

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



TÍTULO DO TRABALHO:

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO CIMENTO PORTLAND COMPOSTO DO TIPO CII-F PARA APLICAÇÃO EM CIMENTAÇÃO DE POÇOS PETROLÍFEROS

AUTORES:

Bruno Leonardo de Sena Costa ¹, Francisco Aldemir Teles Bélem ², Danilo Brasil Ribeiro ¹, Filipe Silva de Oliveira ¹, Julio Cezar de Oliveira Freitas ³, Dulce Maria de Araújo Melo ³

INSTITUIÇÃO:

¹ PPGCEM – Programa de pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais/UFRN, ² Petrobras - Petróleo Brasileiro S/A, ³ Departamento de Química/UFRN

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO CIMENTO PORTLAND COMPOSTO DO TIPO CPII-F PARA APLICAÇÃO EM CIMENTAÇÃO DE POÇOS PETROLÍFEROS

Abstract

The Compound Portland cements are commonly used in construction, among them stand out the CPII-F. These type of cement have limited application on oil well cementing, having its compositional characteristics focused specifically to construction, as cement for use in oil wells has greater complexity and properties covering the specific needs for each well to be casing. For operations of oil wells cementing are used Portland cements designed specifically for this purpose. The American Petroleum Institute (API) classifies cements into classes designated by letters A to J. In the petroleum industry, often it is used Class G cement, which is a cement that meets all requirements needed. We also have special cement developed by CENPES / Petrobras with the cement industry to meet industry operations in the Northeast Brazil. According to the scenario described above, this paper aims to present a credible alternative to apply the compound cements in the oil industry due to the large availability of this cement in relation to oil well cements. Later technological tests were conducted to determine the limits set by the NBR 9831.

Introdução

As pastas de cimento são utilizadas na cimentação de poços petrolíferos com o objetivo de isolar os diferentes tipos de formações geradores de fluidos, fixar o tubo de revestimento e promover estabilidade mecânica ao poço. Após a descida da coluna de revestimento, o espaço anular entre o revestimento e a formação rochosa é preenchido com cimento, de modo a fixar a tubulação e evitar que haja migração de fluidos entre as diversas zonas permeáveis atravessadas pelo poço, por detrás do revestimento (THOMAS, 2001). Tal operação é chamada de cimentação primária.

Para as operações de cimentação de poços petrolíferos são usados cimentos Portland desenvolvidos especialmente para tal finalidade. Na indústria do petróleo, comumente se utiliza o cimento da classe G, por ser um cimento que atende praticamente todas as condições previstas para os cimentos das classes A até E. Como alternativa ao cimento Portland classe G para uso em poços de petróleo foi desenvolvido um cimento denominado cimento Portland Especial, com a finalidade de abastecimento da região Nordeste do Brasil (E&P-BA, E&P-SEAL e E&P-RNCE).

Ao incorporar um resíduo ao cimento Portland altera-se as características dos aglomerantes, entretanto, as condições específicas, podem ser preservadas bem como o seu desempenho. A incorporação de resíduo ao cimento poderá possibilitar a redução da quantidade de clínquer por m³ de concreto/argamassa.

Algumas das razões que motivaram a realização desta pesquisa foram:

- a) Otimização da exploração de petróleo por meio da redução de seus custos operacionais;
- b) Utilização do cimento Portland composto, como um material mais acessível para a cimentação primária, em função de suas características tecnológicas e econômicas;

c) Oferecer uma alternativa segura e abundante a fim de suprir as necessidades das operações de cimentação de poços petrolíferos na região nordeste, principalmente;

Diante do exposto, foram realizados estudos para avaliar as propriedades do cimento Portland composto, com objetivo de viabilizar sua aplicação como fonte de cimento alternativo ao uso do cimento Portland Especial, convencionalmente utilizado em operações de cimentação de poços petrolíferos.

Metodologia

Uma das etapas de grande importância para um correto planejamento de uma operação de cimentação é a escolha do sistema de pasta de cimento a ser utilizado. Esta escolha é realizada com base em testes laboratoriais, seguindo técnicas que permitem a simulação das condições reais a que a pasta de cimento estará submetida no poço (pressão e temperatura). Neste trabalho foram realizados ensaios padrões para especificação de cimentos aplicados em poços petrolíferos, de acordo com a Norma NBR 9831. Os ensaios realizados foram: Determinação do tempo de bombeabilidade; Determinação dos parâmetros reológicos; Ensaio de resistência à compressão e Teor de água livre.

Para as formulações das pastas cimentantes deste trabalho, foram utilizados os seguintes materiais: Cimento Portland Especial, fornecido pela CIMESA (padrão de comparação), Cimento Portland do tipo CII-F e água destilada.

Cálculos e formulações das pastas cimentantes

A formulação de uma pasta de cimento se inicia com o cálculo do rendimento, fator água-cimento (FAC), fator água de mistura e das concentrações de cada componente utilizado. Para obtenção das diversas propriedades de uma pasta, fixam-se o peso específico da mesma e as concentrações de aditivos sólidos e líquidos. Todos esses cálculos são efetuados de acordo com a API.

Para efetuar os cálculos é necessário conhecer as densidades absolutas dos materiais a serem utilizados nas formulações. Na Tabela 1 encontram-se os valores de densidade e de volume específico dos materiais usados nas pastas. As pastas foram formuladas com densidades de 14,0; 14,2; 14,5; 14,8; 15,0; 15,2; 15,4 e 15,6 Lb/Gal.

Tabela 1 - Valores de densidade e volume específico a 25°C dos materiais utilizados para a realização dos cálculos.

Material	Tipo	Densidade (g/cm³)	Volume específico (gal/lb)
Cimento Portland	Especial	3,13	0,0382
Cimento Portland	CII-F	2,96	0,0405
Água	Destilada	0,99	0,1202

Mistura e homogeneização das pastas formuladas

A mistura das pastas foi realizada em um misturador Chandler modelo 80-60. Imediatamente após a mistura das pastas, realizou-se a homogeneização das mesmas, em uma célula de um consistômetro atmosférico Chandler modelo 1200 por 20 minutos em temperatura ambiente (27 °C) e aquecida (52 °C).

Resultados e Discussões

Os valores dos parâmetros reológicos para os cimentos destinados a cimentação de poços petrolíferos seguem a norma NBR-9831. Os parâmetros estudados foram a viscosidade plástica, o limite de escoamento, o gel inicial e o gel final. Nas Figuras de 1 a 4, estão apresentados os resultados dos ensaios de reologia para as pastas na temperatura de 27 °C e 52 °C. As linhas vermelhas representam os valores descritos na NBR-9831.

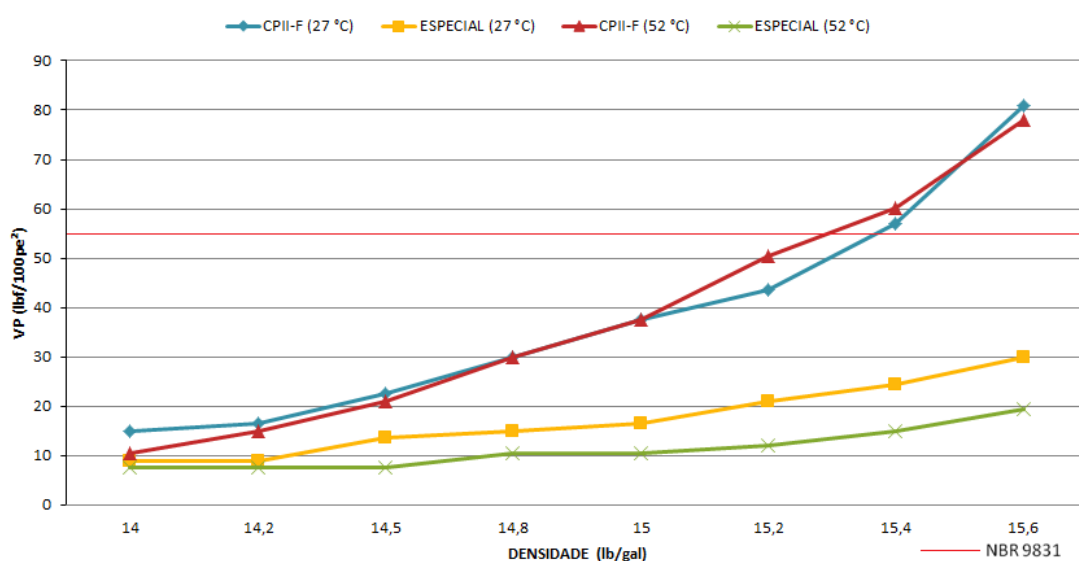


Figura 1 – Resultados da viscosidade plástica para o ensaio a 27 e 52 °C

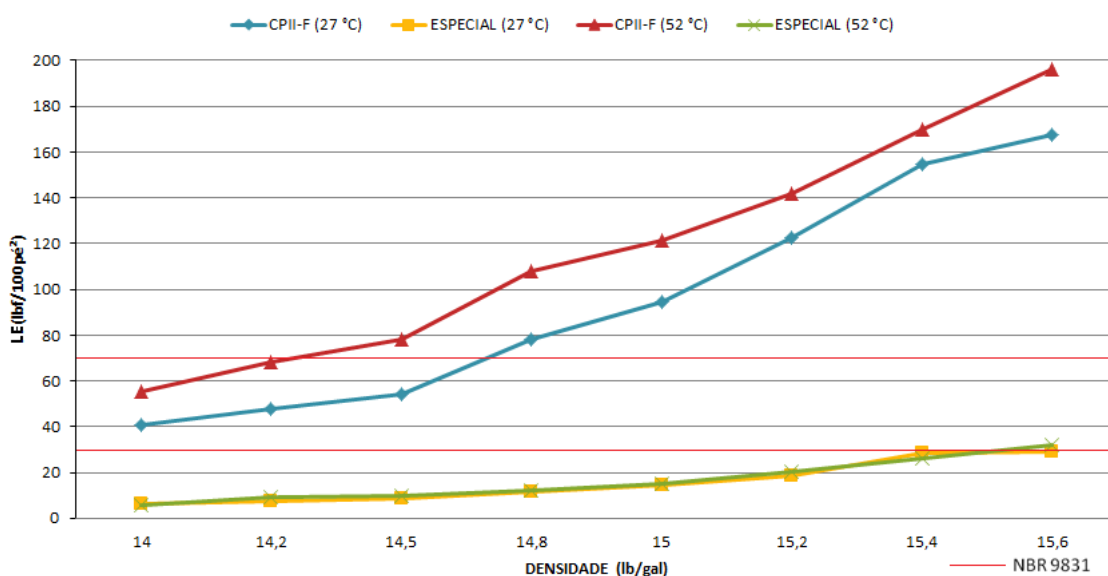


Figura 2 – Resultados do limite de escoamento para o ensaio a 27 e 52 °C

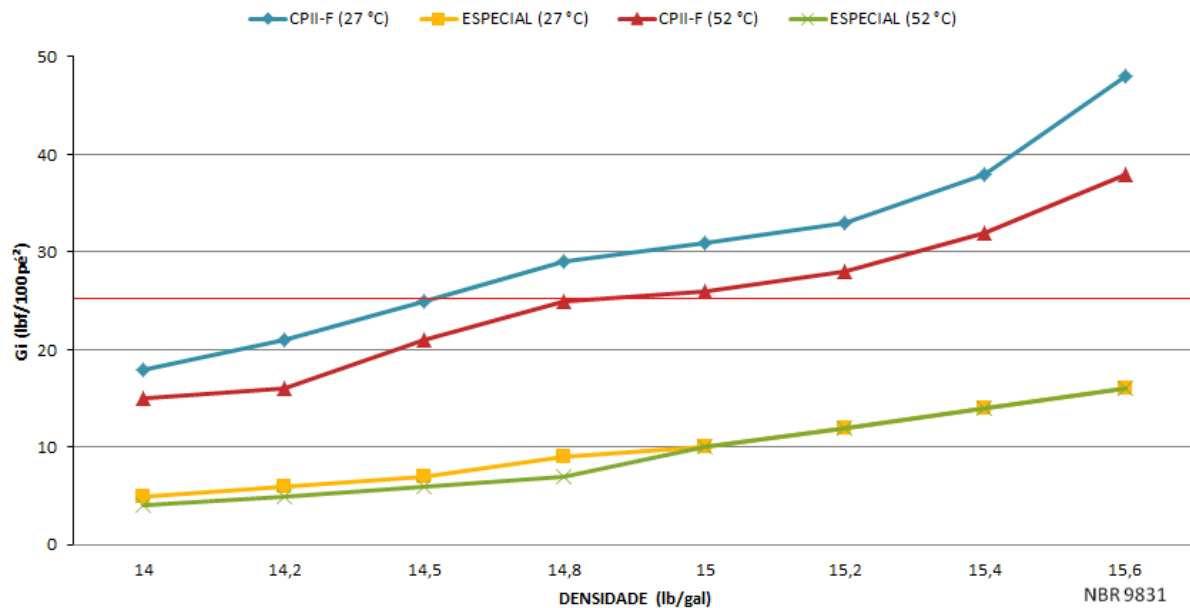
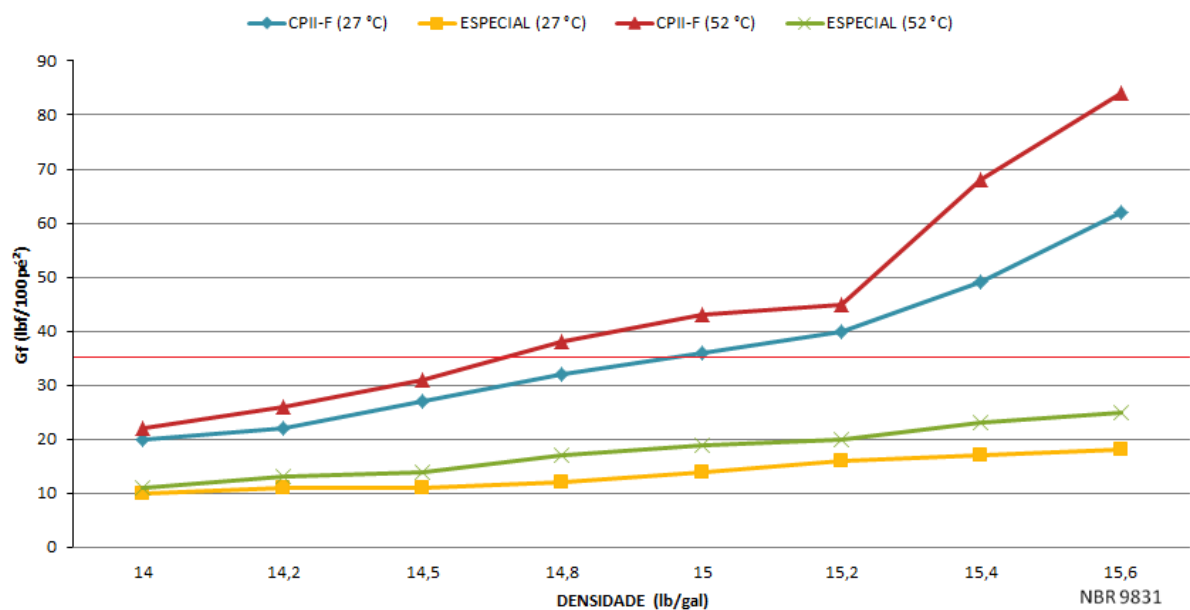


Figura 3 – Resultados do gel inicial para o ensaio a 27 e 52 °C



Figuras 4 – Resultados do gel final para o ensaio a 27 e 52 °C

As partículas do aditivo mineral, no caso do cimento CII-F, material carbonático, cujo diâmetro médio é aproximadamente cem vezes inferior que o diâmetro das partículas de cimento, preenche os espaços vazios existentes entre os grãos de cimento (efeito filler). Este mecanismo resulta no aumento de coesão das partículas com consequente aumento da viscosidade.

O cimento Especial possui menores parâmetros reológicos comparados ao CII-F. Este comportamento pode ser justificado devido à ausência de adições, além de um maior tamanho médio de partícula.

O mesmo comportamento é observado para os ensaios reológicos aquecidos a 52 °C.

O resultado de água livre à temperatura ambiente é importante para quantificar o volume de água sobrenadante, ou seja, da água que não participará das reações de hidratação do cimento. Os resultados de água livre estão descritos na Figura 5. A Figura 6 detalha o tempo de espessamento das pastas de cimento, em função das densidades estabelecidas. A linha vermelha representa o valor descrito na NBR-9831.

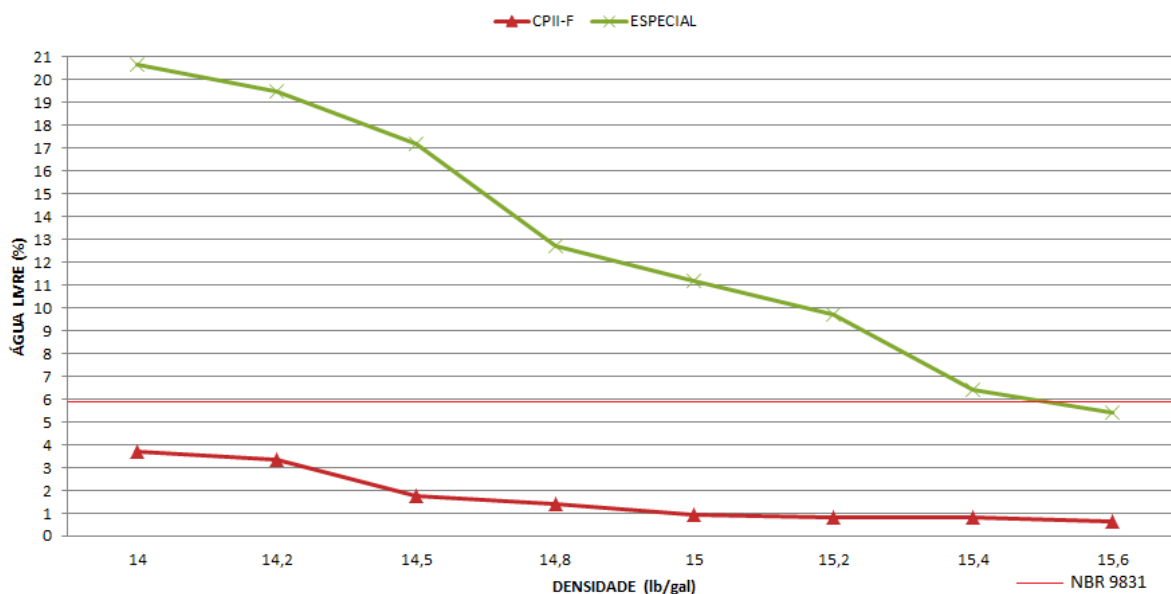


Figura 5 – Resultados dos ensaios de água livre

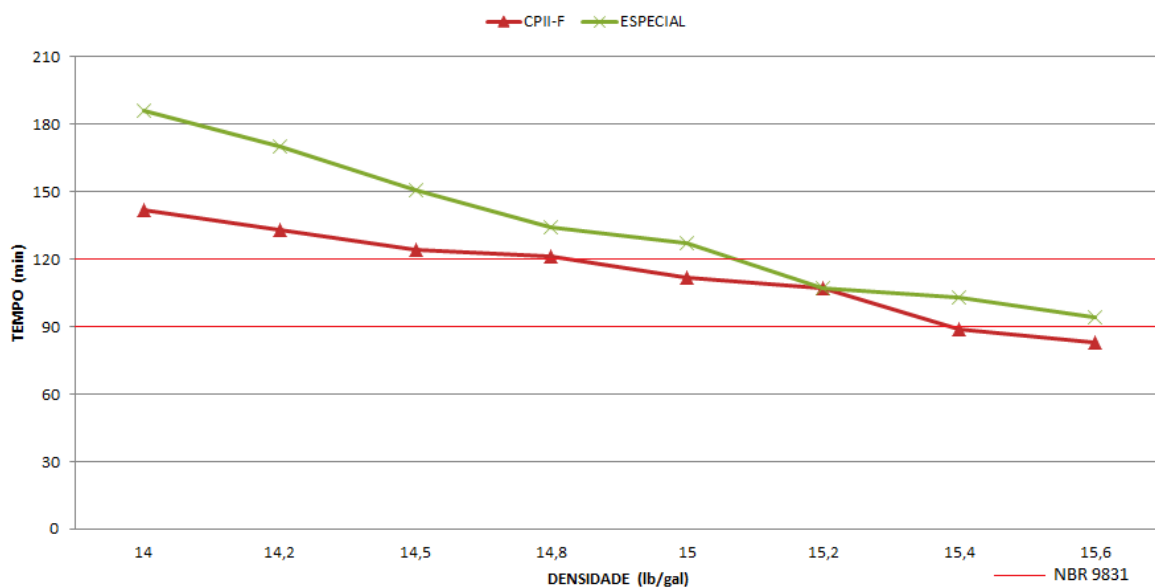


Figura 6 – Resultados do tempo de espessamento

O pequeno tamanho de partícula do cimento CII-F, é um dos fatores que ajudaram no baixo volume de água livre. Partículas menores são mais reativas, devido à maior área superficial em contato com a água, acelerando os processos de hidratação. No caso do cimento Especial, além do elevado fator água-cimento, o maior tamanho de partícula também contribuiu para o aumento no volume de água livre, devido à menor área superficial, o que proporcionou uma maior liberação de água para a superfície.

A redução dos tempos de pega das pastas do cimento CII-F, verificado pelo aumento da consistência, não significa necessariamente que se deve à consolidação do meio devido à hidratação

do cimento. O cimento CII-F apresentou altos valores dos parâmetros reológicos. O alto teor de adições calcárias ocasionou o efeito filler nas pastas formuladas com este tipo de cimento, proporcionando maiores valores de consistência inicialmente aos testes.

A Figura 7 apresenta os valores das tensões para os ensaios realizados com 8 horas de cura a 38 e 60 °C. Para os corpos curados com 24 horas, os resultados estão apresentados na Figura 8, onde foram também analisados nas temperaturas de 38 °C e 60 °C.

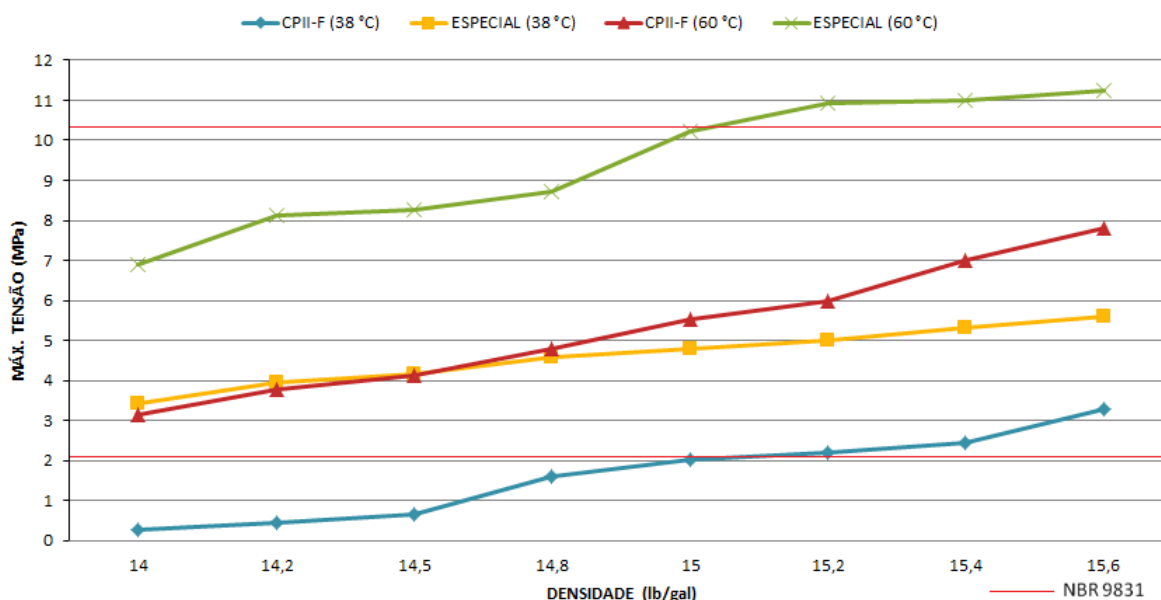


Figura 11 e 12 – Resultados de resistência mecânica das pastas com 8 horas de cura para 38 e 60 °C

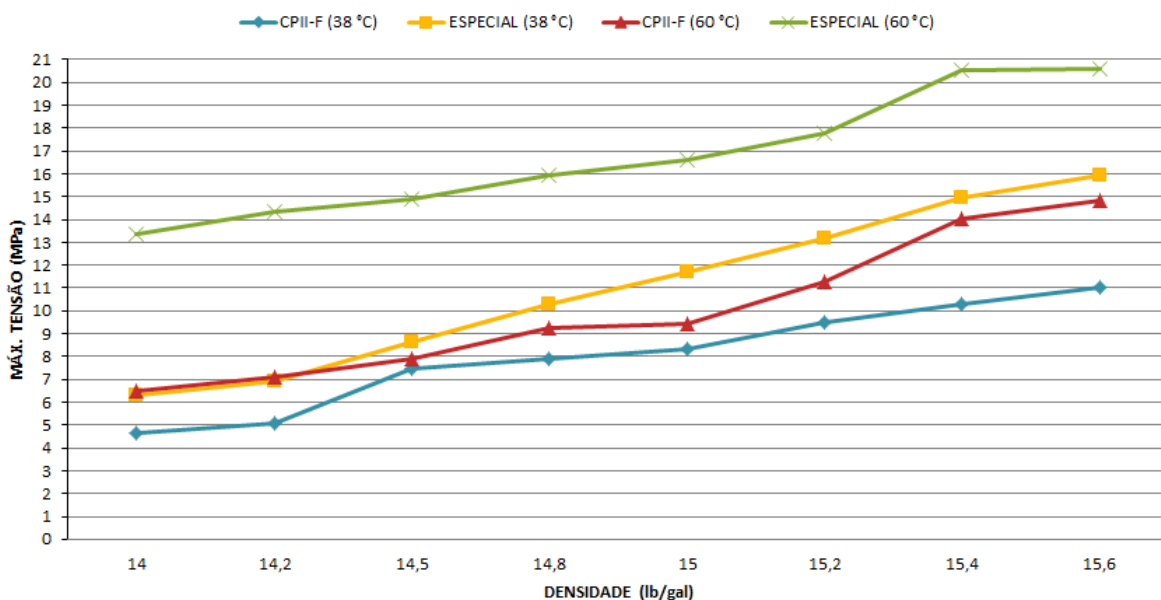


Figura 13 e 14 – Resultados de resistência mecânica das pastas com 24 horas de cura para 38 e 60 °C

O CII-F mostrou um comportamento mecânico satisfatório para as maiores idades. Análises mostram que a presença dos silicatos (C_3S e C_2S) além do $CaCO_3$ e do SiO_2 neste tipo de cimento melhoram sua resistência mecânica. Estes constituintes provavelmente reagem na presença de água formando mais C-S-H, microestrutura responsável pela resistência mecânica do material.

Conclusões

Este trabalho foi elaborado no intuito de estudar um sistema de pasta de cimento Portland composto com o objetivo de especificá-lo e colocá-lo como alternativa ao cimento Portland para poços petrolíferos do tipo Especial.

É recomendável, para emprego em campo, especificar a batelada ou simplesmente o lote do cimento composto CII-F antes do seu uso. Durante o trabalho foram testados três sacos diferentes do cimento CII-F adquiridos no comércio, onde não havia especificado a procedência, apenas a data de fabricação. Foi detectada uma variação nas propriedades das pastas, mais especificamente na reologia e na resistência à compressão, mas nada que reprovasse o uso do produto.

A proximidade da fábrica de cimento ao local onde o mesmo será utilizado é outro ponto importante a se observar, pois trará economia de tempo, facilitação da logística e provavelmente haverá disponibilidade do material continuamente. O fato de o cimento ser produzido e fornecido pela mesma fábrica dá certa garantia no controle da produção e conseqüente homogeneidade das bateladas.

O cimento composto do tipo CII-F é apresentado como uma possível alternativa para cimentação primária de poços de petróleo. Recomendam-se novos ensaios simulando a temperatura e pressão na profundidade desejada além de, a adequação das propriedades da pasta de cimento utilizando aditivos químicos.

Agradecimentos

A UFRN, ANP, LabCim, Petrobras, CNPq e Capes. A Deus, amigos e familiares.

Referências Bibliográficas

API. API SPEC 10A:, Specifications for cements and materials for well cementing, 2000(a).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cimento Portland destinado à cimentação de poços petrolíferos. NBR 9831. Rio de Janeiro: 1993. 3 p.

COSTA, J.C.C. Cimentação de poços de petróleo. 2004. Monografia em Engenharia de Exploração e Produção de Petróleo, Universidade Federal Fluminense (UFF), Macaé, RJ.

FREITAS, J.C.O., Adição de poliuretano em pastas de cimento para poços de petróleo como agente de correção de filtrado. 2008. Dissertação de Mestrado apresentada no Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.M. Concrete: microstructure, properties and materials. 1. ed. Berkeley: Editora University of Califórnia, 2001.

NELSON, E.B., Well cementing, Saint-Etienne: Schulumberger Educational Services, 1990.

TAYLOR, H.F.W. Cement Chemistry, Editora Academic Press, 2 ed., London, 1998.

THOMAS, J.E. Fundamentos de engenharia do petróleo, Editora Interciência. Petrobrás, Rio de Janeiro, 2001.