



AVALIAÇÃO DO USO DE CIMENTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM OPERAÇÕES DE CIMENTAÇÃO DE POÇOS PETROLÍFEROS.

Julio C. O. Freitas¹, Bruno L. S. Costa¹, Gilson Campos¹, Rafael A. Ventura¹, Willame G. S. Batista¹, Antônio L. Viana¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

RESUMO

A cimentação tem grande relevância na etapa de construção de poços de petróleo e gás pois envolve a instalação de elementos de barreira de segurança que irão compor os conjuntos solidários de barreiras que atuarão por todo o ciclo de vida do poço, garantido sua integridade a longo prazo. Dentre os materiais utilizados o cimento Portland tem papel de destaque como principal material utilizado nas operações, tendo em vista sua disponibilidade no mercado e seu custo atrativo. Para a aplicação em poços, onde as condições são muito mais drásticas do que aquelas encontradas na construção civil, exigências normativas surgiram para a adequação do cimento Portland a estes cenários. Os requisitos físicos e químicos exigidos do cimento Portland petrolíferos levam a necessidade de ajustes no processo fabril para produção de um clínquer específico e nos controles de qualidade durante sua produção, dado a especificidade da produção por bateladas e os ensaios de desempenho para sua aprovação. Diante do exposto realizou-se um estudo comparativo através de análises físicas de diferentes tipos de cimento Portland, tendo como referência o cimento Portland petrolífero classe G (CPP-G), em relação a outros tipos de cimentos normatizados para a construção civil: CPII-F (Cimento Portland composto com material carbonático), CPIII (Cimento Portland composto com escória de alto forno) e CPV (Cimento Portland de alta resistência inicial).

Palavras-chave: cimentação de poços; cimento Portland; integridade de poços.

INTRODUÇÃO

O cimento Portland aplicado em poços de petróleo e gás é regulado internacionalmente pela norma API SPEC 10A, e no Brasil pela ABNT NBR 9831:2020. Os requisitos físicos e químicos para produção e aplicação desses cimentos são estritamente controlados. Já os cimentos Portland aplicados na construção civil são normatizados no Brasil através da norma ABNT NBR 16697 (Cimento Portland – Requisitos).

A Tabela 1 apresenta os cimentos Portland utilizados neste estudo e os seus limites de adições de acordo com as normas vigentes e algumas recomendações de aplicações conforme a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

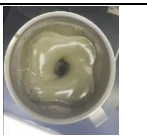
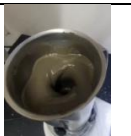
Tabela 1 – Alguns tipos de cimento Portland com os limites de composição (porcentagem de massa) e recomendações de aplicações conforme a ABCP.

Cimento	Composição (%)				Norma	Aplicação
	Clínquer + Gesso	Escória de alto forno	Pozolana	Filer		
CPII-F (Cimento Portland composto com material carbonático)	75-89	-	-	11-25	ABNT NBR 16697	Aplicações gerais da construção civil: argamassas de revestimento, assentamento e rejuntamento; concretos simples, magro, armado, protendido; pré-moldados; pisos e pavimentos etc.
CPIII (Cimento Portland de alto forno)	25-65	35-75	-	0-10		Argamassas de revestimento e assentamento; concretos simples, magro, armado, protendido; pré-moldados; pisos e pavimentos etc.
CPV (Cimento Portland de alta resistência inicial)	90-100	-	-	0-10		Principalmente em pré-moldados
CPP Classe G (Cimento Portland petrolífero)	100	-	-	-	ABNT NBR 9831	Cimentações gerais em poços petrolíferos

METODOLOGIA

A primeira etapa da metodologia aplicada objetivou avaliar comparativamente a consistência das pastas de cimento puras, constituídas de cimento e água destilada, fixando-se a massa específica em 15,8 lb/gal.

Tabela 2 – Dados de consistência e análise visual das pastas.

CPP-G referência [15,8 lb/gal]	CPII-F [15,8 lb/gal]	CPIII [15,8 lb/gal]	CPV [15,8 lb/gal]
			
Consistência: 7 Uc	Consistência: 18 Uc	Consistência: 26 Uc	Consistência: 15 Uc
CPP-G referência [15,8 lb/gal]	CPII-F ajustada [14,8 lb/gal]	CPIII ajustada [14,0 lb/gal]	CPV ajustada [14,8 lb/gal]
			
Consistência: 7 Uc	Consistência: 7 Uc	Consistência: 7 Uc	Consistência: 7 Uc

A etapa seguinte buscou-se adequar a consistência das pastas preparadas com cimentos da construção civil para se atingir a mesma consistência da pasta pura 15,8 lb/gal. Os resultados das consistências estão apresentados na Tabela 2. Na última etapa da pesquisa foram analisados os requisitos físicos de todas as pastas considerando a aplicação em um poço com profundidade vertical de 1000 metros e gradiente geotérmico de 1,7 °F/100pés obedecendo a API RP 10B-2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

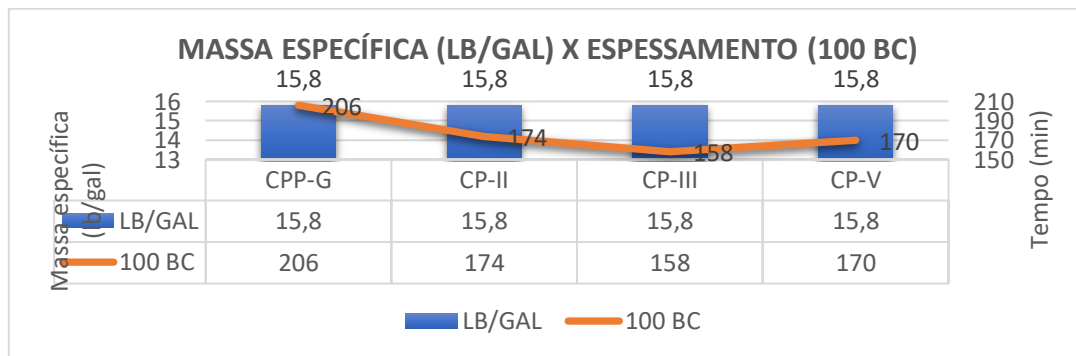
Os resultados mostraram comportamentos distintos e relevantes entre os cimentos. A Tabela 3 apresenta os resultados das análises físicas de todas as pastas.

Tabela 3 – Resultados das análises físicas.

Amostra	Cimento	Massa específica (lb/gal)	Fator água-cimento (FAC)	Consistência (Uc)	Fluido livre (%)	Tempo de espessamento – 100 Bc (min)	Δp (lb/gal)	Resistência à compressão em 24h (psi)
Referência	CPP-G	15,8	0,46	7	3,51	206	0,178	2462
Grupo 1	CPII-F	15,8	0,42	18	0,34	174	0,073	2454
	CPIII	15,8	0,42	26	1,24	158	0,196	3205
	CPV	15,8	0,45	15	0,77	170	0,105	2997
Grupo 2	CPII-F	14,8	0,54	7	1,55	424	0,105	1292
	CPIII	14,0	0,66	7	7,72	598	0,323	1213
	CPV	14,8	0,57	7	2,14	203	0,031	1563

Os resultados do tempo de espessamento (100 Bc) das pastas estão apresentados graficamente nas Figuras 1 e 2. Esses resultados evidenciam a diferença de comportamentos e ensejam a necessidade do uso de aditivos químicos para ajustar as pastas preparadas com cimento da construção civil em relação a pasta de referência.

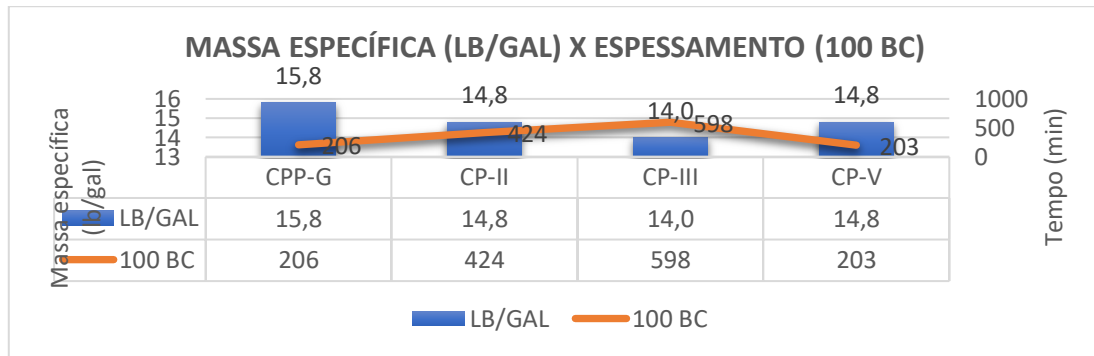
Figura 1 – Resultados dos testes de espessamento das pastas com massa específica fixada em 15,8 lb/gal em referência ao cimento Portland petrolífero classe G (Grupo 1).



Verifica-se que a pasta de referência apresentou tempo de espessamento (100 Bc) de 204 min (03h24m), e a pasta com cimento CPII-F, de mesma massa específica (15,8 lb/gal), 174 min (02h54m). Constata-se inequivocamente que para ajustar a pasta nas mesmas propriedades físicas em relação à referência seria necessário utilizar aditivos químicos na pasta preparada com CPII-F.

Não obstante aos aspectos físicos mencionados, há ainda algo de relevante criticidade: os requisitos químicos. A depender do tipo de exposição do material ao meio as patologias cimentícias estarão suscetíveis a ocorrer.

Figura 2 – Resultados dos testes de espessamento das pastas com massa específica ajustada à consistência do cimento Portland petrolífero classe G (Grupo 2).



CONSIDERAÇÕES

A magnitude e a variação da concentração das cargas minerais durante a fabricação dos cimentos da construção civil dificultam o controle dos requisitos físicos exigidos nas normas API SPEC 10A e NBR 9831. As exigências normativas no controle de produção do cimento Portland classe G garante uma maior reprodutibilidade das propriedades requeridas.

O custo do cimento Portland Classe G é superior ao cimento da construção civil, contudo, a aditivação exigida para atender aos requisitos de aplicação podem elevar o custo por barril a valores muito superiores quando se utiliza cimentos compostos da construção civil. A escolha do cimento não deve estar associada apenas ao critério custo unitário do produto, deve-se levar em consideração o custo final para adequação (aditivação) aos requisitos operacionais para aplicação em campo.

As exigências normativas quanto aos requisitos químicos do cimento Portland Classe G garantem uma melhor durabilidade a longo prazo da matriz em cenários de subsuperfície (ambientes salinos e sulfatados).

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 9831:2020 – Cimento Portland para poços petrolíferos – Requisitos e métodos de ensaio.

ABNT NBR 16697:2018 – Cimento Portland – Requisitos.

API SPEC 10A – Cements and Materials for Well Cementing, 25th Edition, 2019.

API RP 10B-2 – Recommended Practice for Testing Well Cements, 2nd Edition, 2013.