

6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Influência do Látex SBR nas Propriedades Mecânicas de Sistemas de Pastas de Cimento para Poços de Petróleo

AUTORES:

Ramon Feitosa Silva, Filipe Silva de Oliveira, Danilo Brasil Ribeiro, Glauco Soares Braga, Julio Cezar de Oliveira Freitas e Dulce Maria de Araújo Melo

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 6º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 6º PDPETRO, realizado pela a Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 09 a 13 de outubro de 2011, em Florianópolis-SC. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 6ºPDPETRO.

INFLUÊNCIA DO LÁTEX SBR NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE SISTEMAS DE PASTAS DE CIMENTO PARA POÇOS DE PETRÓLEO

Abstract

Novel cementing materials formulations containing flexible polymeric admixtures have been studied aiming at improving the mechanical behavior of cement sheaths of oilwell submitted to steam recovery. The steam injection to reduce the viscosity of heavy oils imposes thermal cycles to cement sheaths, resulting in crack formation and growth of the inherently brittle materials conventionally used to cement the annular area of oilwells. Cracking of the sheath often results in loss of zonal isolation and reduction in material strength with financial and environmental consequences. Regardless of relevant progress in the development of potentially adequate materials for this application, no procedure is presently available to validate the properties of alternative hardened cement slurries. In this scenario, the objective of the present study was to evaluate the mechanical behavior of Portland-based slurries containing SBR latex. Were formulated slurries with densities of 15.6 lb/Gal, containing additives with a latex concentration of 0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 gpc. API compressive strength and tensile diametral compression were performed. The results showed that with the increasing of polymer concentration occurred a decrease in the compressive strength and in the elasticity modulus of the cement slurries, which suggests a larger deformation of the same. Also were verified that the tensile diametral compression is an auxiliary appropriate method to measure the mechanical properties of cements applied in wells submitted to steam injection, for measuring mechanical stress suffered by the cement in other directions that the API test is not able to analyze.

Keywords: Cement slurries, SBR latex, oil well, steam injection

1. Introdução

A cimentação, primária ou secundária, de poços de petróleo tem como função básica garantir a estabilidade mecânica e o isolamento zonal de um poço durante toda vida útil do mesmo. A pasta de cimento é posicionada no espaço anular entre a parede do poço e o revestimento descido em cada fase da perfuração, em que esta tem como principais objetivos isolar a formação rochosa e suportar o peso dos revestimentos utilizados.

Pastas cimentantes constituídas apenas de cimento e água têm se mostrado ineficientes, devido a sua natureza frágil. Por isso, novas formulações de pastas de cimento aditivadas com materiais poliméricos com características flexíveis têm sido estudadas⁽¹⁻³⁾.

Um dos grandes motivos de se estudar novas formulações de pastas de cimento resistentes é a grande utilização, na região nordeste, dos métodos térmicos de recuperação de petróleo. O método mais recomendado para reservatórios com óleo do tipo pesado, com maiores índices de recuperação, é a injeção de vapor devido à tecnologia ser amplamente dominada, obter resposta rápida aumentando a produção dentre outros fatores⁽⁴⁾.

Hoje, a busca por pastas de cimento aditivadas com polímeros em dispersão aquosa para cimentação de poços de petróleo sujeitas à injeção de vapor é uma atividade em desenvolvimento. Estas pastas aditivadas têm o desafio de melhorar as propriedades mecânicas, além de evitar a migração de gás durante o processo de fratura. Com isso, a utilização de látex SBR tem sido uma alternativa para melhorar estas propriedades.

Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo geral formular sistemas de pastas de cimento Portland, aditivadas com látex SBR em diferentes concentrações, além de aditivos convencionalmente utilizados, adequando-as à cimentação de poços de petróleo sujeitos a injeção de vapor. Foram estudadas as propriedades mecânicas de resistência à compressão (API) e tração por compressão diametral. Também foram analisadas quais das seguintes variáveis, tempo de cura, concentração do polímero e interações influenciam na resistência à compressão das pastas.

2. Metodologia

Na formulação de pastas de cimento Portland para cimentação de poços de petróleo é importante observar quais fatores influenciam seu desempenho mecânico. Os fatores em estudo nesse trabalho são: a concentração do polímero utilizado na pasta e o tempo de cura da pasta simulando uma situação real em um poço de petróleo. Sabe-se que a adição do polímero acarreta alterações das propriedades como viscosidade, permeabilidade e porosidade da pasta, bem como modificações na cinética de hidratação destas pastas. Em função destes parâmetros, todas as pastas foram formuladas com cimento Portland especial, antiespumante, dispersante, controlador de filtrado e acelerador de pega, além do látex SBR em algumas formulações.

2.1- Resistência à compressão (API)

Este ensaio foi realizado preparando-se as pastas e vertendo-a em três moldes plásticos de forma cúbica de 50 mm de aresta, para cada formulação, e fechado. Depois, foram levados à cura, à temperatura de 38 °C e a pressão atmosférica, em um Banho Termostático com água, que possui dimensões adequadas à imersão completa dos moldes e também um sistema de circulação realizado por um agitador⁽⁵⁾.

As curas foram realizadas em 24 h, 48 h, 10 dias e 28 dias de imersão, os moldes foram removidos do banho, após o tempo específico de cura de cada um, e desmoldados. A ruptura dos mesmos foi realizada em uma Máquina Universal de Ensaio Shimadzu Autograph Modelo AG-I, controlada pelo programa TRAPEZIUM 2.

Os ensaios de resistência à compressão foram feitos em temperatura ambiente, utilizando-se uma velocidade de carregamento de 17,9 KN/min.

2.2- Ensaio de Tração por Compressão Diametral

A determinação da resistência à tração por compressão diametral foi realizada nas amostras contendo 0, 1,0 e 2,0 gpc de látex, curadas à 38° C por 10 dias.

Para realização deste ensaio, foram preparados três corpos de prova cilíndricos com dimensões de: diâmetro de 40 mm e comprimento de 80 mm para cada formulação estudada. Os mesmos foram curados a 38 °C durante 10 dias em banho termostático com água. Um desenho esquemático do ensaio está ilustrado na Figura 1.

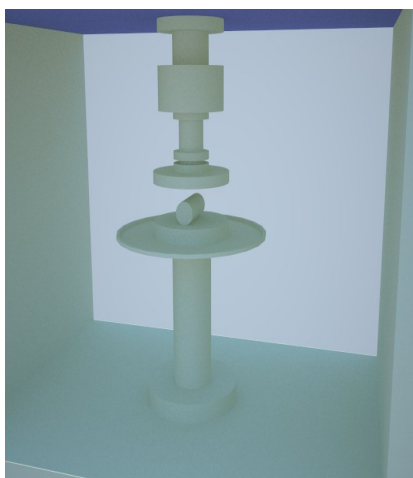


Figura 1 – Desenho esquemático do ensaio de tração por compressão diametral.

Os ensaios foram realizados em máquina universal de ensaio Shimadzu Autograph Modelo AG-I, controlada pelo programa TRAPEZIUM 2, os corpos de prova foram colocados sobre o prato da máquina de ensaio. Foram colocadas inserções com 45 mm de comprimento e 3 mm de largura acima e abaixo dos corpos de prova, afim de melhor distribuir as tensões nos corpos. Os pratos da máquina foram ajustados até que fosse obtida uma ligeira compressão capaz de manter em posição o corpo de prova. Os ensaios mecânico de tração por compressão diametral foram realizados a temperatura ambiente.

A carga foi aplicada continuamente, com crescimento constante da tensão de tração, indicada pela Equação (1), a uma velocidade de 2,795 KN/min até a ruptura do corpo de prova. A distribuição das tensões principais no plano diametral mostra que para quase toda a seção existe uma tensão constante de tração, normal ao plano da seção, assim temos que:

$$\sigma_t = \frac{2F}{\pi DL} \quad (1)$$

Onde:

σ_T = Resistência à tração por compressão diametral (MPa);

F = Carga Máxima obtida no ensaio;

D = Diâmetro do corpo de prova;

L = Comprimento do corpo de prova;

3. Resultados e Discussão

3.1- Resistência à Compressão (API)

Este ensaio foi realizado com a intenção de avaliar a influência do látex SBR nas propriedades mecânicas em diferentes tempos de cura (24 h, 48 h, 10 dias e 28 dias) em pastas curadas à 38 °C.

As Figuras 2 e 3 apresentam os resultados das evoluções de resistência à compressão e do módulo de elasticidade em função da concentração de látex SBR para as pastas 15,6 lb/Gal (1,869 g/cm³). Há um crescimento normal dos valores de resistência mecânica e do módulo elástico das amostras ao longo das idades, pelo avanço da hidratação dos componentes do cimento.

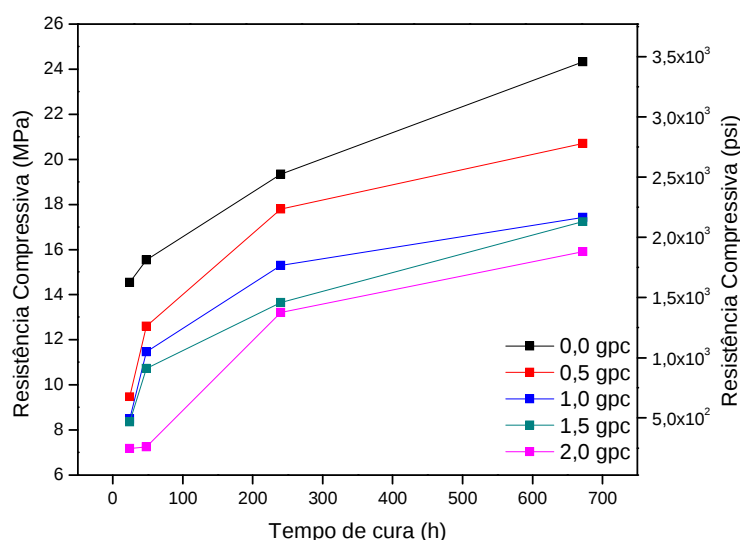


Figura 2 - Resistência compressiva em função do tempo de cura para as pastas 15,6 lb/Gal.

Em geral, a utilização de látex em sistemas de pastas de cimento apresenta um aumento notável nos valores de resistência a tração e a flexão, em comparação a sistemas de pastas de cimento que não contém látex ⁽⁶⁾.

Esse efeito é provocado pelo látex que tem efeito retardante, dificultando a formação de cristais de Etringita, aumentando a maturidade da pasta e a quantidade de água na microestrutura de cimento. Com o tempo de cura aumentado, a resistência é aumentada devido a uma maior formação de C-S-H no decorrer dessa cura. Isso é visto com clareza na pasta sem látex curada por 28 dias. Já nas pastas formuladas com látex SBR observa-se que esse tempo de cura é bem mais lento, pois seu efeito retardante é diminuído após a evaporação da água presente na microestrutura da pasta e aparecimento do C-S-H com esse efeito.

A adição de látex SBR ao cimento Portland não apenas diminui a resistência a compressão, mas também a taxa de ganho de resistência, pois a medida que a concentração do polímero aumenta, uma maior quantidade de estrutura amorfa está presente na pasta de cimento ⁽⁷⁾.

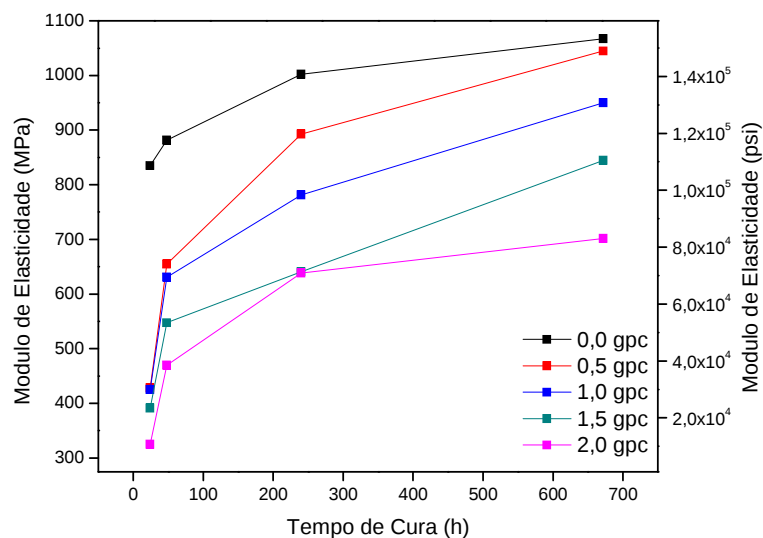


Figura 3 – Módulo de elasticidade em função do tempo de cura para as pastas 15,6 lb/Gal.

A adição de látex, que torna o material consideravelmente mais flexível devido a sua falta de simetria ao longo da cadeia, faz com que a resistência da pasta de cimento seja mais dependente da concentração de polímero ⁽⁷⁾.

Um fato importante a se analisar é que a medida que a concentração de látex SBR aumenta, ocorre um aumento significativo no número de poros na superfície de fratura dos corpos, fator que reduz drasticamente a resistência compressiva do material.

Para as amostras contendo látex SBR, também não foram observadas variações significativas de resistência à compressão e módulo de elasticidade nas primeiras idades de cura (24 e 48 h). Os resultados obtidos mostraram tendências de redução da resistência à compressão dos módulos elásticos com o aumento da concentração de látex SBR na pasta cimentante.

3.2- Resistência à Tração por Compressão Diametral (Brazilian Test)

Sabe-se que vários fatores afetam a resistência de uma pasta de cimento como temperatura, pressão, fator água/cimento, tempo de cura, aditivos utilizados na formulação da pasta. Por isso, que o teste de resistência à tração por compressão diametral foi realizado utilizando diferentes concentrações (0,0 gpc, 1,0 gpc e 2,0 gpc) de látex SBR.

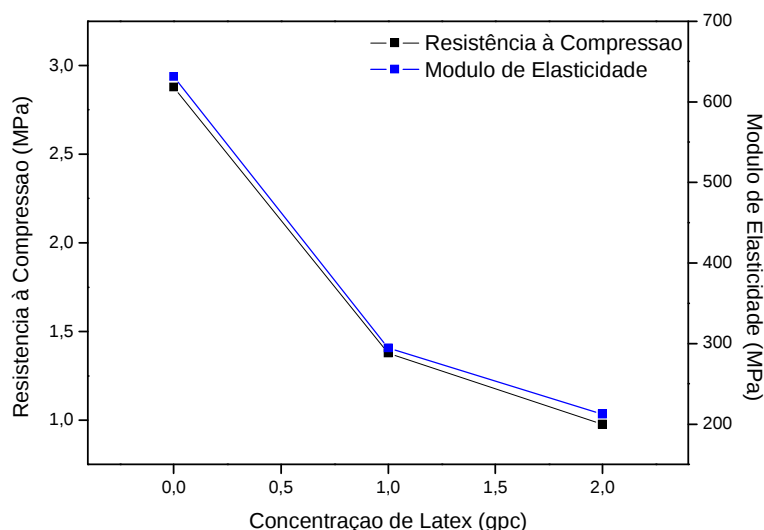


Figura 4 – Curvas de Resistência à Tração por compressão diametral em função da concentração de látex SBR.

Na Figura 4, observa-se que o aumento da concentração do polímero diminui a resistência à tração por compressão diametral das pastas formuladas, assim como o módulo de elasticidade. Fato este que pode também ser explicado pelo efeito da quantidade de estrutura amorfa presente nas pastas, o que fornece mais flexibilidade aos materiais, além de uma maior quantidade de poros presentes nas pastas. O efeito retardante do látex, que dificulta a formação de cristais de Etringita, aumentando a maturidade da pasta e a quantidade de água na microestrutura de cimento também tem influência nestes resultados.

Conclusões

Como esperado, o aumento na concentração do polímero reduziu a resistência à compressão das pastas, porém houve uma melhora nos valores dos módulos elásticos das pastas, o que sugere uma maior deformação das mesmas.

O método de tração por compressão diametral se mostrou um método complementar adequado para se medir as propriedades mecânicas de cimentos utilizados em poços sujeitos a injeção de vapor, pois mede esforços mecânicos sofridos pelo cimento em outras direções que o ensaio API não é capaz de analisar. Dessa forma, pode-se entender de maneira mais real, o que ocorre nestes tipos de poços.

Em resumo, as pastas podem ser aplicadas numa operação de cimentação de poço de petróleo sujeito a injeção de vapor, bem como em poços HPHT.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Laboratório de Cimento da UFRN, à Agência Nacional de Petróleo (ANP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro

Referências Bibliográficas

- (1) SANTOS JUNIOR, B.F., Modificações morfológicas e estruturais de pastas de cimento aditivadas com termofixos a base de epóxi para utilização em poços de petróleo, Dissertação de Mestrado em Física, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe.
- (2) MARINHO, E.P.M., Desenvolvimento de pastas geopoliméricas para cimentação de poços de petróleo, Tese de Doutorado em Ciências e Engenharia dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, 2004.
- (3) SILVA, D.A.; ROMAN, H.R.; GLEIZE, P.J.P., Evidências de interação química do copolímero EVA com cimento Portland em hidratação, Revista de Ciência e Tecnologia de Materiais de Construção, v. 1, p.54-65, 2004.
- (4) NASCIMENTO, J. H. O.; Adição de Poliuretana não iônica a cimento Portland especial para Cimentação de Poços de Petróleo. 2006. p 32. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- (5) ABNT - Normas destinadas à cimentação de poços de petróleo: Determinação da Resistência à Compressão (NBR-9828). Rio de Janeiro, 1993.
- (6) RAMACHANDRAN, V.S., Concrete admixtures handbook: properties, science, and technology, 2nd ed., 1985
- (7) ÇOLAK, A., Properties of plain and latex modified Portland cement pastes and concretes with and without superplasticizer. Cement and Concrete Research 35 (2005) 1510– 1521