



INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA PERFURAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO EM PASTAS DE CIMENTO

Fabricio Pereira Feitoza da Silva¹; Marcondes Luiz da Silva Azevedo²; Júlio Cezar de Oliveira Freitas²; Tancredo Dantas³; Leyllanne Renalle Batista de Almeida⁴.

¹ Fundação Norte Riograndense de Pesquisa e Cultura, Universidade Potiguar – Fabriciopfsilva@gmail.com

, ² Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Instituto de Química, Marcondes.qp@gmail.com,
juliofreitasj@hotmail.com ;

³ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós Graduação em Ciências e Engenharia de Petróleo - tancredo.dts@hotmail.com

; ⁴ Universidade Federal de Campina Grande, Programa de Pós Graduação em Exploração Petrolífera e Mineral, leylla_almeida@hotmail.com

RESUMO

A cimentação primária é uma etapa importante durante o processo de perfuração de poços petrolíferos, garantindo a estabilidade mecânica do poço e o isolamento hidráulico entre o tubo de revestimento e a formação. O aglomerante hidráulico mais utilizado para cimentação de poços é o cimento Portland. Devido à necessidade de se reduzir ao máximo o descarte de resíduo, oriundos da perfuração, este trabalho tem como objetivo incorporar o cascalho, proveniente da perfuração de poços petrolíferos, em pasta cimento para aplicação em poços de petróleo. Foi realizado um estudo comparativo entre dois sistemas de pastas, sendo um sistema contendo 2,0% de Bentonita Sódica e outro sistema com 0,7gpc (galão pé cúbico) de sílica coloidal. Esses materiais (Bentonita e Sílica coloidal) foram utilizados para estabilizar o cascalho ao cimento. A esses sistemas foram adicionados 15%, 20% e 30% BWOC (*by weight of cement*) de cascalho. As pastas foram formuladas fixando-se a densidade em 13,0 lb/gal. Para avaliar a atuação e eficiência do sistema Cimento/Cascalho nas pastas de cimento, foram realizados ensaios reológicos à temperatura ambiente e resistência à compressão, conforme API RP 10B. Os resultados mostraram que adição do cascalho de 15% a 20% promoveu efeitos positivos nos parâmetros reológicos e nos valores de resistência à compressão.

Palavras-chave: Cimentação; Resíduo/Cascalho; Bentonita Sódica; Sílica Coloidal.



1. INTRODUÇÃO

A cimentação tem a função primordial de promover vedação hidráulica entre os diversos intervalos permeáveis, ou até mesmo dentro de um mesmo intervalo, impedindo a migração de fluidos por trás do revestimento, bem como propiciar suporte mecânico ao revestimento.

Segundo MEHTA e MONTEIRO, 2001, o Cimento Portland é um aglomerante hidráulico produzido pela moagem do clínquer, que consiste essencialmente de silicatos de cálcio hidratados, usualmente com uma ou mais formas de sulfato de cálcio como um produto de adição.

Os reservatórios de baixa profundidade têm a tendência a fraturar mais facilmente, pois possuem baixo gradiente de fratura, ou seja, as fraturas são formadas mesmo com colunas hidrostáticas de fluido relativamente baixas. A densidade de uma pasta de cimento “padrão” varia entre 15,0 e 15,6 lb/gal. Para o desenvolvimento sistemas de pastas com densidade inferior a 15,0 lb/gal, se faz necessário o uso de aditivos extendedores. Existem diversos tipos de extendedores: extendedores físicos (argilas e compostos orgânicos), extendedores pozolânicos, extendedores

químicos e gases. Em geral, o mecanismo de atuação dos extendedores consiste na absorção de água em excesso dos sistemas de pasta, evitando a decantação dos sólidos dispersos.

A Bentonita Sódica é um mineral argiloso composto basicamente de montmorilonita sódica ($\text{NaAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})\cdot 2\text{OH}$). Seu uso como extensor é bastante comum em cimentação de poços de petróleo. A concentração de 2% garantiu a estabilidade do sistema.

A sílica coloidal é usada como extensor em pastas leves, pois ela influencia no incremento das propriedades reológicas, junto com cloreto de cálcio (CaCl_2), a ordem de adição destes aditivos influencia consideravelmente as propriedades físicas das pastas. A concentração de 0,7 gpc garantiu a estabilidade do sistema.

Se durante a mistura da pasta for incorporado ar, estará se medindo a densidade do sistema cimento, água e ar. O aditivo antiespumante produz uma alteração na tensão superficial desestabilizando a espuma formada.

A utilização do cascalho em questão é proveniente da formação Pendência, numa profundidade entre



940m a 1300m, localizada na Bacia Potiguar.

Os fragmentos de rocha (cascalho) são gerados pelos cortes que a broca de perfuração efetua são removidos continuamente através do fluido ou lama de perfuração que é injetado no interior da coluna e retorna à superfície pelo espaço anular região entre a formação rochosa e a tubulação do revestimento (THOMAS, 2004).

É necessário um destino ambientalmente correto para estes resíduos, sejam eles classificados como tóxicos ou não. No Brasil, com o advento da lei de crimes ambientais (Lei 9605/98), que responsabiliza o gerador do resíduo pela sua deposição final, as empresas e os órgãos ambientais têm se esforçado para que sejam empregadas técnicas de gerenciamento e deposição de resíduos adequados (LUCENA, 2007).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inserção de resíduos de cascalho de perfuração nas propriedades tecnológicas de pastas de cimento para aplicação em cimentação de poços de petróleo. Sendo comprovada a compatibilidade cascalho/cimento, a adição deste resíduo na pasta de cimento mostrar-se-á uma atividade de consumo desse material, otimizando a cimentação

dos poços de petróleo e reduzindo a quantidade de passivos ambientais na superfície.

2. METODOLOGIA

A formulação dos sistemas de pasta foi realizada fixando-se sua concentração em 13,0 lb/gal. A preparação desses sistemas foi realizada através da pesagem do cimento, cascalho, água, antiespumante e dos aditivos extenedores sílica coloidal e bentonita separadamente.

A concentração dos aditivos extenedores foi fixada em 2% para bentonita sódica, 0,7gpc (galão pé cúbico) de sílica coloidal e 0,02gpc de antiespumante. As concentrações do cascalho foram variadas em 15%, 20% e 30% BWOC (by weight of cement).

A pesagem dos componentes da pasta foi feita por uma balança de precisão modelo b-tec 4100 Tecnal. Para misturar os componentes utilizou-se um misturador Chandler, modelo 3060 obedecendo aos procedimentos estabelecidos pela API RP 10B.

A homogeneização das pastas foi realizada em um consistômetro atmosférico Chandler modelo 1200. Os parâmetros reológicos foram obtidos utilizando um viscosímetro rotativo



Chandler modelo 3500, seguindo as normas da API RP 10 B.

A resistência à compressão foi realizada após a mistura das pastas e vertendo a em três moldes plásticos de forma cúbica de 50mm de aresta, para cada formulação, em seguida os moldes são fechados, vedado e levados a câmara de cura (banho térmico), à temperatura de 42°C à 24 horas e a pressão atmosférica. Na Figura 1 está apresentado o fluxograma do procedimento experimental adotado neste trabalho.

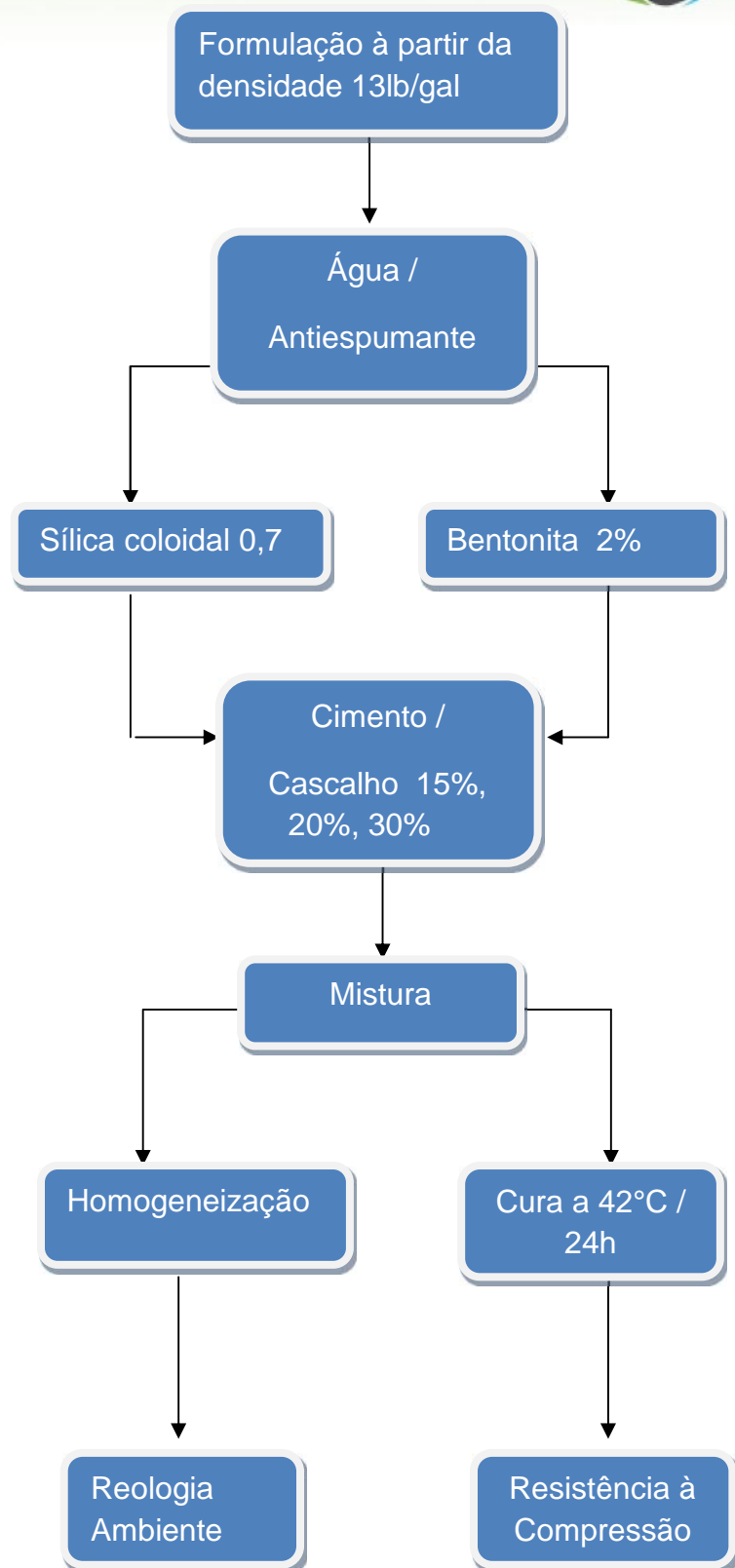


Figura 1: Fluxograma da metodologia adotada no trabalho.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

a. REOLOGIA AMBIENTE.

Observa-se, nas figuras 2 e 3, que os sistemas de pasta contendo cascalho apresentaram redução nos parâmetros reológicos. Esse fenômeno pode ser justificado pela redução da quantidade de cimento na mistura, o que contribuiu com o aumento do fator água cimento (FAC), aumento do rendimento e, conseqüentemente, redução da interação entre as partículas no meio disperso. Visto que as cargas presentes na superfície das partículas do cascalho não possuem a mesma força de atração que os géis de C-S-H secundário presente no cimento.

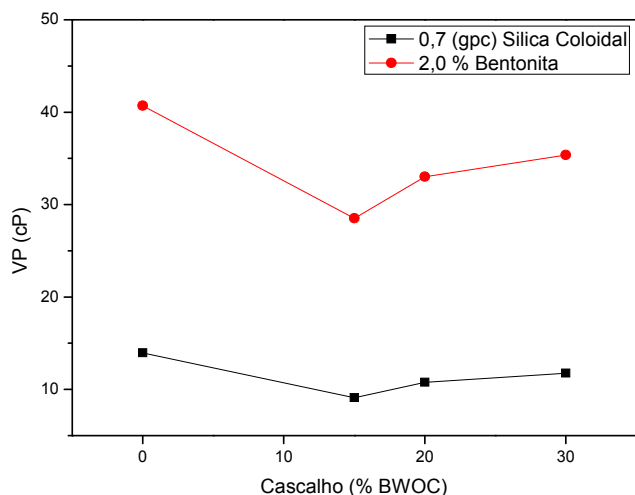


Figura 2: Viscosidade Plástica

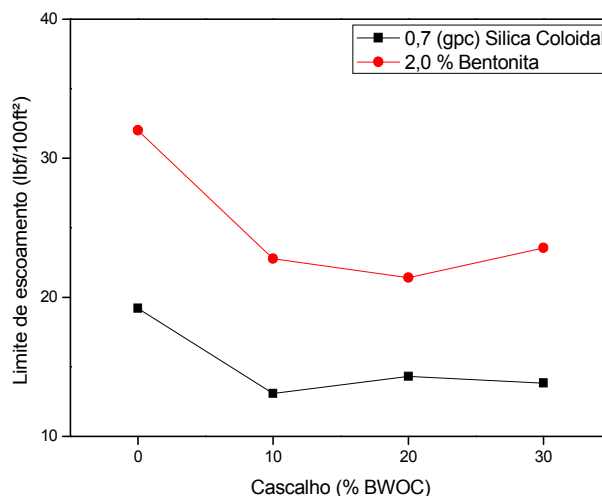


Figura 3: Limite de escoamento.

A.2- GEL INICIAL (G_I) E GEL FINAL (G_F):

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os resultados de forças géis iniciais e finais das pastas.

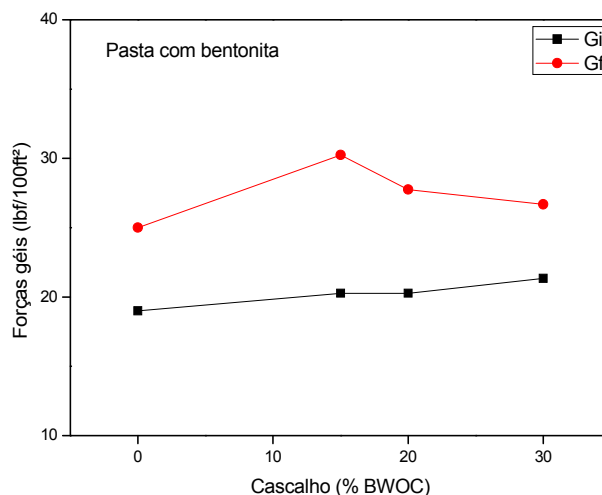


Figura 4: Forças géis em sistema de pasta contendo Bentonita.

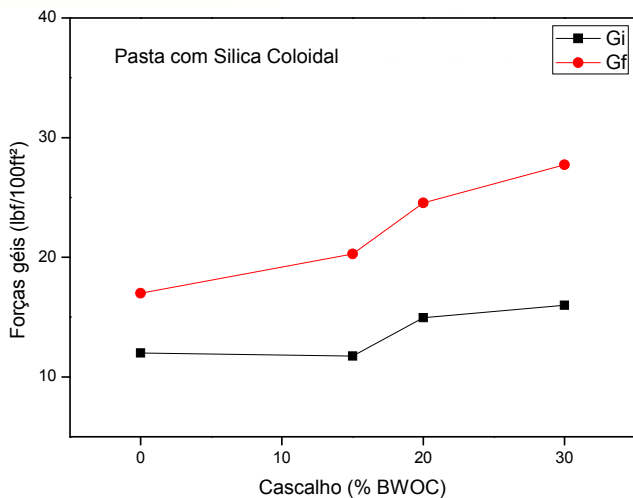


Figura 5: Forças géis em sistema de pasta contendo Sílica Coloidal.

Observa-se pelo gráfico que com a adição de cascalho houve o aumento do Gi e Gf resultante do aumento da estrutura do gel formado.

b RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.

Nas Figuras 6 e 7 são apresentados os resultados de resistência à compressão das pastas.

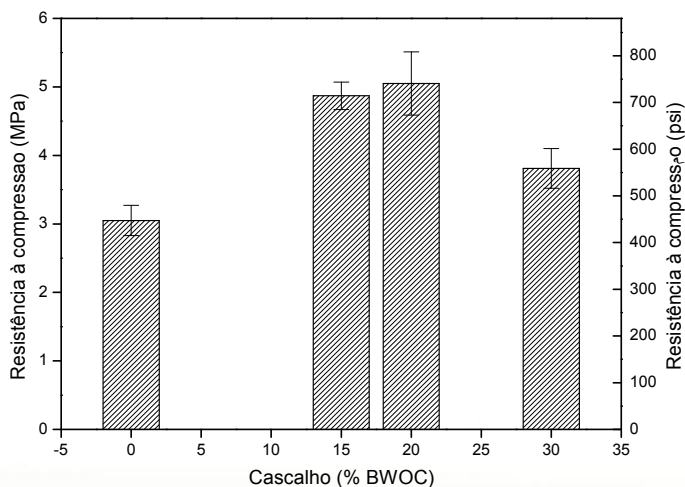


Figura 6: Resistência à compressão do sistema de pasta contendo Bentonita.

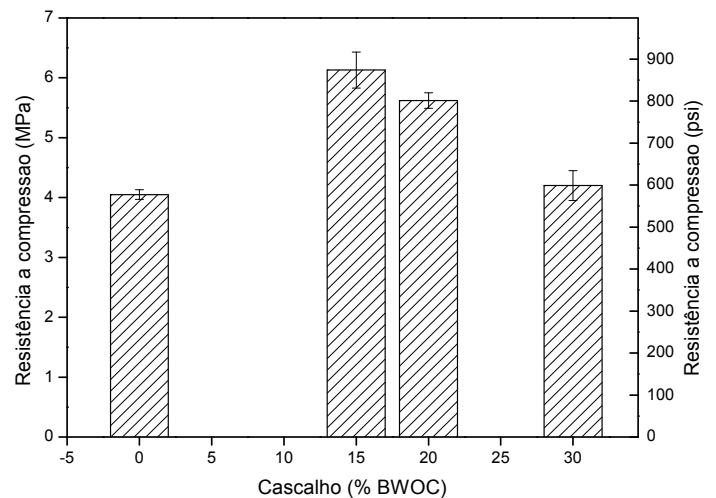


Figura 7: Resistência à compressão do sistema de pasta contendo Nanosilica.

De acordo com os resultados apresentados, pode-se perceber que o cascalho contribuiu consideravelmente com o aumento da resistência à compressão nas concentrações de 15% e 20%, isso se deu devido ao efeito *filler*, ocupação dos espaços vazios.

Já na concentração de 30% apresentou menores valores de resistência à compressão devido a uma diminuição significativa na massa do cimento.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que o cascalho tem uma boa interação com o cimento Portland. Os resultados obtidos nas propriedades reológicas não apresentaram mudanças significativas. Os valores de resistência à compressão foram bastante satisfatórios



para uso em cimentação de fases iniciais de poços.

A adição do cascalho pode ser uma alternativa para tornar sustentável a construção das fases iniciais de poços petrolíferos, minimizando os impactos ambientais e respeitando também a Lei ambiental (Lei 9605/98).

5. AGRADECIMENTOS

Ao LabCim (Núcleo Tecnológico em Cimentação de Poços Petrolíferos da Universidade Federal do Rio Grande do Norte –UFRN) por ter disponibilizado todos os materiais necessários para a execução desse trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARARIPE, P. T.; FEIJÓ, F. J. **Bacia Potiguar**. Boletim de Geociências da Petrobrás. Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 127-141, 1994.

BORGES, Francisco A. T. **Biodegradação de fluidos base e de cascalhos oriundos da perfuração de poços de petróleo e gás**. 2006. 155 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

LUCENA, Adriano Elísio de F. L.; RODRIGUES, John Kennedy G.; FERREIRA, Heber Carlos; LUCENA, Lêda

Christiane de F. L.; LUCENA, Luciana de F. L. **Caracterização térmica de resíduos de perfuração “onshore”**. 4º PDPETRO, Campinas, SP. 2007.

MACHADO, J. C. V. **Reologia e Escoamento de Fluidos – Ênfase na indústria do petróleo**. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2002. pg 1-40.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M., **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais Propriedades e Materiais**, IBRACON 2001.

NELSON, E. B. **Well Cementing**. 2 ed. Sugar Land, Schlumberger, 2006.

OLIVEIRA, J., 2001. **Cascalhos e Fluidos de Perfuração – Impactos ambientais e Medidas Mitigadoras**. 1º Seminário sobre Proteção Ambiental na Exploração e Produção de Petróleo, 29 e 30 outubro 2001 Rio de Janeiro, Brasil

RIBEIRO, Danilo Brasil. **Utilização de nanosílica como aditivo estendedor para pastas de cimentantes de baixa densidade**. 2012. 102 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. 2 ed. Rio de Janeiro, PETROBRAS, 2004.