela recuperação de uma parte significativa do fluido de perfuração (material líquido). No entanto, esse processo não elimina totalmente os teores residuais de hidrocarbonetos presentes nos cascalhos, sendo necessário a implementação de novos métodos de tratamento para adequação às normas ambientais. O IBAMA determina que para poços *offshore*, se o cascalho possuir um teor de hidrocarbonetos maior que 6,9% em massa, o descarte não deve ser realizado em águas marinhas. Em relação a poços *onshore*, ainda não há legislação vigente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018).

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

**www.conepetro.com.br**

O descarte inadequado do cascalho contaminado pode desencadear diversos impactos ambientais como, por exemplo, a contaminação de lençóis freáticos e dos solos. Nesse contexto, é necessário a realização do tratamento adequado para descontaminação de modo que os cascalhos possam ser reutilizados ou descartados adequadamente. Pesquisadores como Cavalcante et al. (2011), Valença et al. (2015) e Meneses e Paula (2015) apontam que os cascalhos descontaminados podem ser empregados para a pavimentação, materiais cerâmicos e concretos. Desse modo, a descontaminação dos cascalhos proporciona a redução de impactos ambientais e, ainda, uma alternativa rentável para estes resíduos de perfuração. A remediação dos contaminantes dos cascalhos pode ser realizada por diversos métodos. Assim, o presente estudo teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre as tecnologias e os principais desafios do tratamento de cascalhos contaminados por fluido base óleo.

## **2. MÉTODOS DE TRATAMENTO**

Os métodos de tratamento visam remover os hidrocarbonetos aderidos aos cascalhos, para que os mesmos possam ser reutilizados ou descartados, sem que haja impactos ambientais. Os principais tratamentos utilizados são: micro-ondas, tratamento térmico (dessorção térmica e pirólise) e tratamento químico (tensoativos, microemulsões e nanoemulsões). O tipo de tratamento a ser implementado é decidido pela empresa produtora de resíduos e tem como fatores determinantes o tempo, a eficiência, o espaço necessário e os custos do método (MKPAORO, OKPOKWASILI e JOEL, 2015; SILVA e DANTAS, 2015).

O método de tratamento por micro-ondas baseia-se na reflexão e absorção das ondas eletromagnéticas. O uso deste método apresenta algumas vantagens como a seletividade no aquecimento dos materiais, consumo reduzido de energia e pouco tempo requerido para o processamento. Para aplicação deste método deve-se analisar a profundidade de penetração das ondas eletromagnéticas em relação ao tamanho dos cascalhos. Assim, em cascalhos pequenos pode ocorrer um superaquecimento e nos cascalhos grandes a temperatura da superfície pode ser maior que a temperatura do interior do material (BARROZO et al., 2013; ROBINSON et al., 2009).

O tratamento térmico de cascalhos consiste na remoção dos fluidos através de altas temperaturas. Os principais métodos térmicos utilizados atualmente são a dessorção térmica e pirólise. O processo de dessorção térmica visa realizar a separação e recuperação dos componentes: água, óleo e material sólido. O processo ocorre através do aumento da temperatura dos

cascalhos até que haja uma mudança no estado físico dos componentes voláteis. Os gases são resfriados até que se obtenha a fase líquida, que é constituída por água e óleo. A fase líquida é recuperada, enquanto que o material sólido é descartado ou reutilizado (OKEKE e OBI, 2013; ONWUKWE, 2014). Segundo Mkpaoro, Okpokwasili e Joel (2015), o material sólido que passa pela dessorção térmica é totalmente isento de hidrocarbonetos. Já o método da pirólise profunda a altas temperaturas consiste num tratamento de limpeza dos hidrocarbonetos dos cascalhos e é indicado para cascalhos sulfonados de formações profundas (LONG et al., 2018). Nesse método, há também um sistema de tratamento para os gases residuais não tóxicos gerados e um sistema de isolamento cuja finalidade é evitar a produção dos gases tóxicos.

O tratamento químico consiste em reduzir ou eliminar os resíduos contaminantes dos cascalhos utilizando-se substâncias químicas (tensoativos, microemulsões ou nanoemulsões). Os sistemas microemulsionados são constituídos por uma mistura de três ou quatro componentes: óleo, água, um tensoativo e, às vezes, um cotensoativo. As emulsões e microemulsões diferem quanto à cor, a estabilidade e o tamanho das partículas. As microemulsões são misturas transparentes, termodinamicamente estáveis e, dependendo dos parâmetros operacionais, o tamanho das partículas varia entre 5 a 100 nm. As nanoemulsões também são termodinamicamente estáveis e possui baixa tensão interfacial óleo/água, o que implica numa eficiente remoção de óleos leves e pesados das superfícies dos sólidos (NAJJAR, 2012; BREGE et al., 2012). Devido à versatilidade da sua aplicação, as microemulsões mostram-se como uma alternativa promissora em diversas atividades petrolíferas, como na recuperação avançada de petróleo e na perfuração (tratamento de cascalhos).

A Tabela 1 apresenta uma síntese dos principais métodos de tratamento de cascalhos e suas respectivas eficiências.

Tabela 1: Tecnologias utilizadas no tratamento dos cascalhos

Referência	Método	Condições experimentais	Eficiência (Teor de óleo residual)
Robinson et al. (2010)	Micro-ondas	Teores iniciais de óleo: 9,5 a 10,5% em peso; Energia específica: 160 a 226 kWh/ton Vazão de alimentação: 150kg/h	inferior a 1%

Hou et al. (2012)	Mistura de compostos químicos	Teor de óleo inicial: 65000 mg/L; 20000 mg/L de agente desengraxante; Centrifugação: 1000 rpm; Tempo de centrifugação: 5 min.; Temperatura: 25 °C.	1,4% (910 mg/L)
Pereira et al. (2013)	Micro-ondas	Teor inicial de n-parafina: 9,80%; 6 kg de cascalhos; Energia específica: 0,78 kWh/kg; Potência: 3 kW; Temperatura: 120 °C;	1%
Okeke e Obi (2013)	Dessorção térmica	Teor inicial de óleo: 27% em peso; Vazão de alimentação: 20 a 40 m <sup>3</sup> /h; Temperatura: 232 a 274 °C.	1,35%
Onwukwe (2014)	Dessorção térmica	Teor de óleo inicial: 21,8%; Tempo: 45 min.; Temperatura: 426,67 °C (800 °F).	0,33%
Carneiro, Petri e Ataíde (2015)	Micro-ondas	Teor inicial de contaminantes: 24,4% de fluido (12,6% de n-parafina); Energia específica: 0,26 kWh/kg; Temperatura: 290 °C.	4,99%
Huang, Jiang e Deng (2015)	Microemulsão	Cascalhos e microemulsão na proporção de 1:1; Velocidade de agitação: 500 rpm; Tempo de agitação: 10 min.; Temperatura: 25 °C.	1%
Silva e Dantas (2015)	Microemulsão	Massa de parafina (g)/Massa de cascalho (kg): 43,40 g; Proporção em massa de cascalho e microemulsão: 1:1; Tempo de contato sem agitação: 30 min.; Tempo de contato com agitação de 300 rpm: 30 minutos.	0,551% (com agitação) 2,059% (sem agitação)
Petri et al. (2016)	Micro-ondas	Teor dos hidrocarbonetos: 7,5% em peso; Energia específica: 0,22 kWh/kg; Vazão de alimentação: 250 e 500 kg/h; Temperaturas: 200 a 240 °C.	0,1 a 4,5%
Ye et al. (2017)	Nanoemulsão	Massa de cascalho: 20 g; Concentração de hidrocarbonetos de duas amostras: 25,80 a 34,96% (em massa); Concentração da nanoemulsão: 0,5%; Tempo de agitação: 30 min.; Agitação: 100 rpm; Temperatura: 40 °C;	4,3%
Long et al. (2018)	Pirólise	Teor inicial de óleo: 0,454%; Temperatura: 500 °C.	0,01%

Através da Tabela 1, verificou-se que os tratamentos estudados mostraram-se eficientes na remoção de hidrocarbonetos dos cascalhos. Todos os valores de teor de óleo residual foram menores que 6,9% em massa, conforme limite do IBAMA para águas marinhas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018). O menor valor de teor residual de contaminantes foi encontrado na utilização da pirólise (tratamento térmico). Long et al. (2018) verificaram a alta eficiência no tratamento de cascalhos sulfonados por meio da pirólise. Nesse estudo, o teor residual de hidrocarbonetos foi de 0,01% e os gases não-tóxicos produzidos foram liberados na atmosfera. Dessa forma, observou-se que além deste método ser altamente eficiente no tratamento dos cascalhos. Ainda nesse contexto, as pesquisas de Okeke

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

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

e Obi (2013) e Onwuke (2014) também se destacaram pelos bons resultados de teores residuais de óleo. Nestes estudos foram analisados a eficiência do tratamento de cascalhos contaminados por fluido base óleo através da dessorção térmica. Os autores conseguiram recuperar o óleo parcialmente para que o mesmo pudesse ser reaplicado no fluido de perfuração. Ambas as pesquisas mostraram que houve uma redução significativa no teor de óleo dos cascalhos. No trabalho de Okeke e Obi (2013) o teor residual de óleo foi de 1,35% e, na pesquisa de Onwuke (2014), o teor residual de óleo foi de 0,33%. As temperaturas de operação foram de 232 a 274 °C e 426,6 °C, respectivamente.

Utilizando micro-ondas, Robinson et al. (2010) e Pereira et al. (2013) conseguiram obter teores residuais de 1% de hidrocarbonetos. Enquanto que Carneiro, Petri e Ataíde (2015) obtiveram 4,99% de teor residual. Por outro lado, Petri et al. (2016) encontraram uma faixa de 0,1 a 4,4% de hidrocarbonetos residuais.

Observou-se ainda, que os tratamentos de cascalhos por meio de compostos químicos foram capazes de reduzir significativamente os teores iniciais de hidrocarbonetos. Nesse contexto, pesquisadores como Huang, Jiang e Deng (2015), Silva e Dantas (2015) e Ye et al. (2017) desenvolveram sistemas microemulsionados capazes de remover os hidrocarbonetos dos cascalhos. Para suas análises experimentais, todos os autores implementaram a agitação no sistema (compostos químicos – cascalhos). Os estudos de Huang, Jiang e Deng (2015) e de Ye et al. (2017) apresentaram bons resultados de teores residuais de óleo, os quais foram de 1% e de 4,3%, respectivamente. Silva e Dantas (2015) realizaram análises experimentais com agitação (300 rpm) e sem agitação. A pesquisa mostrou que com agitação foi obtido um teor residual de 0,551% e sem agitação o valor foi de 2,059%.

### **3. CONCLUSÃO**

O presente trabalho objetivou realizar um levantamento bibliográfico das principais soluções tecnológicas empregadas para descontaminação de cascalhos da perfuração de poços de petróleo. Sabe-se que existem diferentes métodos que podem realizar a limpeza dos cascalhos, entretanto, cada método tem suas limitações, como por exemplo, custos, espaço ocupado e o tamanho dos cascalhos. A seleção do melhor método a ser aplicado deve atender os padrões da legislação ambiental, segurança e custo. A busca por melhorias nos métodos ou o desenvolvimento de novas alternativas tem sido cada vez mais objeto de estudo de pesquisadores ao redor do mundo.

Todos os métodos estudados mostraram-se eficientes na remoção de hidrocarbonetos dos cascalhos. Através das pesquisas realizadas, verificou-se que o menor valor de teor residual de óleo (0,01%) foi encontrado no tratamento de cascalhos por pirólise. Os sistemas microemulsionados também apresentaram bons resultados de eficiência de remoção dos contaminantes. O menor teor residual de óleo encontrado por meio deste método foi de 0,55% (com agitação). Já no tratamento por micro-ondas, os teores residuais de hidrocarbonetos variaram de 0,1 a 4,5% em massa.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia- FAPESB pelo suporte financeiro.

## **REFERÊNCIAS**

BARROZO, M.A.; PEREIRA, M.; ATAÍDE, C.H.; NAUFEL, R.; MARQUES DE SÁ, C.; MARTINS, A.L.; PANISSET, C. Microwave Drying of Drilled Cuttings. In: **OTC Brasil**. Offshore Technology Conference, 2013.

BREGE, J. J.; EL SHERBENY, W.I.A.; QUINTERO, L.; JONES, T.A. Using Microemulsion Technology to Remove Oil-based Mud in Wellbore Displacement and Remediation Applications. In: **North Africa Technical Conference and Exhibition**. Society of Petroleum Engineers, 2012.

CARNEIRO, N.; PETRI, I. J.; ATAÍDE, C. H. Mapeamento da secagem micro-ondas em cascalhos contaminados com fluido de perfuração. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 3, p. 135-140, 2015.

CAVALCANTE, E.; MOTTA, L.M.; UBALDO, M.O.; NASCIMENTO, L.A.H.; VEIGA, I.L.; COSTA, J.H. Construção de trecho monitorado com utilização do resíduo cascalho de perfuração. **XVI Congresso Ibero-Latinoamericano do Asfalto**. 20 a 25 de novembro de 2011. Rio de Janeiro.

HOU, B.; LIANG C.; DENG, H.; XIE, S.; CHEN, M.; WANG R. Oil removing technology of residues from waste oil-based drilling fluid treated by solid-liquid separation. **Journal of Residuals Science & Technology**, v. 9, n. 4, 2012.

HUANG, X.; JIANG, G.; DENG, Z. Oil Extraction from Oil-Contaminated Drill Cuttings Using a Recyclable Single-Phase O/W Microemulsion. **Tenside Surfactants Detergents**, v. 52, n. 6, p. 454-463, 2015.

LONG, L.; DA Y.; FENGBAO, L.; ZIHANG, Y.;  
CHA, M.; XIAO, L. Application of Innovative High

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

**www.conepetro.com.br**

Temperature Deep Pyrolysis Technology to Treat Drilling Cuttings Harmlessly in Tarim Basim. In: **SPE/IADC Middle East Drilling Technology Conference and Exhibition**. Society of Petroleum Engineers, 2018.

MENESES, C. G.; PAULA, G.A. Avaliação do resíduo de cascalho de perfuração de poços de petróleo da bacia potiguar e alternativas para sua destinação e reaproveitamento. **RUNPetro-ISSN 2316-6681**, v. 3, n. 1, p. 29-38, 2015

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Instrução normativa nº1, de 2 de janeiro de 2018. **Diário Oficial da União (DOU)**. Publicado no DOU de 2 de janeiro de 2018. Disponível em :< <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/173262292/dou-secao-1-05-01-2018-pg-43>> Acesso em 02 de maio de 2018

MKPAORO, M. I. F.; OKPOKWASILI, G. C.; JOEL, O.F. A Review of Drill-Cuttings Treatment and Disposal Methods in Nigeria-The Gaps and Way Forward. In: **SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition**. Society of Petroleum Engineers, 2015

NAJJAR, R. **Microemulsions-a brief introduction**. INTECH Open Access Publisher, 2012.

OKEKE, P. N.; OBI, C. Treatment of Oil Drill Cuttings Using Thermal Desorption Technique. **ARPN Journal of Systems and Software**, v. 3, n. 7. 2013.

ONWUKWE, S. I. Adaptation of Thermal Desorption in the Treatment of Oil Based Drill Cuttings. **International Journal of Engineering and Technical Research**, v. 2, n. 12, p. 78-80, 2014.

PEREIRA, M. S.; ATAIDE, C.; NAUFEL, R.; PANISSET, C.M.A.; SA, C.H.M.; MARTINS, A.L. Microwave Heating: A Feasible Alternative for Drilled Cuttings Drying in Offshore Environments. In: **SPE/IADC Drilling Conference**. Society of Petroleum Engineers, 2013.

PEREIRA, M. S.; PANISSET, C.M.A.; MARTINS, A.L.; SÁ, C.H.M.; BARROZO, M.A.S.; ATAIDE, C. H. Microwave treatment of drilled cuttings contaminated by synthetic drilling fluid. **Separation and Purification Technology**, v. 124, p. 68-73, 2014.

PETRI, I.J.; ROSSI, A; ATAIDE, C.H.; DUARTE, C.R. Descontaminação de cascalhos de perfuração utilizando um secador micro-ondas semi-industrial em regime contínuo. **XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. Fortaleza/CE. 2016.

ROBINSON J.; KINGMAN, S.; SNAPE, C.E.; ANTONIO, C.; PEREIRA, I. PAGE. P.W.; THOMAS, D.J.M. Microwave treatment of oil contaminated drill cuttings-towards a commercial scale system. In: **SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production**. Society of Petroleum Engineers, 2010.

ROBINSON, J.; KINGMAN, S.; SNAPE, C.; BRADLEY, M.; BRADSHAW, S.; THOMAS, D.; PAGE, P. Microwave treatment of oil-contaminated drill cuttings at pilot scale. **SPE Drilling & Completion**, v. 24, n. 03, p. 430-435, 2009.

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

**www.conepetro.com.br**

SILVA, D. N.; DANTAS, T.N.C. Tratamento De Cascalho De Perfuração Utilizando Sistemas Microemulsionados. **8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 8º PDPETRO**. 2015.

VALENÇA, P.H.A.; CARVALHO, C.N.; DANTAS, T.N.C; MELO, K.R.O. Extração de cloretos em cascalho de petróleo utilizando microemulsões. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 7823-7830, 2015.

YE, Y.; LI, J.; ZHANG, Q.; FENG, J.; ZHU, J.; YIN, D. Nanoemulsion for oil-contaminated oil-based drill cuttings removal in lab. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, n. 29, p. 18734-18740, 2017.