

12º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA EM SOLOS CONTAMINADOS POR FLUIDO DE PERFURAÇÃO DE PETRÓLEO FORMULADO COM BIOATIVO DA CONCHA DE MOLUSCO

AUTORES:

Jenifer Laís Herculano da Silva¹, Flaviano de Oliveira Cavalcanti Filho¹, Júlio César de Oliveira Freitas², Ana Flávia Santos Coelho¹, Fabiola Dias da Silva Curbelo¹.

INSTITUIÇÃO:

¹Departamento de Engenharia Química, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, ²Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte*e-mail do autor correspondente: jenifer.silva@academico.ufpb.br, fabioladias@yahoo.com

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA EM SOLOS CONTAMINADOS POR FLUIDO DE PERFURAÇÃO DE PETRÓLEO FORMULADO COM BIOATIVO DA CONCHA DE MOLUSCO

Resumo

Este estudo teve como propósito conduzir a análise microbiológica de solos contaminados por fluidos de perfuração, visando mitigar potenciais impactos negativos nos ecossistemas próximos. A abordagem inovadora de análise microbiológica em solos contaminados por fluidos de perfuração busca reduzir os impactos ambientais da indústria de petróleo e gás. Amostras de solo foram coletadas, conforme a norma ABNT NBR 10007:2004. O bioativo da concha de molusco, chamado de pó da concha de molusco (PCM), é uma fonte rica em carbonato de cálcio, amplamente utilizado como aditivo em fluidos de perfuração, para atuar como agente obturante. Esse material exemplifica a economia circular, transformando resíduos do consumo de moluscos em um recurso valioso para a indústria. A introdução do PCM em fluidos de perfuração não apenas aproveita materiais descartados, mas também está alinhada com práticas ambientais mais sustentáveis. A regulamentação ambiental é crucial na utilização de fluidos de perfuração. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) estabeleceu diretrizes rigorosas para o uso e descarte de fluidos, cascalho e pastas de cimento nas atividades de perfuração. Diante dessas diretrizes, este trabalho propôs a coleta de amostras de solo do tipo estuário, caracterizado pela mistura de água do mar e água doce, criando uma interface entre ambientes de perfuração *offshore* e *onshore*. Essa escolha é estratégica para avaliar o comportamento dos fluidos de perfuração em condições variáveis, de acordo com a microbiota presente no ecossistema através da análise microbiológica de contagem de microrganismos aeróbios mesófilos. Os fluidos formulados incluíram PCM, como redutor de filtrado, e óleo de coco saponificado (OCS) como tensoativo, visando criar uma alternativa ecologicamente viável aos fluidos convencionais. A utilização de OCS promoveu uma excelente estabilidade da emulsão, enquanto o PCM contribuiu para reduzir o volume de filtrado do fluido de perfuração, assim como a formação de um reboco fino. Esta combinação mostrou-se promissora, pela redução dos impactos ambientais com resultado de solo, com um crescimento incontável, antes e depois da contaminação do fluido, não causando, assim, a inativação dos microrganismos presentes no solo, cumprindo as normativas estabelecidas pelo IBAMA. Em conclusão, a formulação de fluidos de perfuração utilizando bioativos (PCM) e OCS apresenta-se como uma solução inovadora e ambientalmente sustentável. Este estudo reforça a importância da pesquisa e desenvolvimento de alternativas verdes na indústria de petróleo e gás, destacando a necessidade de conformidade com regulamentações ambientais e práticas de economia circular.

Palavras-chave: Análises microbiológicas, fluidos de perfuração, impactos ambientais, pó de concha de molusco, tensoativo

Abstract

The study aimed to conduct microbiological analysis of soils contaminated by drilling fluids, to mitigate potential negative impacts on nearby ecosystems. The innovative approach to microbiological analysis in soils contaminated by drilling fluids seeks to reduce the environmental impacts of the oil and gas industry. Soil samples were collected according to the ABNT NBR 10007:2004 standard. The bioactive

from mollusk shells, called mollusk shell powder (MSP), is a rich source of calcium carbonate, widely used as an additive in drilling fluids to act as a bridging agent. This material exemplifies the circular economy, transforming waste from mollusk consumption into a valuable resource for the industry. The introduction of MSP into drilling fluids not only utilizes discarded materials but also aligns with more sustainable environmental practices. Environmental regulation is crucial in the use of drilling fluids. The Brazilian Institute of the Environment and Renewable Natural Resources (IBAMA) defines rigorous guidelines for the use and disposal of fluids, gravel, and cement pastes in offshore drilling activities. This regulation establishes the Fluid and Gravel Monitoring Project, regulating the environmental conditions of use and disposal, especially for water-based drilling fluids and supplements, the focus of this study. In light of these guidelines, this work proposed the collection of estuarine soil samples, characterized by the mixture of seawater and freshwater, creating an interface between offshore and onshore drilling environments. This choice is strategic for evaluating the behavior of drilling fluids under variable and generalized conditions according to the microbiota present in the ecosystem through microbiological analysis of mesophilic aerobic microorganism counts. The formulated fluids included MSP as a filter reducer and saponified coconut oil (SCO) as a surfactant, aiming to create an ecologically viable alternative to conventional fluids. The use of SCO promoted excellent emulsion stability, while MSP contributed to reducing the filtrate volume of the drilling fluid, as well as the formation of a thin cake. This combination proved promising reducing environmental impacts, with soil results before and after the contamination showing countless, not causing the inactivation of microorganisms present in the soil, complying with the regulations established by IBAMA. In conclusion, the formulation of drilling fluids using MSP and SCO presents itself as an innovative and environmentally sustainable solution. This study reinforces the importance of research and development of green alternatives in the oil and gas industry, highlighting the need for compliance with environmental regulations and circular economy practices.

Keywords: Microbiological analyses, drilling fluids, environmental impacts, powdered mollusk shell, surfactant.

Introdução

O papel essencial do fluido de perfuração de petróleo abrange desde o transporte da unidade de perfuração até o poço, passando pela coluna de perfuração até a separação dos sólidos na peneira vibratória. Amplamente utilizados na exploração de poços de petróleo e gás, esses fluidos devem ter características físico-químicas compatíveis com as formações geológicas para evitar custos adicionais e baixa produtividade (Reed, 1989; Bennion et al., 1994; Zhou et al., 1996; Tare et al., 1999; Knox e Jiang, 2005; Guimarães, 2007; Qiansheng et al., 2010; Khodja et al., 2010; Denney, 2011; Qiu et al., 2011; Qutob e Byrne, 2015; Elkatatny et al., 2019; Zhao et al., 2019; Silva, 2021).

Os sistemas microemulsionados, compostos por óleo, água e tensoativo, apresentam propriedades antimicrobianas autoconservantes, devido aos tensoativos, como observado por Kaur & Mehta (2017). Em fluidos de perfuração formulados com base nessa microemulsão, seja água em óleo (A/O) ou óleo em água (O/A), a água fica praticamente inacessível aos microrganismos, contribuindo para sua ação antimicrobiana. Essa ação pode ser justificada pelo impacto na estrutura e função da membrana citoplasmática microbiana, como descrito por Jones et al. (1997) e Bortoletto et al. (1998),

devido à estrutura das microemulsões que é considerada prejudicial à célula microbiana (Kaur & Mehta, 2017).

De acordo com as diretrizes estabelecidas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a investigação confirmatória de passivo ambiental em solo e água subterrânea é regulamentada pela norma NBR 15515-2. Esta norma fornece orientações específicas para essa etapa do processo, e informa que a presença de substâncias químicas no ar, água ou solo, resultantes de atividades humanas, em concentrações que limitam a utilização desse recurso ambiental para os usos atuais ou pretendidos, é definida com base na avaliação de risco para a saúde humana e para os bens a serem protegidos, em um cenário de exposição padronizado ou específico.

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) estabeleceu a Instrução Normativa nº 16, em 25 de junho de 2018, complementando a Instrução Normativa nº 1, de 2 de janeiro de 2018, que define diretrizes rigorosas para o uso e descarte de fluidos, cascalho e pastas de cimento nas atividades de perfuração marítima. Essa normativa estabelece o Projeto de Monitoramento de Fluidos e Cascalho, regulamentando as condições ambientais de uso e descarte, especialmente para fluidos de perfuração e complementares de base aquosa, foco deste estudo.

O objetivo deste trabalho foi conduzir análises microbiológicas de solos contaminados por fluidos de perfuração, visando mitigar potenciais impactos negativos nos ecossistemas próximos advindos de perfurações profundas para extração de petróleo.

Metodologia

Coleta de amostras de solo

A coleta de amostras de solo foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 10007:2004, que estabelece os critérios necessários para a amostragem de resíduos sólidos. Os passos para a coleta incluíram a escolha do ponto de coleta e a divisão da área em glebas, Figura 1, que são áreas de terra homogêneas com dimensões de 10 hectares. Em cada gleba, foram coletadas 2 amostras simples por metro quadrado totalizando 8 amostras com 200 g cada, o equipamento usado para a coleta foi o trado holandês que possui um bom desempenho em qualquer tipo de solo. A partir dessas amostras, foi obtida uma amostra composta que representa toda a área de coleta. O local de coleta do solo foi no Mangue na Av. Oceano Atlântico – Intermarés, Cabedelo - PB, 58102-252.



Figura 1. Ponto de coleta de solo

Análise Microbiológica

Para o preparo da amostra de solo, foram adicionados 2 mL de fluido de perfuração em 10 g de solo (Figura 2). A inoculação das amostras de solo contaminado com fluido de perfuração foi realizada através da técnica de diluição em placas, utilizando meio ágar padrão de contagem (PCA), que possui um limite de detecção de 10 UFC/mL para produtos líquidos (Silva et al., 2018). Para isso, 1 g da amostra foi adicionado a 9 mL de água peptonada a 0,1% e agitado. Diferentes diluições aquosas de 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} foram preparadas, e 0,1 mL da suspensão resultante foi inoculada e espalhada na superfície de placas contendo PCA. Posteriormente, as placas foram incubadas invertidas à 35°C, por 48 h.



Figura 1. Contaminação de solo com fluido de perfuração

A contagem bacteriana foi feita nas placas de Petri, a determinação da contagem em UFC/g ou mL foi feita multiplicando o número de colônias pelo fator de diluição. Para corrigir o valor para g ou mL, o resultado foi multiplicado por 10. Caso não houvesse crescimento microbiano, o número de colônias na diluição 10^{-1} foi considerado como 1, e o resultado foi expresso como < 10 UFC/g ou mL estimado (Silva et al., 2018).

Resultados e Discussão

Análise Microbiológica

Os fluidos à base de tensoativo, com propriedades antibacterianas, foram utilizados para contaminar o solo para uma análise microbiológica abrangente, incluindo contagem total de bactérias aeróbias mesófilas no solo contaminado com fluido e solo do mangue como grupo controle. Os resultados estão na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da contagem de bactérias aeróbicas.

Amostras	Contagem de bactérias aeróbicas totais (1 UFC/mL)
Solo (controle)	2 INC
F1 contaminado com solo	2 INC
F2 contaminado com solo	2 INC

1 UFC: unidade formadora de colônias
 2 INC: incontável

A concentração de óleo de coco saponificado nos fluidos não teve efeitos prejudiciais sobre os microrganismos, como indicado pelo crescimento microbiológico em todas as placas de diluição (Figura 3). Essa análise microbiológica garantiu um desempenho satisfatório, em linha com o objetivo de evitar impactos tóxicos nos ecossistemas.



Figura 2. Análise microbiológica do solo contaminado com fluido.

Conclusões

Em suma, a abordagem da análise microbiológica de solos contaminados por fluidos de perfuração, focou na mitigação de impactos ambientais negativos associados à indústria petrolífera. Onde, utilizando uma abordagem de economia circular, os bioativos derivados de conchas de molusco (PCM) e óleo de coco saponificado (OCS) foram incorporados nos fluidos de perfuração, demonstrando um potencial significativo como alternativas ecologicamente viáveis aos fluidos convencionais.

Os resultados indicaram que a combinação de PCM e OCS não apenas manteve a estabilidade da emulsão e reduziu o volume de filtrado dos fluidos de perfuração, mas também não afetou negativamente a microbiota presente nos solos analisados, podendo assim concluir que contagem de microrganismos aeróbios mesófilos nas amostras de solo contaminadas foi comparável às do solo controle, cumprindo a normativa estabelecida pelo IBAMA.

Essas análises comparativas reforçam a viabilidade técnica e ambiental do uso de PCM e OCS em fluidos de perfuração, promovendo práticas mais sustentáveis na exploração de petróleo e gás.

Portanto, a pesquisa destaca a importância de continuar desenvolvendo e implementando soluções verdes na indústria, onde a adoção de tais alternativas pode contribuir significativamente para a redução dos impactos ambientais, alinhando-se às diretrizes de regulamentação ambiental e avançando na direção de uma indústria mais sustentável.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao LAMI, LAPET/UFPB, pela infraestrutura disponível para o desenvolvimento da pesquisa, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Cnpq), Chamada CNPq/SEMPI/MCTI nº 021/2021 – Programa RHA E – Linha 2 – Start-Ups pela concessão da bolsa de estudos, e pela bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora - DT2/CNPq.

Referências Bibliográficas

ABNT NBR 15515-2 (2011). Passivo Ambiental em Solo e Água Subterrânea: Investigação Confirmatória. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 19pp. Disponível em: <https://supremoambiental.com.br/wp-content/uploads/2019/03/nbr-n-15-515-abnt-2011-passivo-ambiental-investigao-investigao-confirmatoria.pdf>. Acesso em: 26 de maio de 2024.

BENNION, D. B.; THOMAS, E. B.; BENNION, D. W.; BIETZ, R. E. Underbalanced Drilling And Formation Damage – Is It a Total Solution. In: **Annual Technical Meeting**, 1994, Calgary, Alberta. DOI: 10.2118/94-17.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa Nº 08/2018, de 23 de fevereiro de 2018. A entrada em vigor da Instrução Normativa nº 1, de 02 de janeiro de 2018, publicada no Diário Oficial da União de 11 de janeiro de 2018, fica prorrogada para 30 de junho de 2018. Brasília. Instituto Nacional do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, 2018. Disponível em:

<https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=138200>. Acesso em: 26 de maio de 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 1/2018, de 02 de janeiro de 2018. Brasília, Instituto Nacional do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, 2018. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=137998>. Acesso em: 26 de maio de 2024.

DENNEY, D. Improving Compatibility of Drilling Fluid, Completion Fluid, and Other Well Treatment Fluids for Deepwater Wells. **J. Pet. Technol.**, v. 63 (11), p. 65-66, 2011. DOI:10.2118/1111-0065-JPT.

ELKATATNY, S.; JAFARKHANLY, T.; AL-MAJED, A.; MAHMOUD, M. Formation Damage Avoidance by Reducing Invasion with Sodium Silicate-Modified Water-Based Drilling Fluid. **Energies**, v. 12, 1485, 2019. DOI: 10.3390/en12081485.

GUIMARÃES, I. B.; ROSSI, L. F. S. **Estudo dos constituintes dos fluidos de perfuração: proposta de uma formulação otimizada e ambientalmente correta**. 4º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás. Campinas, 2007.

KHODJA, M.; CANSELIER, J.; BERGAYA, F.; FOURAR, K.; KHODJA, M.; COHAUT, N.; BENMOUNAH, A. Shale problems and water-based drilling fluid optimization in the Hassi Messaoud Algerian oil field. **Appl. Clay Sci.**, v. 49, p. 383-393, 2010. DOI: 10.1016/j.clay.2010.06.008.

KNOX, D.; JIANG, P. Drilling Further with Water-Based Fluids – Selecting the Right Lubricant. In: **SPE International Symposium on Oilfield Chemistry**, 2005, The Woodlands, Texas. DOI: 10.2118/92002-MS.

QIANSHENG, Y.; SHUJIE, L.; XINGJIN, X. Drilling fluid technology for horizontal wells to protect the formations in unconsolidated sandstone heavy oil reservoirs. **Pet. Explor. Dev.**, v. 37 (2), p. 232-236, 2010. DOI: 10.1016/S1876-3804(10)60029-8.

QUTOB, H.; BYRNE, M. Formation damage in tight gas reservoirs. In: **SPE European Formation Damage Conference and Exhibition**, 2015, Budapeste, Hungria. DOI: 10.2118/174237-MS

TARE, U. A.; TAKACH, N. E.; MISKA, S. Z.; GROWCOCK, F. B.; DAVIS, N. Investigation of drilling fluids containing blast furnace slag for their potential impact on formation damage—a laboratory study. **ASME. J. Energy Resour. Technol.**, v. 121(3), p. 149–153, 1999. DOI: 10.1115/1.2795974.

ZHAO, X.; QIU, Z.; SUN, B.; LIU, S.; XING, X.; WANG, M. Formation damage mechanisms associated with drilling and completion fluids for deepwater reservoirs. **J. Pet. Sci. Eng.**, v. 173, p. 112-121, 2019. DOI: 10.1016/j.petrol.2018.09.098.

ZHOU, Z.; GUNTER, W. D.; KADATZ, B.; CAMERON, S. Effect of clay swelling on reservoir quality. **J. Can. Pet. Technol.**, v. 35(7), p. 18-23, 1996. DOI: 10.2118/96-07-02.