

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



TÍTULO DO TRABALHO:

ESTUDO DO USO DE FRUTOS AMAZÔNICOS EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO E CONTROLE DE POÇO: SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS.

AUTORES:

Tamires Beatriz Helmer Araújo, Carla Tainá Silva Modesto, Camilo Andrés Guerrero Martin

INSTITUIÇÃO:

1 Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Pará, Campus Salinópolis, CEP 68721-000, Salinópolis, PA

ESTUDO DO USO DE FRUTOS AMAZÔNICOS EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO E CONTROLE DE POÇO: SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS

Resumo

A indústria de petróleo e gás natural é caracterizada por operações complexas e desafiadoras, especialmente no que diz respeito ao controle de poços durante as operações de perfuração. Esse estudo visa analisar casos específicos para compreender os diversos aspectos envolvidos e identificar as melhores práticas que garantem a segurança e eficiência dessas atividades. Operações em águas profundas, por exemplo, apresentam desafios distintos das operações em terra firme, exigindo abordagens e tecnologias específicas de controle de poços. No contexto deste trabalho, realizou-se um estudo voltado a avaliar o potencial de frutas e aditivos derivados amazônicos, como cupuaçu e macaxeira, como aditivos em fluidos de controle de poços. A eficácia desses aditivos na estabilidade e desempenho dos fluidos em operações de perfuração foi investigada, com a preparação de formulações experimentais incorporando os aditivos das frutas. Avaliações laboratoriais da viscosidade, densidade e outras propriedades relevantes dos fluidos foram realizadas para determinar o melhor tipo de fluido para diferentes poços. Os resultados deste estudo indicam que os aditivos naturais da Amazônia podem melhorar significativamente as propriedades dos fluidos de perfuração, oferecendo alternativas sustentáveis e ambientalmente boas. A viscosidade e a estabilidade dos fluidos foram aprimoradas com a inclusão dos aditivos, demonstrando um desempenho comparável, senão superior, aos aditivos convencionais. Além disso, a utilização de ingredientes naturais promove a sustentabilidade ambiental, reduzindo a dependência de produtos químicos sintéticos e minimizando o impacto ambiental das operações de perfuração. Este estudo apresenta uma abordagem inovadora ao incorporar ingredientes naturais da Amazônia em fluidos de controle de poços, contribuindo com novos dados sobre a aplicação de frutas amazônicas na indústria de petróleo. As descobertas abrem caminho para práticas mais eco conscientes e eficazes na perfuração de poços, promovendo tanto a sustentabilidade quanto o desempenho operacional. Ao demonstrar como os recursos naturais podem ser aproveitados de forma inovadora na indústria de petróleo e gás, este trabalho promove a integração de práticas sustentáveis na exploração de recursos naturais, beneficiando o meio ambiente e a economia.

Palavras-chave: Frutas amazônicas, fluidos, perfuração.

Abstract

The oil and natural gas industry is characterized by complex and challenging operations, especially with regard to the control of wells during drilling operations. This study aims to analyze specific cases to understand the various aspects involved and identify the best practices that ensure the safety and efficiency of these activities. The detailed analysis of the case revealed operational, regulatory and risk management flaws, highlighting the need for strict control and prevention measures. Deep water operations, for example, present different challenges from land operations, requiring specific well control approaches and technologies. In the context of this work, a study was carried out aimed at evaluating the potential of Amazonian fruits, such as cupuaçu and masac, as additives in well control fluids. The effectiveness of these additives on the stability and performance of fluids in drilling

operations was investigated, with the preparation of experimental formulations incorporating fruit additives. Laboratory evaluations of the viscosity, density and other relevant properties of the fluids were carried out to determine the best type of fluid for different wells. The results of this study indicate that the natural additives of the Amazon can significantly improve the properties of drilling fluids, offering sustainable and environmentally friendly alternatives. The viscosity and stability of the fluids were improved with the inclusion of additives, demonstrating a performance comparable, if not superior, to conventional additives. In addition, the use of natural ingredients promotes environmental sustainability, reducing dependence on synthetic chemicals and minimizing the environmental impact of drilling operations. This study presents an innovative approach by incorporating natural ingredients from the Amazon into well control fluids, contributing to new data on the application of Amazonian fruits in the oil industry. The discoveries pave the way for more eco-conscious and effective practices in drilling wells, promoting both sustainability and operational performance. By demonstrating how natural resources can be used in an innovative way in the oil and gas industry, this work promotes the integration of sustainable practices in the exploitation of natural resources, benefiting the environment and the economy

Keywords: Amazonian fruits, fluid, drilling.

Introdução

Os fluidos de perfuração são essenciais na indústria petrolífera, segundo Costa (2015), dentre as funções do fluido de perfuração, pode-se destacar: resfriar e lubrificar a coluna de perfuração e a broca; exercer pressão hidrostática sobre as formações para equilibrar o poço; realizar a limpeza do fundo do poço, levando os cascalhos até a superfície; além disso, o fluido de perfuração precisa garantir uma perfuração rápida e segura. No entanto, os componentes utilizados na preparação desses fluidos contribuem para a emissão de CO₂ e causam impactos ambientais adversos. Em resposta a isso, há um crescente interesse em alternativas sustentáveis, como o uso de aditivos menos prejudiciais e o desenvolvimento de fluidos de perfuração que reduzam a emissão de gás carbônico.

Com o objetivo de preservar o meio ambiente, estudos estão sendo conduzidos para utilizar compostos naturais em fluidos de perfuração, de acordo com Caenn et al. (2014), para que isso aconteça, é necessário que o fluido tenha as seguintes características: ser estável quimicamente; não reagir com as rochas produtoras; estabilizar, quimicamente e mecanicamente, as paredes do poço; manter os cascalhos em suspensão numa parada de circulação; facilitar as interpretações geológicas do material retirado do poço. Para desenvolver esses aditivos alternativos, ecologicamente corretos, biodegradáveis e sustentáveis, são reaproveitadas cascas de fava¹, aloe vera², folhas de hena e extrato de folhas de hibisco³, entre outros. Esses estudos também investigam o uso de resíduos agrícolas e industriais, que podem ser convertidos em componentes valiosos para os fluidos de perfuração, promovendo a economia circular e reduzindo a dependência de materiais sintéticos.

Neste trabalho, foram utilizadas cascas de cupuaçu e mandioca para a produção de um fluido ecologicamente correto, a fim de testar seu desempenho em termos de viscosidade e densidade. Além disso, foram realizados testes de compatibilidade química e térmica para garantir que os novos fluidos possam suportar as condições extremas encontradas durante a perfuração. Espera-se que, além de cumprir todos os requisitos necessários para um fluido de perfuração, esse fluido com compostos

naturais ajude a reduzir as emissões de CO₂ e contribua para a ampliação da cadeia produtiva dos fornecedores de frutas.

Além disso, a adoção desses fluidos sustentáveis pode trazer benefícios econômicos para as comunidades locais envolvidas na produção das matérias-primas, incentivando práticas agrícolas sustentáveis e proporcionando novas fontes de renda. A integração de tecnologias verdes na perfuração pode também melhorar a imagem da indústria petrolífera perante a sociedade, demonstrando um compromisso com a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental.

Em suma, a pesquisa e o desenvolvimento de fluidos de perfuração ecologicamente corretos representam um passo significativo em direção a uma indústria petrolífera mais sustentável, alinhada com as metas globais de redução de emissões e conservação ambiental.

Metodologia

A metodologia empregada nesse estudo é voltada a analisar o potencial de frutas regionais amazônicas em fluidos de controle de poço. O processo iniciou-se com os testes de macaxeira e cupuaçu:

Figura. 1 Aditivos derivados da amazônicas. A) Macaxeira. B) Cupuaçu.



Secagem das Cascas: As cascas foram colocadas em uma área exposta ao sol até que estivessem completamente secas. O tempo de secagem pode variar dependendo das condições climáticas, mas é importante garantir que as cascas estejam completamente livres de umidade.

Moagem das Cascas: Após a secagem completa, as cascas foram colocadas em um liquidificador e trituradas até que se transformassem em grânulos. É importante usar o filtro do liquidificador para ajudar a transformar os grânulos em pó fino, garantindo uma moagem adequada e uniforme.

Preparação dos fluidos de perfuração:

FLUIDO 1: Utilizou-se nesse processo 50g da casca do cupuaçu seca e moída e 450ml de água. Iniciou-se o processo batendo no liquidificador (5 séries de 1 minuto e intervalo de 1 minuto entre as séries), após isso, o fluido descansou por 10 minutos para que não houvesse o aparecimento de bolhas no fluido. Em seguida, utilizou-se um viscosímetro marsh para determinar o tempo em que o fluido passa por completo até o orifício (o funil fornece um valor empírico para a consistência de um fluido de perfuração. O número obtido depende em parte da viscosidade efetiva na taxa de cisalhamento que prevalece no orifício). Além disso, utilizou-se uma balança densimétrica para determinar a densidade de um fluido a partir do seu peso. E assim, o mesmo processo foi utilizado para todos os outros testes.

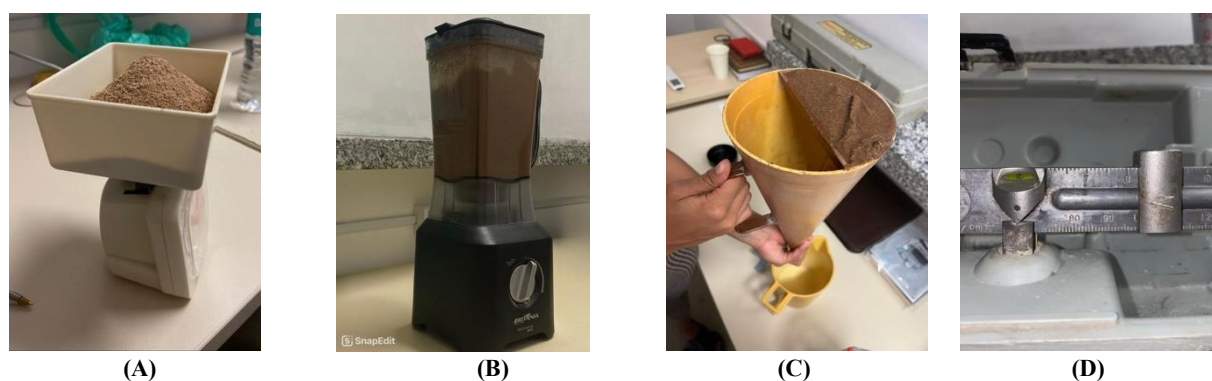
FLUIDO 2: Utilizou-se nesse processo 50g da casca de macaxeira seca e moída e 450ml de água. Já no segundo ciclo, iniciou-se o processo e foi colocado os itens necessários para ir ao liquidificador (5 séries de 1 minuto e intervalo de 1 minuto entre as séries), o fluido descansou por 10 minutos para que não houvesse o aparecimento de bolhas. Após isso, utilizou-se um viscosímetro marsh para determinar o tempo em que o fluido passa por completo até o orifício. Outrossim, utilizou-se uma balança densimétrica para determinar a densidade de um fluido a partir do seu peso.

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

FLUIDO 3: 50g de casca de cupuaçu seca e moída e 450ml de água juntamente com 10g de CaCO_3 . Em primazia, iniciou-se o terceiro ciclo e bateu-se no liquidificador (5 séries de 1 minuto e intervalo de 1 minuto entre as séries), o fluido descansou por 10 minutos para que não houvesse o aparecimento de bolhas. Após isso, utilizou-se um viscosímetro marsh para determinar o tempo em que o fluido passa por completo até o orifício. Outrossim, utilizou-se uma balança densimétrica para determinar a densidade de um fluido a partir do seu peso.

FLUIDO 4: 50g de casca de macaxeira seca e moída e 450ml de água, juntamente com 10g de CaCO_3 ; Iniciou-se o quarto ciclo e bateu-se no liquidificador (5 séries de 1 minuto e intervalo de 1 minuto entre as séries), o fluido descansou por 10 minutos para que não houvesse o aparecimento de bolhas. Após isso, utilizou-se um viscosímetro marsh para determinar o tempo em que o fluido passa por completo até o orifício. Outrossim, utilizou-se uma balança densimétrica para determinar a densidade de um fluido a partir do seu peso.

Figura 2. Equipamentos utilizados. **A)** Pesagem das cascas. **B)** Preparação dos fluidos. **C)** Viscosímetro marsh. **D)** Balança densimétrica



Resultados e Discussão

Tabela 1. Composição e parâmetros reológicos dos determinados fluidos de perfuração

	COMPOSIÇÕES	DENSIDADE	VISCOSIDADE
1	50 g de cupuaçu	8,3	17,67 segundos
2	50 g de cupuaçu + 10 g de CaCO_3	8,3	14,70 segundos
3	50 g de macaxeira	7,3	12 segundos
4	50 g de macaxeira + 10 g de CaCO_3	7,6	14 segundos

Fonte: Autores (2024)

A tabela apresenta as composições, densidades e viscosidades de diferentes misturas envolvendo cupuaçu e macaxeira, com e sem a adição de CaCO_3 (carbonato de cálcio). É importante lembrar que o carbonato de cálcio pode atuar com um agente de controle de peso e densidade, porém, mesmo que sua influência não seja direta, o CaCO_3 pode afetar a viscosidade. Desse modo:

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

1. Composição 1 (50g de cupuaçu) vs Composição 2 (50g de cupuaçu + 10g de CaCO_3): A densidade permanece a mesma ($8,3 \text{ g/cm}^3$). Viscosidade: Reduz de 17,67 segundos para 14,70 segundos. Analisou-se que com a adição de CaCO_3 não altera a densidade, mas diminui a viscosidade. Isso sugere que o CaCO_3 pode estar atuando como um agente dispersante, separando as partículas de cupuaçu e reduzindo a resistência ao fluxo do fluido.

2. Composição 3 (50g de macaxeira) vs Composição 4 (50g de macaxeira + 10g de CaCO_3): A densidade aumentou-se de $7,3 \text{ g/cm}^3$ para $7,6 \text{ g/cm}^3$ indicando que o CaCO_3 contribui para aumentar a densidade do fluido. Isso ocorre porque o carbonato de cálcio é um sólido particulado que, quando disperso no fluido, aumenta a massa por unidade de volume. A viscosidade aumentou-se de 12 segundos para 14 segundos com a adição de CaCO_3 . Isso pode ser devido à formação de uma rede de partículas de CaCO_3 e componentes da macaxeira, aumentando a resistência ao fluxo. O CaCO_3 pode estar interagindo com a macaxeira de forma a criar uma mistura mais densa e ligeiramente mais viscosa.

A adição de CaCO_3 afeta a viscosidade das misturas de formas diferentes para o cupuaçu e a macaxeira. Para o cupuaçu, o CaCO_3 diminuiu-se a viscosidade, enquanto para a macaxeira, a viscosidade aumentou-se. A densidade do cupuaçu não foi alterada pela adição de CaCO_3 , mas a densidade da macaxeira aumentou-se. Essas mudanças podem ser atribuídas às interações específicas entre o CaCO_3 e os componentes das misturas originais. A eficácia dos fluidos de perfuração depende não apenas das suas propriedades físicas, mas também das características dos reservatórios de petróleo em que serão utilizados. Com base nas propriedades de densidade e viscosidade das composições, pode-se analisar os tipos de reservatórios de petróleo em que esses fluidos seriam mais eficazes.

Tabela 2. Melhores aplicações em reservatórios para cada composição

Composições	Melhor aplicação em reservatórios
Cascas de cupuaçu	Poços profundos com alta pressão
Cascas de cupuaçu + CaCO_3	Poços profundos com pressão moderada e fluxo facilitado
Cascas de macaxeira	Poços rasos com baixa pressão
Cascas de macaxeira + CaCO_3	Poços rasos a médios com pressão moderada

Fonte: Autores (2024)

Contudo, a escolha do fluido de perfuração deve ser baseada nas características específicas do reservatório de petróleo. A composição 1 (cascas de cupuaçu + CaCO_3) com alta densidade e viscosidade moderada é ideal para reservatórios de alta pressão e condições desafiadoras. A composição 2 (cascas de macaxeira + CaCO_3) oferece um equilíbrio entre densidade e viscosidade, sendo eficaz em formações mais estáveis e operações que requerem eficiência energética.

A utilização de resíduos agrícolas como cascas de cupuaçu e macaxeira, combinados com CaCO_3 , não só proporciona soluções técnicas viáveis para diferentes tipos de reservatórios, mas também promove a sustentabilidade e a valorização de subprodutos agrícolas.

Conclusões

No estudo atual, foram feitos testes de viscosidade e densidade em um sistema de fluidos de perfuração à base de água com dois aditivos derivados localmente - cascas de cupuaçu e macaxeira - adicionando uma quantidade 10g de CaCO₃. Os resultados dos fluidos sem carbonato de cálcio foram comparados com os resultados dos fluidos com a adição de carbonato de cálcio para investigar seus impactos nas propriedades reológicas. As seguintes conclusões foram tiradas com base nos objetivos da pesquisa e nos resultados alcançados: Comparando os dois fluidos em que a composição possui cascas de cupuaçu, pode-se dizer que a inclusão de CaCO₃ não modificou a densidade, mas atuou como um agente diluente ou dispersante, facilitando o fluxo do cupuaçu, o que resulta em uma queda na viscosidade de 17,67 segundos para 14,70 segundos, facilitando o bombeamento e a remoção de cascalhos.

De acordo com as tabelas 1 e 2, os fluidos que possuem cascas de macaxeira há um aumento, tanto na densidade quanto nas viscosidades (7,3 para 7,6 e 12 segundos para 14 segundos, respectivamente), melhorando o controle de pressão e melhorando a capacidade de transporte de cascalhos para a superfície. A influência do carbonato de cálcio varia conforme a composição base do fluido de perfuração. No caso do cupuaçu, o CaCO₃ parece atuar como um agente dispersante, reduzindo a viscosidade. Já no caso da macaxeira, o CaCO₃ parece aumentar a viscosidade, possivelmente devido à interação das partículas de CaCO₃ com os componentes da macaxeira, que podem formar uma estrutura mais resistente ao fluxo.

Essa análise destaca a importância de considerar a composição base do fluido ao adicionar aditivos como o carbonato de cálcio, pois a interação entre os componentes pode variar e influenciar as propriedades do fluido de forma diferente. Ademais, essas mudanças podem ser atribuídas às interações específicas entre o carbonato de cálcio e à composição química e estrutural das cascas de cupuaçu e macaxeira.

A integração de aditivos naturais nos fluidos de perfuração representa um avanço significativo, combinando inovação e sustentabilidade, e oferece uma abordagem ecologicamente consciente para a exploração de petróleo e gás. A partir desse estudo, surgem novas informações sobre a aplicação de recursos amazônicos na indústria, abrindo caminhos para futuras pesquisas e novas práticas operacionais incluindo outros tipos de parâmetros, como: força gel, tensão limite de escoamento, comportamento tixotrópico e outros que beneficiem o meio ambiente e a economia.

Agradecimentos

Agradecemos primeiramente a Deus. Em segundo, ao professor doutor Camilo Andrés Guerrero-Martin por seu apoio, assistência e sua orientação. Agradecemos à Universidade Federal do Pará, campus Salinópolis pela disponibilização dos equipamentos necessários para a realização deste trabalho. Por fim, agradecemos a nossa família e amigos por todo apoio, que foi o diferencial nesse momento.

Referências Bibliográficas

AL-YASIRI, M. Eco-friendly drilling fluid: A study on the use of broad bean peels as a natural additive. *Geoenergy Science and Engineering*, v. 231, p. 212267, 1 dez. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949891023008540>.

BAGUM, M. et al. An experimental study to develop an environmental friendly mud additive of drilling fluid using Aloe Vera. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, v. 211, p. 110135, abr. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920410522000316>.

CAENN, R., DARLEY, H.C.H., GRAY, G.R., *Fluidos de Perfuração e Completação*, Tradução Jorge de Almeida Rodrigues Júnior, Editora Elsevier, Rio de Janeiro, Brasil, 2014.

COSTA, J. C. M. D. Estudo de fluidos de perfuração não aquosos: proposta de uma metodologia para caracterização. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

ISMAIL, A. R. et al. Improvement of rheological and filtration characteristics of water-based drilling fluids using naturally derived henna leaf and hibiscus leaf extracts. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, v. 10, n. 8, p. 3541–3556, 29 set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13202-020-01007-y>.

ROSA, R. Cupuaçu fruto casca folhas polpa placa de petry. Disponível em: <<https://www.embrapa.gov.br/amazonia-oriental/busca-de-imagens/-/midia/6016001/cupuacu-fruto-casca-folhas-polpa-placa-de-petry>>.

LIMA, I. Macaxeira. Disponível em: <<https://www.embrapa.gov.br/amazonia-oriental/busca-de-imagens/-/midia/6016001/cupuacu-fruto-casca-folhas-polpa-placa-de-petry>>.

MELLO, THALLES P., Borges Filho, Moacyr N., Borges, Rodrigo F. O., Ferraz, Rodrigo S. C., Waldmann, Alex T., Scheid, Cláudia M., Meleiro, Luiz A. C., e Calçada, Luís A. "Sistema de Controle Baseado em Lógica Fuzzy da Densidade e Viscosidade Aparente de Fluidos de Perfuração Simultaneamente: Uma Estratégia Alternativa para Suportar Operações de Perfuração Autônoma". *SPE Journal*, vol. 29, 2024, pp. 3459-3471. DOI: [10.2118/219492-PA]. Disponível em: <https://doi.org/10.2118/219492-PA>.