



UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS MINERAIS SUSTENTÁVEIS NA CIMENTAÇÃO PARA APLICAÇÃO EM POÇOS DE INJEÇÃO DE VAPOR

Iuri B. M. Xenofonte, Orientador Rodrigo Cesar Santiago, Júlio Cezar de O. Freitas
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

RESUMO

Este estudo avalia a utilização de aditivos minerais sustentáveis na cimentação para aplicação em poços de injeção de vapor. A cinza de casca de arroz (RHA) é uma fonte sustentável de sílica que pode ser usada como alternativa à sílica ativa (SF) na cimentação antes da injeção de vapor. Outro material avaliado é o resíduo de biomassa da cana-de-açúcar, ambos com potencialidade para manutenção da resistência mecânica à compressão e permeabilidade do cimento para poços de petróleo. Através do estudo, foi observado que há uma possibilidade de substituição em até 30% de RHA e 35% de resíduo de biomassa da cana-de-açúcar, demonstrando competitividade em relação à SF. Essa substituição permite a garantia das propriedades mecânicas necessárias para as operações de cimentação de poços sujeitos à injeção de vapor, a redução de custos, bem como também favorece a economia circular, vinculado à utilização de materiais alternativos sustentáveis e renováveis.

Palavras-chave: Cinza de casca de arroz; resíduo de biomassa da cana-de-açúcar; sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A exploração de petróleo e gás é crucial para o fornecimento global de energia, mas recuperar petróleo viscoso de reservatórios desafiadores é problemático. A injeção de vapor é usada para tornar o petróleo mais fluido e facilitar a extração, mas a cimentação adequada dos poços de injeção de vapor é vital. A abordagem inovadora de usar aditivos minerais sustentáveis na cimentação visa melhorar a qualidade do cimento e promover práticas ambientalmente amigáveis. Isso inclui o uso de cinzas de casca de arroz, resíduos de biomassa de cana-de-açúcar e outros minerais naturais para manter a resistência e baixa permeabilidade do cimento, reduzindo a quantidade de cimento usado e minimizando os impactos ambientais.

Este estudo levou em comparação os artigos de Santiago et al. (2021) e de Anjos et al. (2013) sobre a mistura de cimento usando cinzas de casca de arroz e sobre hidratação do cimento de poço contendo resíduo de biomassa de cana-de-açúcar, respectivamente. Analisando os benefícios potenciais desses aditivos e implicações

econômicas. À medida que a indústria busca soluções mais sustentáveis, a utilização de aditivos minerais na cimentação de poços de injeção de vapor pode representar um avanço significativo em direção a operações mais eficazes, econômicas e ecologicamente responsáveis.

METODOLOGIA

Esse trabalho consistiu em uma análise bibliográfica, onde foram analisadas a utilização dos aditivos minerais sustentáveis *Rice Husk Ash (RHA)*, são as cinzas da casca de arroz (Santiago et al., 2021), e *Sugarcane Biomass Waste (SBW)*, os resíduos de biomassa de cana-de-açúcar (Anjos et al., 2013), onde são comparados a cimentação Portland e a farinha de sílica (SF) com concentração de 40% (BWOC – By weight of cement). Devido a injeção de vapor a temperatura em todo o poço irá aumentar, afetando assim tanto os fluidos contidos nos poros das rochas, como também toda a estrutura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico, serão expostos os resultados discutidos nesta análise bibliográfica. Todos os estudos trouxeram resultados satisfatórios, indicando possíveis diminuições nos gastos, melhorias na lucratividade e contribuição para a redução das emissões de CO₂.

As cinzas da casca de arroz (Santiago et al., 2021), é um material rico em dióxido de silício (SiO₂) e foi devidamente preparada visando garantir sílica predominantemente amorfa. Foi investigado o comportamento das pastas por meio de difração de raios X (DRX), análise termogravimétrica (TGA), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e ensaios de resistência à compressão uniaxial. Foram preparadas pastas seguindo as normas API RP 10B-2 (API, 2013), todas com densidades de 1,87 g/cm³ (15,6 lb/gal): uma pasta padrão (SS), duas pastas que contém as cinzas da casca do arroz (RHA20 e RHA30) e a pasta que contém a farinha de sílica (SF40). As pastas foram submetidas a diferentes tipos de ambientes de cura; cura úmida por 28 dias em condições simuladas para um poço de 500 m de profundidade a 45,55 °C e pressão atmosférica; depois desse período,

as pastas de cimento já endurecidas foram submetidas a simulação de um ciclo de injeção de vapor, com 280 °C e 2000 psi (13,8 Mpa) por 3 dias.

Nos resultados, todas as amostras apresentaram formação de novas fases, devido ao efeito da temperatura. No teste de difração de raios x, já foi possível ver quais as melhores pastas, as amostras de SF40 e RHA30 apresentaram 95,7% e 95,8% de Xonotlite, que apresenta relação Ca/Si igual a 1, sendo esse o valor mais desejado. Para deixar ainda mais precisa a análise do DRX, foi utilizada a microanálise química, onde as amostras SS e RHA20 apresentaram uma presença significativa de porosidade, enquanto nas amostras RHA30 e SF40 foi formada uma estrutura fibrosa bem consolidada, diminuindo significativamente a porosidade. Nos ensaios de resistência à compressão uniaxial o valor considerado aceitável para garantir uma boa cimentação que suporte as tensões existentes no poço é de 1500 psi (10,7 Mpa), as pastas SF40 e RHA30 tiveram resultados similares, 2590 psi (17,86 Mpa) e 2330 psi (16,07 Mpa) respectivamente, ambas possuem resistência superiores ao valor aceitável, podendo assim suportar os esforços mecânicos existentes.

Figura 1 – Resultados obtidos nos testes das amostras

Amostras	DRX	Termogravimetria (TG)				Força compressiva	Permeabilidade
Pasta de referencia	Predominancia de Portlandita					32,5 Mpa	0,56
SF40	Predominancia de Xenotlita e Tobermorita	A redução no teor de Ca(OH) ₂ em comparação com a RS foi de 30,6%				31,5 Mpa	0,07
SBW 10	-	A redução no teor de Ca(OH) ₂ em comparação com a RS foi de 34,7%				35,9 Mpa	-
SBW 20	Formação de silicatos de calcio e silico-aluminatos, como Condroiditas	A redução no teor de Ca(OH) ₂ em comparação com a RS foi de 49,9%				38,2 Mpa	0,14
SBW 30	-	A redução no teor de Ca(OH) ₂ em comparação com a RS foi de 30,4%				33,1 Mpa	0,06
SBW 40	Predominancia de Xenotlita e eTobermorita	A redução no teor de Ca(OH) ₂ em comparação com a RS foi de 21,4%				31,9 Mpa	0,02
Amostras	DRX	Termogravimetria (TG)					
		20° - 100°C	100° - 300°C	300° - 400°C	400° - 500°C		
SS	Única a apresentar a fase Portlandita como produto (9,7% em peso)	1,45%	1,63%	2,00%	2,10%	4,72 Mpa	-
SF40	Formação de Xonotlite (95,7%)	6,86%	1,00%	0,85%	0,70%	17,86 Mpa	-
RHA 20	Formação de Xonotlite (7,5%) e predominancia de Kilchoanita (95,2%)	10,29%	0,99%	1,28%	0,97%	4,7 Mpa	-
RHA 30	Formação de Xonotlite (95,8%)	6,76%	1,24%	1,19%	0,98%	16,07 Mpa	-

Fonte: Autor

Na pesquisa dos resíduos de biomassa da cana-de-açúcar (Anjos et al., 2013), foi utilizado como material comparativo cimento Portland especial, farinha de sílica e pastas com adição de SBW de 10-40%, foram curadas a 22 °C por 28 dias, sob pressão ambiente, também foi avaliado o efeito de um período de cura adicional de 3 dias a uma

temperatura de 280 °C e pressão de 17,2 Mpa. As pastas contendo de 10-40% de SBW foram avaliadas por meio de análise termogravimétrica, difração de raios X, resistência à compressão e permeabilidade.

As pastas contendo 10% e 20% apresentaram maiores resistências à compressão após os 28 dias, esse aumento na resistência se deu devido a redução do teor de Ca(OH)_2 , além de uma diminuição na porosidade. O método termogravimétrico se mostrou eficiente, e as reações pozolônicas dos resíduos de biomassa foi confirmado por análises TG/DTG nas pastas contendo SBW.

CONCLUSÃO

As cinzas da casca de arroz (Santiago et al., 2021), se revelaram promissores aditivos minerais que protegem a pasta de cimento contra degradação em operações de poços de injeção de vapor, além de contribuir para a minimização do impacto ambiental relacionado ao processamento do arroz, e sem contar que o aditivo possui um valor de mercado bem mais barato que a farinha de sílica, diminuindo assim o custo operacional.

Em relação a adição de resíduos de biomassa da cana-de-açúcar (Anjos et al., 2013), observou-se uma melhora da resistência à compressão e uma redução da permeabilidade em comparação à pasta de referência e ao SF40.

REFERÊNCIAS

Anjos, M.A.S., et al., 2013. Hydration of oil well cement containing sugarcane biomass waste as a function of curing temperature and pressure. J. Petrol. Sci. Eng. 109, 291–297.

API, 2013. API Recommended Practice 10B-2, Recommended Practice for Testing Well Cements. American Petroleum Institute, Washington.

SANTIAGO, R.C. et al. Sustainable cement blends for oil well steam injection using rice husk ash. J. Petrol. Sci. Eng., v. 199, p. 1-9, abr. 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.108281>.

SOLTANI, N. et al. Review on the physicochemical treatments of rice husk for production of advanced materials. J. Petrol. Sci. Eng., v. 264, p. 899-935, 15 mar. 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.11.056>.