

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



TÍTULO DO TRABALHO:

A INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DA BARITA NO DANO À FORMAÇÃO

AUTORES:

FERNANDA LARÍSSA DO VALE BARBOSA, PAULA PEREIRA SALLES ROBAINA, ERNANI DIAS DA SILVA FILHO, GREGORY VINICIUS BEZERRA DE OLIVEIRA, VANESSA CRISTINA SANTANNA, MARCOS ALYSSON FELIPE RODRIGUES, ALCIDES DE OLIVEIRA WANDERLEY NETO

INSTITUIÇÃO:

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

A INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DA BARITA NO DANO À FORMAÇÃO

Resumo

A barita (BaSO_4), é um mineral sólido conhecido pela sua alta densidade, pouca abrasividade, quimicamente inerte e encontrado na natureza em diferentes colorações. Pelas suas características físico-químicas e viabilidade econômica é bastante utilizada em distintos segmentos da indústria, sobretudo no setor petrolífero. Em fluidos de perfuração, ela tem como papel principal ser o adensante, o qual promove o peso e a densidade desejada durante a perfuração de uma determinada formação, por conseguinte, esse componente contribui para a estabilidade da pressão hidrostática nas paredes do poço, impedindo a ocorrência de alterações na estrutura do reservatório, ou influxo indesejado para o poço. O desempenho da barita pode variar conforme o tamanho da sua partícula, uma vez que a granulometria influencia significativamente na formação do reboco, uma torta de filtro que impede a invasão de fluidos do poço para o reservatório, perda de circulação, e evita um dano à formação. O comprometimento do reservatório, dano à formação, causado por fluidos de perfuração é um desafio encontrado com frequência durante as operações da indústria do petróleo, o que por sua vez, desperta o interesse das empresas em buscar novas alternativas para mitigar esse problema e otimizar suas atividades, uma vez que reduz a permeabilidade no entorno do poço. O presente trabalho tem como finalidade investigar a influência da granulometria da barita na formação do reboco e sua influência no dano à formação, por meio de uma comparação entre barita industrial (PA) e comercial, com base na realização da preparação de um fluido convencional base óleo e caracterização através de testes experimentais de filtrado API em bancada, além de análises de granulometria, DRX, densidade com picnômetro a gás hélio e infravermelho. Verificou-se através dos resultados encontrados que a barita industrial exibiu estruturas cristalinas acondicionadas de maneira mais uniforme e tamanhos de partículas menores em relação à barita comercial, tais características favorecem o desempenho do fluido de perfuração, resultando em menor volume de filtrado, contribuindo para a redução de problemas que dão origem ao dano à formação.

Palavras-chave: Barita, granulometria, base óleo, fluido de perfuração, dano à formação.

Abstract

Barite (BaSO_4) is a solid mineral known for its high density, low abrasiveness, chemical inertness, and natural occurrence in various colors. Due to its physical-chemical characteristics and economic viability, it is widely used in different industrial sectors, particularly in the oil industry. In drilling fluids, its main role is to act as a weighting agent, which provides the desired weight and density during the drilling of a specific formation. Consequently, this component helps maintain hydrostatic pressure stability in the wellbore walls, preventing changes in the reservoir structure or unwanted influx into the well. The performance of barite can vary depending on its particle size, as granulation significantly influences the formation of the filter cake, a layer that prevents fluid invasion from the well into the reservoir, circulation loss, and formation damage. Reservoir damage caused by drilling fluids is a common challenge in the oil industry, which drives companies to seek new alternatives to mitigate this issue and optimize their activities, as it reduces permeability around the well. This study aims to investigate the influence of barite granulation on filter cake formation and its effect on formation damage, through a comparison of industrial (PA) and commercial barite. This involves preparing a conventional oil-based fluid and characterizing it through API filtration tests, along with granulation

analysis, X-ray diffraction (XRD), density measurements with a helium pycnometer, and infrared analysis. Results showed that industrial barite exhibited more uniformly arranged crystalline structures and smaller particle sizes compared to commercial barite. These characteristics enhance drilling fluid performance, resulting in lower filtration volumes and contributing to a reduction in issues leading to formation damage.

Keywords: Barite, granulometry, oil-based, drilling fluid, formation damage.

Introdução

Os fluidos de perfuração são elementos essenciais na indústria petrolífera, dentre as suas atribuições, está o controle estrutural do poço durante a operação. Quando o desempenho do fluido não favorece ao reservatório é possível notar o surgimento de alguns problemas como invasão de filtrado, redução da permeabilidade e consequentemente, dano à formação. A torta de filtro (reboco) é resultado da deposição de partículas do fluido de perfuração e tem como função reduzir o dano à formação durante o processo. A permeabilidade, porosidade e espessura do reboco podem ser alteradas por diversos agentes adicionados no fluido de perfuração, em especial, o adensante (SIDDIG; MAHMOUD; ELKATATNY, 2021).

Os adensantes são responsáveis por fornecer a densidade adequada aos fluidos de perfuração para atender às especificidades do reservatório. A barita é um aditivo bastante utilizado na formulação desse tipo de fluido, uma vez que possui alta densidade específica. é um componente facilmente encontrado no mercado, em diferentes tonalidades, densidade, granulometria, além de dispor de um bom custo-benefício para a produção (MOHAMED *et al.*, 2019).

Ma, Peng e Chen (2020) afirmam que o tamanho e o tipo das partículas utilizados no fluido de perfuração têm influência direta na formação de um reboco de qualidade. Ressaltam que o aumento da camada de reboco é proporcional ao aumento da permeabilidade do mesmo.

A espessura do reboco pode variar devido à granulometria da barita, dando origem a camadas muito finas ou espessas. Uma torta de filtro mais grossa é ocasionada pela deposição de partículas com diâmetros maiores, que por sua vez formam camadas mais permeáveis e permitem uma passagem maior de filtrado. Enquanto o agrupamento de partículas menores durante a formação do reboco resulta no melhor desempenho do fluido (FENG; LI; GRAY, 2018).

Dessa forma, o presente trabalho se justifica pela intenção de avaliar a influência da granulometria da barita no dano à formação através de ensaios experimentais com dois tipos de adensantes presentes na formulação de um fluido de perfuração à base de óleo.

Metodologia

Este estudo utilizou duas composições de fluido de perfuração base óleo, variando o tipo de barita para avaliar o impacto no desempenho do fluido em relação ao filtrado (API), sendo o teste que infere o dano à formação. A Tabela 1 apresenta as formulações de cada fluido produzido, conforme utilizado na indústria. Os testes de filtrado foram realizados através do API, com 100 psi por 30 minutos, ambos feitos em duplicatas para cada tipo de barita. Após os experimentos em duplicata foram feitos desvios padrões de ambas as composições, através da fórmula abaixo:

$$DP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M_A)^2}{n}}$$

Sendo,

Σ : símbolo de somatório. Indica que tem-se que somar todos os termos, desde a primeira posição ($i=1$) até a posição n ;

x_i : valor na posição i no conjunto de dados;

M_A : média aritmética dos dados;

n : quantidade de dados.

Foram realizados testes de Difração de Raio X (DRX), Infravermelho, densidade com picnômetro a gás hélio e granulometria, onde foi verificado a estrutura do sulfato de bário (BaSO_4). O fluido de perfuração e o teste de filtrado foram feitos no Laboratório de Fluidos de Perfuração e Completação (LAFPEC), o DRX foi realizado no Laboratório de Peneiras Moleculares (LABPEMOL), e os testes de granulometria e densidade com picnômetro a gás hélio foi realizado no Laboratório de Cimento (LABCIM), todos localizados na UFRN - Natal.

Composição 1	Composição 2	Concentração
Parafina	Parafina	0,56 bbl/bbl
Emulsificante	Emulsificante	8,01 lb/bbl
Salmoura NaCl	Salmoura NaCl	0,33 bbl/bbl
Cal Hidratada	Cal Hidratada	7,87 lb/bbl
Argila Organofílica	Argila Organofílica	2,0 lb/bbl
Modificador Reológico	Modificador Reológico	2,01 lb/bbl
Adensante (PA)	Adensante (Comercial)	P/ peso 11 lb/gal

Tabela 1: Composição dos fluidos de perfuração 1 e 2.

Resultados e Discussão

- DRX

A Figura 1 (a e b) mostra a comparação do DRX da barita PA (branca) e da comercial (marrom). Os principais picos característicos de difração foram observados de acordo com: 2θ de $19,98^\circ$, $20,46^\circ$, $22,80^\circ$, $25,85^\circ$, $26,84^\circ$, $28,75^\circ$ e $31,53^\circ$, associados aos planos (200), (011), (111), (210), (102), (211) e (112), do BaSO_4 , respectivamente. Sua estrutura cristalina é ortorrômbica, esses achados estão em concordância com padrões XRD estabelecidos e também com resultados previamente relatados por pesquisas anteriores (Staicu, 2020).

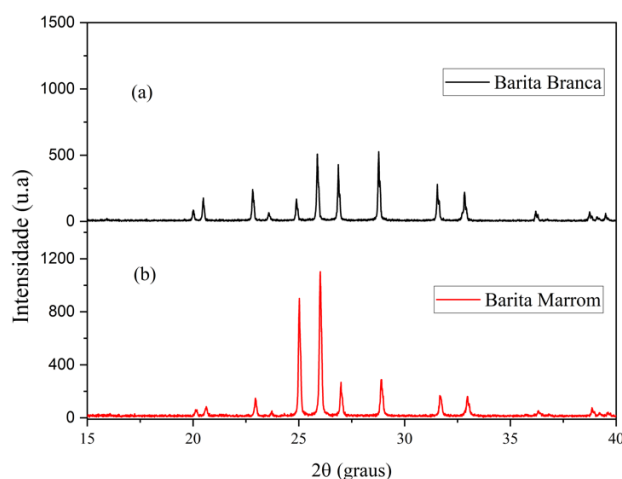


Figura 1: Resultado do DRX das composições 1 e 2.

● INFRAVERMELHO

De acordo com a figura 2, o alongamento enxofre-oxigênio (S–O) de sulfatos inorgânicos foi encontrado na região $1179\text{--}1083\text{ cm}^{-1}$. As bandas centradas em 1193 cm^{-1} e a pequena banda em 982 cm^{-1} corresponde a vibração simétrica do SO_4 . A partir desta observação, a ligeira mudança na posição da banda pode ser atribuída ao menor tamanho de partícula [citar]. As bandas em 610 cm^{-1} e $629\text{--}630\text{ cm}^{-1}$ decorrem da vibração de flexão fora do plano do SO_4 . Geralmente, as bandas de flexão são mais moldadas do que as bandas de alongamento, o que é observado no espectro. Estes resultados estão de acordo com os resultados observados por (Staicu, 2020). Já analisando o resultado encontrado para a barita marrom, observa-se que houve uma diminuição em suas bandas indicando a presença de impurezas.

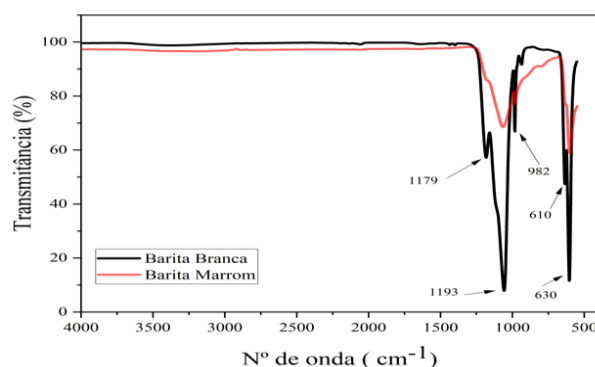


Figura 2: Resultado do Infravermelho da barita branca e marrom.

● GRANULOMETRIA

Segundo mostra a figura 3, a granulometria da barita branca obteve um valor médio de diâmetro de $246,17\text{ }\mu\text{m}$. Já o da barita marrom teve valor médio de diâmetro de $45,64\text{ }\mu\text{m}$. Esses valores mostram

que as partículas da barita branca são maiores, deixando a camada de reboco mais permeável comparado com a barita marrom, como foi observado por (FENG; LI; GRAY, 2018), característica não desejada, conforme demonstrado pelo histograma.

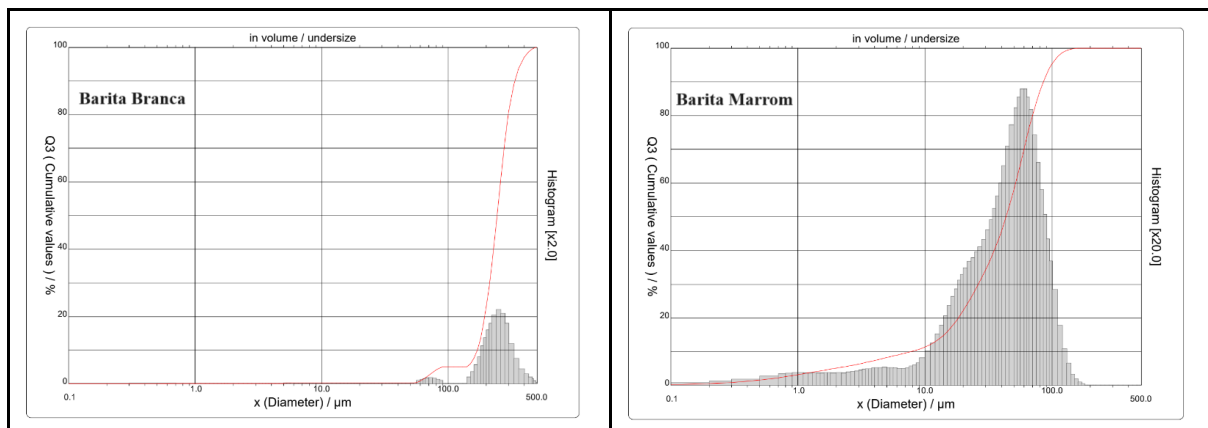


Figura 3: Histograma da Granulometria da Barita PA e Comercial.

- DENSIDADE

A densidade obtida através do picnômetro a gás hélio demonstrou valores maiores com a barita branca, com valores médios de $4,43 \text{ g/cm}^3$ ao comparar com os valores da barita marrom de $3,97 \text{ g/cm}^3$. Este teste corrobora com os resultados do teste de granulometria, onde define que as maiores partículas de barita são da coloração branca. A barita marrom pode ter densidade e granulometria menores devido à presença de impurezas em sua composição, demonstradas pela mudança de cor (branca e marrom), e também através do teste de infravermelho, onde as bandas de barita pura são reduzidas quando são sobrepostas com as bandas da barita comercial, inferindo que essas bandas são de impurezas, conforme foi observado.

- FILTRADO/ REBOCO

Na Figura 4 mostra a estrutura dos rebocos obtidos pelos fluidos de perfuração, onde é observado uma espessura fina e de aparência similar entre as baritas, indicando um reboco com condições favoráveis para uma formulação de fluido que não danifica o poço. Em ambos os fluidos os resultados foram positivos quanto ao dano à formação. As duplicatas de ambas formulações apresentaram resultados similares em relação ao filtrado, tendo a média aritmética de composição 1 com valor 2,6 e desvio padrão de valor 0,04, enquanto que a composição 2 obteve valor de 3,2 para média aritmética, e desvio padrão de 0,04, evidenciando que as diferenças entre as composições não são significativas.

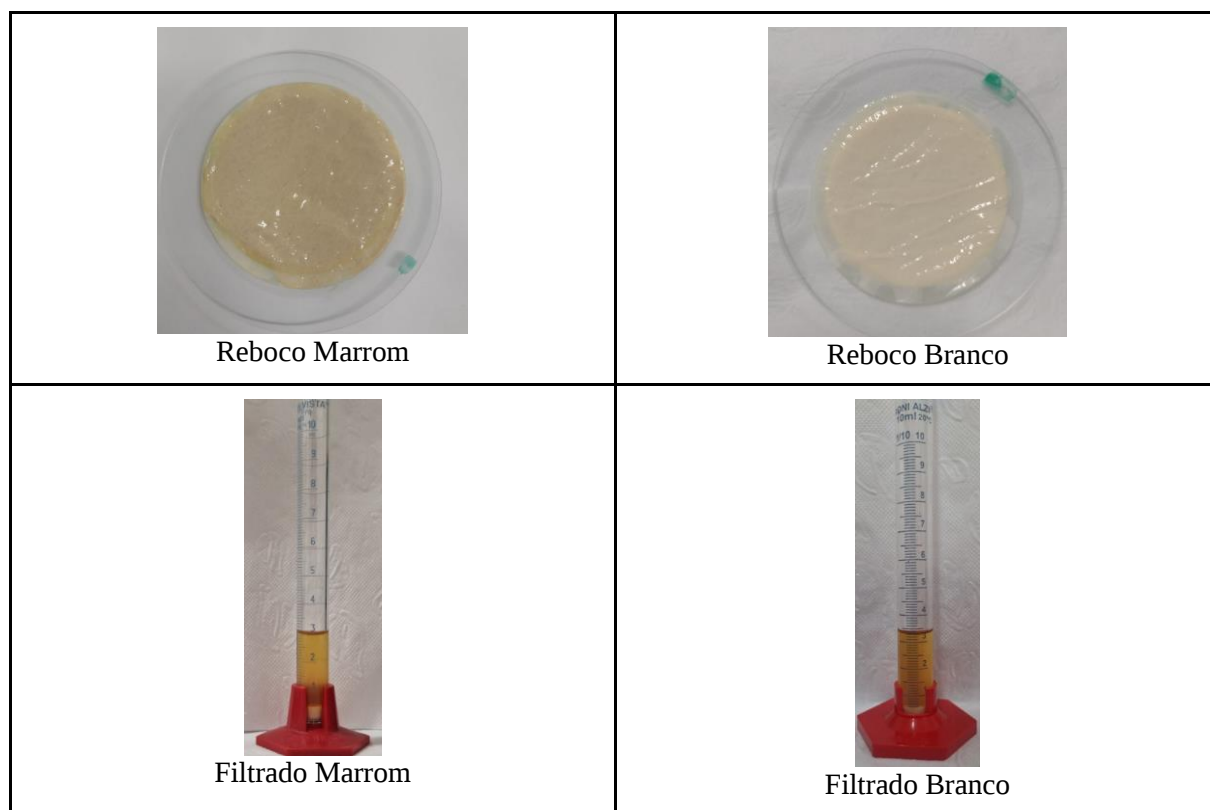


Figura 4: Resultados do Reboco e Filtrado das composições 1 e 2.

Conclusões

Analisando os resultados encontrados e considerando a literatura, observou-se que a barita comercial apresentou um melhor desempenho, uma vez que a presença de impurezas e o diâmetro menor de suas partículas propicia a formação de um reboco mais compacto e eficiente, sendo assim, comprovando que esses fatores influenciam na densidade e no filtrado. Logo, o reboco formado com a formulação 2 (barita comercial) apresentou um melhor desempenho quando comparado com a formulação 1 (barita PA).

Referências Bibliográficas

- Siddig, O., Mahmoud, A.A. & Elkatatny, S. **A review of the various treatments of oil-based drilling fluids filter cakes.** *J Petrol Explor Prod Technol* 12, 365–381 (2022). <https://doi-org.ez18.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13202-021-01427-4>
- MOHAMED, Abdelmjeed *et al.* **Prevention of Barite Sag in Oil-Based Drilling Fluids Using a Mixture of Barite and Ilmenite as Weighting Material.** 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/20/5617>. Acesso em: 31 jul. 2024.
- FENG, Yongcun; LI, Xiaorong; GRAY, K. E.. **Mudcake effects on wellbore stress and fracture initiation pressure and implications for wellbore strengthening.** 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12182-018-0218-1>. Acesso em: 01 ago. 2024.

MA, Tianshou; PENG, Nian; CHEN, Ping. **Filter cake formation process by involving the influence of solid particle size distribution in drilling fluids.** 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875510020302043#bib14>. Acesso em: 01 ago. 2024.

C. STAICU , Lucian *et al.* **Power Generation: Feedstock for High-Value Sulfate Minerals.** *Minerals*, [S. l.], 19 fev. 2020. DOI <https://doi.org/10.3390/min10020188>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-163X/10/2/188#B27-minerals-10-00188>. Acesso em: 1 ago. 2024.