

EFEITO DA ADIÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE ARGILA NAS PROPRIEDADES DA PASTA DE CIMENTO CLASSE G EM MEIOS RICOS EM CO₂

E. M. da Costa (1); M.K. de Moraes (1)

(1) Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Engenharia.

Av. Ipiranga, 6681, Prédio 30, sala 111, bloco F, CEP 90619-900, Porto Alegre-RS-Brasil

eleani@pucrs.br

RESUMO

Neste trabalho investiga-se a influência da incorporação de nanopartículas de argila na pasta de cimento classe G empregada na completação e abandono de poços de petróleo, em meios contendo CO₂ a alta pressão e temperatura. Para tal, pastas endurecidas de cimento classe G, com e sem adição de nanopartículas, foram submetidas a testes de degradação em CO₂ supercrítico úmido e água saturada com CO₂, a 90°C e 15MPa, durante 7, 21 e 56 dias. As técnicas de microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo, difração de raios-x e resistência à compressão foram utilizadas para avaliar o efeito da degradação na estrutura e propriedades mecânicas da pasta de cimento. A camada alterada quimicamente é constituída predominantemente de carbonato de cálcio. De modo geral, a inclusão de argila promoveu um aumento da camada alterada quimicamente, mas por outro lado minimizou a perda de resistência à compressão da pasta com o tempo.

Palavra chave: Cimento, poços de petróleo; degradação por CO₂, alta pressão; argila.

INTRODUÇÃO

Atividades industriais e o consumo exagerado de combustíveis fósseis desde a era industrial têm aumentado a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, entre eles o CO₂, o que tem contribuído para as alterações no clima global, conduzindo ao agravamento do fenômeno do aquecimento global. O armazenamento geológico de CO₂ (CCS) surge como uma alternativa contra o aquecimento global. Esta tecnologia consiste na separação e captura do CO₂ nas fontes emissoras estacionárias antes de sua emissão para a atmosfera, seguida de transporte para o local de armazenamento, e injeção no interior de formações

geológicas, devendo permanecer armazenado por um longo período de tempo (centenas ou milhares de anos). Entre as opções de armazenamento geológico, destacam-se os campos ativos e depletados de óleo e gás, camadas de carvão profundas e aquíferos salinos. Para viabilizar o armazenamento de grandes quantidades, o CO₂ deve ser injetado no estado supercrítico (pressão maior que 7,38 MPa e temperatura superior a 31 °C), condição que ocorre a partir de profundidades superiores à 800 m. Apesar do CO₂ ser injetado em formações geológicas há várias décadas para vários fins, incluindo a recuperação avançada de petróleo, o armazenamento do CO₂ por longo prazo é um conceito relativamente novo. O sucesso do uso CCS depende, entre outros fatores, da segurança do confinamento do CO₂ nos reservatórios, uma vez que fugas de CO₂ podem contaminar os lençóis freáticos e quando atinge a superfície pode ter um efeito adverso sobre a vegetação, o ambiente, os animais e as pessoas ^(1, 2).

Dentre as possíveis vias de fuga, a região do poço que liga as formações geológicas à superfície, é a mais suscetível a falhas devido à degradação ou corrosão por CO₂. Entre esses materiais, destaca-se a pasta de cimento que é utilizada no isolamento do poço entre o tubo de aço de revestimento e a perfuração nas formações rochosas, a qual deve assegurar a integridade estrutural do poço e das formações durante a exploração dos hidrocarbonetos, a injeção do CO₂ e o armazenamento por longos períodos de tempo⁽²⁾. A pasta de cimento também é utilizada na operação de abandono de um poço quando este é lacrado com um plugue, procedimento conhecido como tamponamento⁽³⁾. No entanto, vários estudos tem mostrado que a pasta de cimento pode sofrer alterações químicas em ambientes ricos em CO₂, as quais afetam as propriedades da pasta de cimento, comprometendo assim a integridade do poço e a segurança do armazenamento ⁽³⁻⁸⁾.

Para a cimentação de poços são utilizados os cimentos especialmente desenvolvidos para este fim, destacando-se os cimentos classe G e H. Dos produtos de hidratação formados, os mais importantes são o hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) e o silicato de cálcio hidratado (C-S-H). O processo de degradação da pasta de cimento ocorre basicamente em duas etapas (Tabela 1). A primeira etapa consiste na carbonatação, na qual o CO₂ dissolvido em água de formação (A) reage com o hidróxido de cálcio da pasta de cimento e o dissolve (B), produzindo uma região de alta porosidade de baixas propriedades mecânicas. Seguido a isto, ocorre a reação dos íons de cálcio com o CO₂ dissolvido em água produzindo uma

precipitação de carbonato de cálcio (CaCO_3) nos poros da pasta de cimento (C), o qual resulta em um material de baixa porosidade, alta dureza e boas propriedades mecânicas. A segunda etapa de degradação da pasta cimento é conhecida como bicarbonatação. Nesta etapa o carbonato de cálcio anteriormente precipitado e as fases do cimento, como o silicato de cálcio hidratado, são consumidos pelo meio ácido devido ao esgotamento do hidróxido de cálcio da pasta de cimento que foi anteriormente consumido na etapa de carbonatação (D) e (E). Como resultado da etapa de bicarbonatação, produzido uma região composta basicamente por sílica amorfa, a qual possui alta porosidade, baixa dureza e baixas propriedades mecânicas, o que pode formar um caminho preferencial de migração do CO_2 (3-5).

Tabela 1 – Reações químicas envolvidas no processo de degradação da pasta de cimento em presença de CO_2 e água (3-5).

Etapa de Carbonatação	
$\text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_{3(aq)}$	A)
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(s)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2\text{OH}^{-}_{(aq)}$	B)
$\text{Ca}^{2+}_{(aq)} + \text{HCO}_3^{-}_{(aq)} + \text{OH}^{-}_{(aq)} \rightarrow \text{CaCO}_{3(s)} + \text{H}_2\text{O}$	C)
Etapa de Bicarbonatação	
$\text{H}^{+}_{(aq)} + \text{CaCO}_{3(s)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + \text{HCO}_3^{-}_{(aq)}$	D)
$\text{C-S-H}_{(s)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + \text{OH}^{-}_{(aq)} + \text{am. SiO}_{2(s)}$	E)

Com base neste cenário, pesquisas têm sido realizadas na busca de soluções para corrigir falhas e prevenir ou minimizar a degradação da pasta de cimento quando submetida às condições de armazenamento geológico de carbono (5-9). Por outro lado, o avanço nas pesquisas em nanotecnologia tem contribuído para a melhoria do desempenho de materiais cimentícios.

O emprego de nanopartículas para modificação de pastas de cimento tem gerado grande interesse de pesquisadores da área por produzir materiais com novas funcionalidades ou alterar propriedades, como resistência, permeabilidade, porosidade, durabilidade, retração, autocontrole de fissuras e aderência com aço, além de poderem acelerar a hidratação e melhorar as propriedades mecânicas iniciais em pastas de cimento (10-11). Nanopartículas de argila tem se mostrado uma alternativa no reforço do desempenho mecânico, da resistência à penetração de cloretos, e nas propriedades auto adensáveis da pasta de cimento e ainda na

redução da permeabilidade e retração⁽¹⁰⁻¹³⁾. Tipicamente, as partículas de argila são altamente hidrofílicas, sendo necessário o controle da quantidade de água em misturas argila/cimento. Uma redução na quantidade de água necessária para a hidratação pode ser conseguida por meio da troca catiônica, onde cátions orgânicos substituem o sódio ou cálcio na camada interlamelar, reduzindo a hidrofiliidade^(10,14).

Estudos envolvendo a adição de nanopartículas em pastas de cimento para poços de petróleo são escassos na literatura. Neste contexto, o presente trabalho visa investigar a influência da incorporação de nanopartículas de argila na degradação da pasta de cimento classe G empregada na completção e abandono de poços de petróleo, em meios contendo CO₂ a alta pressão e temperatura.

MATERIAIS E MÉTODOS

A preparação da pasta padrão (sem adição) foi realizada pela adição de cimento do tipo G em água segundo um procedimento específico da API 10A⁽¹⁵⁾, considerando uma relação água/cimento de 0,44.

A troca dos cátions de Na da argila pelo sal quaternário de amônio (brometo de hexadeciltrimetil amônio) foi realizada segundo procedimento de Nóbrega *et al.*⁽¹⁶⁾. As pastas com adição de nanopartículas de argila organofílica (OMMT), com teores de 1 % e 2 %, substituída em peso de cimento anidro, foram obtidas com o mesmo procedimento descrito acima.

Após a preparação das pastas, estas foram vertidas em moldes poliméricos vedados. Para a cura, os moldes foram submersos em água e submetidos à pressão de 6 MPa (N₂) e temperatura de 60 °C durante oito horas.

Depois do período de cura, os corpos de prova, com dimensões de 23x46 mm (diâmetro x altura), foram removidos e colocados em um vaso de pressão para o início do processo de reação de CO₂, em dois meios reacionais, água saturada com CO₂ (HS) e CO₂ supercrítico úmido (CSC), nas condições de 90 °C e 15 MPa, durante 7, 21 e 56 dias.

O efeito do processo de degradação e as alterações microestruturais dos corpos de prova moldados com diferentes pastas foram avaliados por meio de:

- Medida da camada alterada quimicamente;
- Análise microestrutural e das fases pelas técnicas de microscopia eletrônica de varredura de emissão de campo (FEG/MEV) e difração de raios X (DRX);

- Ensaios de resistência à compressão uniaxial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a média e desvio padrão da profundidade da camada degradada resultante da exposição dos corpos de prova à água saturada com CO₂ (HS) e CO₂ supercrítico úmido (CSC), determinada com auxílio do software *Image J* nas seções transversais dos corpos de prova.

Tabela 2– Profundidade da camada degradada (mm).

Tipo de Pasta	Meio	Tempo (dias)		
		7	21	56
Padrão	HS	2,8 ± 0,2	3,8 ± 0,3	6,2 ± 0,6
	CSC	2,0 ± 0,3	3,5 ± 0,3	6,0 ± 0,4
1% OMMT	HS	3,9 ± 0,2	4,5 ± 0,6	6,9 ± 0,8
	CSC	2,6 ± 0,3	3,8 ± 0,5	7,7 ± 0,9
2% OMMT	HS	3,6 ± 0,4	5,1 ± 0,4	7,2 ± 0,6
	CSC	3,1 ± 0,2	4,8 ± 0,4	8,4 ± 1,7

Observou-se um aumento na profundidade da camada com a inclusão de nanopartículas, provavelmente associado com o caráter pozolânico das nanopartículas, estas quando em contato com a água e o hidróxido de cálcio combinam-se e formam uma quantidade maior de C-S-H, responsável pelo adensamento da matriz. Por outro lado, o consumo do hidróxido de cálcio nas reações pozolânicas, reduz a reserva alcalina da matriz e da solução dos poros, favorecendo assim o avanço da frente de degradação ⁽¹⁷⁾.

Na Figura 1 são apresentadas as microestruturas dos núcleos dos corpos de prova, evidenciando a diferença entre as estruturas devido à presença das nanopartículas. Verifica-se que a amostra padrão apresenta uma matriz mais porosa, se comparada às com adição de OMMT. A formação de vazios no interior da pasta de cimento normalmente está associada à evaporação de água livre, ou seja, o volume de poros é dependente da quantidade de água adicionada no início do processo de hidratação e do grau de hidratação do cimento. Ao final do período de pega, a pasta adquire um volume estável, que segundo o modelo de Powers corresponde à soma dos volumes de cimento e de água, e ainda, demonstra que a relação de a/c de 0,32 é ideal para ausência de vazios capilares, ou seja, valores

acima desta relação resultam em água livre e conseqüentemente poros após sua evaporação, reduzindo a resistência mecânica (17,18).

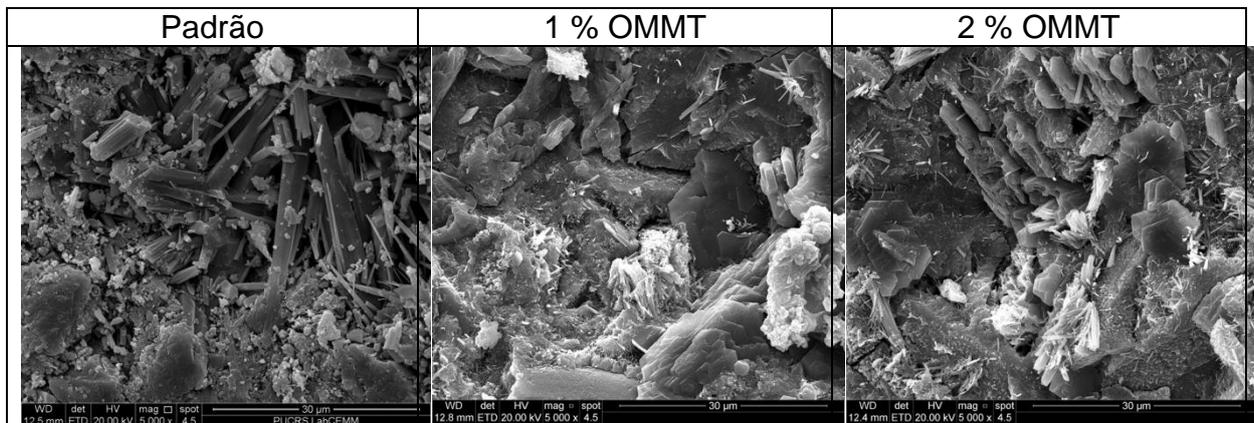


Figura 1 – Micrografias evidenciando as diferenças de estrutura e porosidade devido à adição de nanopartículas

Os difratogramas da pasta endurecida padrão e da camada alterada quimicamente de um corpo de prova exposto por 21 dias no meio HS são apresentados na Figura 2. Quando se compara os difratogramas, o processo de carbonatação fica evidente, pois os picos dos produtos hidratados presentes na pasta padrão, não são identificados ou encontram-se fortemente atenuados na camada, na qual se verifica grande presença de carbonato de cálcio, principal produto do processo. Resultados idênticos foram observados nos demais experimentos com inclusão de OMMT.

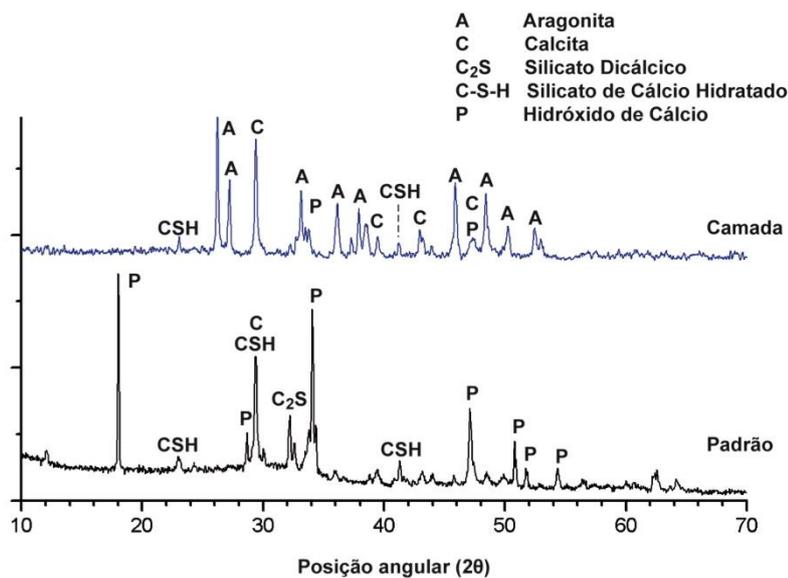


Figura 2 – Difratogramas da pasta endurecida padrão e da camada alterada quimicamente de um corpo de prova exposto por 21 dias no meio HS.

A Figura 3 apresenta a resistência à compressão das pastas endurecidas para diferentes tempos de exposição (7, 21 e 56 dias) nos meios HS e CSC, comparados com a resistência à compressão dos corpos de prova de mesma idade que não sofreram reação, os quais ficaram armazenados em recipientes com água deionizada (Não Reagido).

Observa-se um aumento de resistência à compressão ao longo do tempo para os corpos de prova não reagidos. Este comportamento é esperado, visto que a pasta de cimento continua em processo de hidratação. Para os tempos curtos (até 21 dias) não ocorreram variações significativas resistência à compressão (~7 %) entre os dois meios de degradação e os dos corpos de prova não reagidos. Sendo que em alguns casos foi verificado um pequeno incremento na resistência à compressão, provavelmente devido ao processo de carbonatação ainda em fase inicial, que tende a aumentar a resistência devido à precipitação de carbonato de cálcio nos poros da pasta de cimento ⁽⁵⁾.

Entretanto, para 56 dias de exposição ao CO₂ observou-se variações expressivas na resistência em relação à respectiva pasta não reagida. Os corpos de prova expostos ao meio CSC apresentaram aproximadamente 25% de perda de resistência. Para os corpos de prova reagidos em HS, se comparados somente os valores médios dos resultados, não se observaram alterações, porém, o elevado desvio padrão do ensaio indica heterogeneidade na matriz dos corpos de prova reagidos, visto que apresentam somente um núcleo íntegro de aproximadamente 10 mm de diâmetro recoberto por uma camada densa formada predominantemente por CaCO₃. Estes resultados indicam que para longos períodos de exposição ao CO₂ a resistência à compressão tende a ser afetada significativamente.

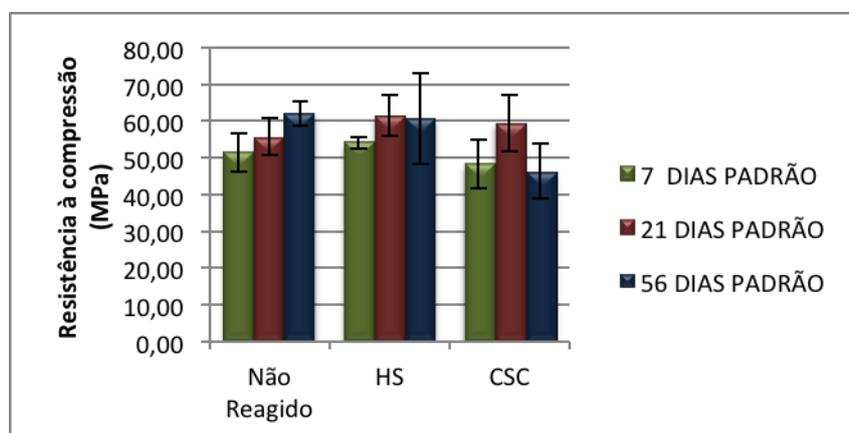


Figura 3 – Resistência à compressão da pasta padrão antes e após degradação.

A Figura 4 apresenta os resultados dos ensaios de resistência à compressão das pastas com inclusão de 1 % de OMMT comparados com os resultados da pasta padrão nas mesmas condições experimentais. Os corpos de prova não reagidos com 1 % de OMMT mantiveram (em 7 dias) ou apresentaram perda de 6,8 % em 21 dias e de 5,5 % em 56 dias na resistência à compressão, se comparados com a pasta padrão com a mesma idade. Para os ensaios conduzidos em HS verificou-se a manutenção da resistência em 7 dias, um incremento de 26 % em 21 dias e perda de 13,6 % em 56 dias em relação a mesma pasta, porém sem reação. Nos ensaios realizados no meio CSC, verificou-se um leve aumento da resistência à compressão em 7 e 21 dias, de 7,7 % e 0,6 % respectivamente. Nos ensaios com 56 dias de duração ocorreu perda de 8,8 %, se comparados com os resultados da mesma pasta, porém sem reação. Os resultados dos ensaios de resistência à compressão das pastas com inclusão de 2 % de OMMT, comparados com os resultados da pasta padrão nas mesmas condições experimentais são apresentados na Figura 5.

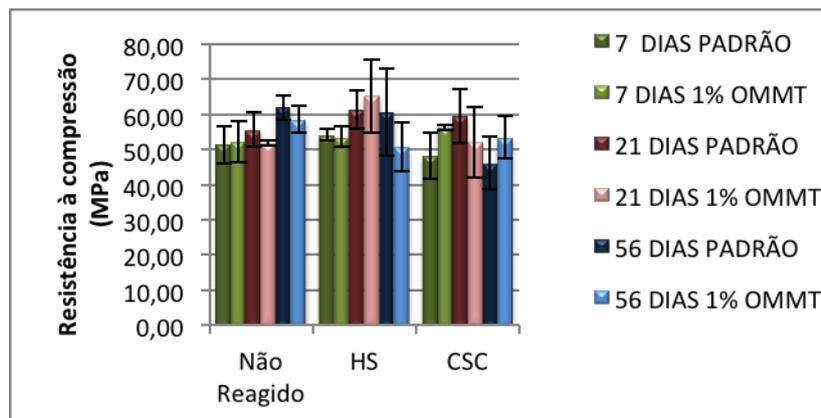


Figura 4 – Resistência à compressão dos ensaios realizados com adição de 1 % de OMMT comparados com a pasta padrão.

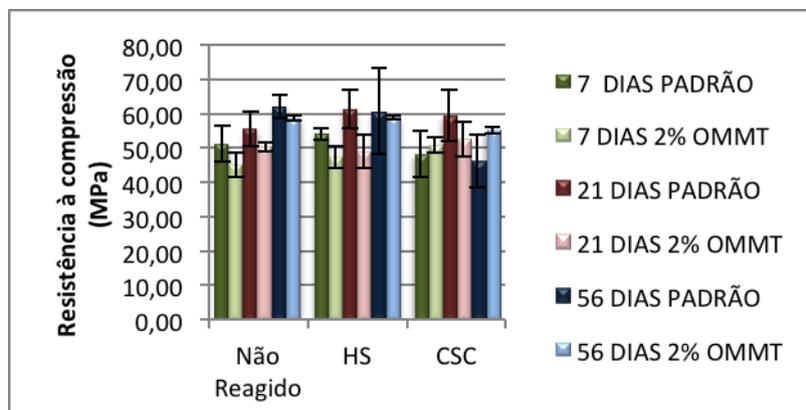


Figura 5 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão dos ensaios realizados com adição de 2 % de OMMT comparados com a pasta padrão.

Primeiramente, verificou-se um aumento de resistência à compressão ao longo do tempo para os corpos de prova não reagidos com inclusão de 2 % de OMMT, devido ao contínuo processo de hidratação da pasta de cimento, contudo se comparados com a pasta padrão observou-se que os corpos de prova não reagidos apresentaram perda de 12,3 % em 7 dias, 9,5 % em 21 dias e de 5,4 % em 56 dias. Nos ensaios conduzidos em HS verificou-se a manutenção da resistência à compressão, com leve perda em 21 dias de 2,5%, em relação aos corpos de prova não reagidos com mesmo teor de argila. Para os ensaios conduzidos em CSC não foram observadas perdas até 21 dias de exposição ao meio, porém para o ensaio com 56 dias ocorreu a perda de 6%, em relação aos corpos de prova não reagidos também com 2 % de OMMT.

Os resultados indicam que a inclusão de OMMT tende a manter a resistência à compressão da pasta submetida aos ensaios de degradação, nas condições avaliadas, possivelmente pelo aumento das reações pozolânicas promovidas pelas nanopartículas, contudo se comparados aos resultados das pastas padrão e com adição, ambas sem reação, as últimas apresentam valores menores, possivelmente pela presença de aglomerados de nanopartículas.

Para os corpos de prova com a pasta padrão, durante a realização dos ensaios de resistência à compressão, verificou-se o desprendimento e ruptura da camada degradada, independentemente do tempo do experimento de degradação, assim como nos ensaios conduzidos por Moraes ⁽⁶⁾. Este comportamento é atribuído às diferenças entre a dureza do núcleo e da camada degradada, e sobre tudo pela ligação entre estas duas regiões ser realizada por uma zona de transição com elevada porosidade (zona de dissolução da portlandita) e baixa resistência mecânica. Estes dois fatos associados (ocorrência de fraturas e desprendimento da camada degradada) indicam a possibilidade de ocorrer o mesmo comportamento quando a pasta de cimento for aplicada na completação de um poço sujeito às solicitações mecânicas, como variações de pressão durante períodos de injeção ou contrações e dilatações devido a gradientes térmicos. Ainda, criam caminhos preferenciais para migração do CO₂ e expõe o núcleo íntegro da pasta de cimento ao meio ácido, tendendo a acentuar o processo de degradação do poço. Contudo, nos corpos de prova com inclusão de nanopartículas, de modo geral não foi observado o desprendimento da camada alterada quimicamente. Isto sugere que os corpos de prova com nanopartículas não apresentam uma região de dissolução da

portlandita tão pronunciada quanto à pasta padrão, indicando que possam se manter íntegras por um período maior, em termos estruturais, mesmo sofrendo ataque ácido e sendo solicitadas mecanicamente.

CONCLUSÕES

Em geral, os corpos de prova com adição de OMMT apresentaram massa específica maior que a pasta padrão;

A camada quimicamente alterada devido à presença de CO₂ e água, independente da adição ou não de nanopartículas de OMMT, é constituída predominantemente de carbonato de cálcio na forma de aragonita e calcita;

Observou-se, de modo geral, que a inclusão de nanopartículas na pasta de cimento promove um aumento da camada alterada quimicamente. Isto é um indicativo que se deve buscar um teor adequado de partículas que possa produzir efeitos positivos na pasta, aumentando a resistência à degradação química em presença de CO₂;

A inclusão de OMMT tende a manter a resistência à compressão da pasta submetida aos ensaios de degradação, nas condições avaliadas, possivelmente pelo aumento das reações pozolânicas promovidas pelas nanopartículas, ou seja, ocorre o aumento da quantidade de C-S-H e ainda uma possível diminuição da porosidade da pasta;

Nos corpos de prova com inclusão de nanopartículas, de modo geral não foi observado o descolamento da camada alterada quimicamente durante o ensaio de compressão. Isto sugere que a presença de nanopartículas não promove a formação de uma região de dissolução da portlandita tão pronunciada quanto sem a presença das mesmas, indicando que podem manter a integridade por um período maior, em termos estruturais, mesmo sofrendo ataque ácido e sendo solicitadas mecanicamente.

REFERÊNCIAS

[1] BACHU, S. Sequestration of CO₂ in geological media: criteria and approach for site selection in response to climate change. *Energy Conversion & Management*, v. 41, p. 953-970, 2000.

[2] CAILLY, B; Le Thiez, P.; Egermann, P.; Audibert, A.; Vidal-Gilbert, S; Longaygue, X. Geological storage of CO₂: A state-of-the-art of injection Processes and Technologies. **Oil and Gas Science and Technology**, v. 60, p. 517-525, 2005.

- [3] DUGUID, A.; Scherer, G. W. Degradation of oil well cement due to exposure to carbonated brine. **International Journal of Greenhouse Gas Control**, v. 4, p. 546-560, 2010.
- [4] BARLET-GOUÉDARD, V.; RIMMELÉ, G.; PORCHERIE, O.; QUISEL, N.; DESROCHES, J. A solution against well cement degradation under CO₂ geological storage environment. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, v. 3, p. 206-216, 2008.
- [5] KUTCHKO, B. G.; STRAZISAR, B. R.; LOWRY, G. A.; THAULOW, N. Degradation of well cement by CO₂ under geologic sequestration conditions. *Environmental Science and Technology*, v. 41, p. 4787- 4792, 2007.
- [6] MORAES, M. K. Influência da Temperatura no Processo de Degradação da Pasta de Cimento Classe G Quando Submetida às Condições de Armazenamento Geológico de Carbono. Porto Alegre. 2012. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL.
- [7] LONGAYGUE, X. Geological storage of CO₂: A state-of-the-art of injection Processes and Technologies. *Oil and Gas Science and Technology*, v. 60, p. 517-525, 2005.
- [8] HASTENPFLUG, Daniel. **Emprego de aditivos em pastas de cimento para poços de hidrocarbonetos e injeção de CO₂: influência na resistência à degradação por ataque ácido**. Porto Alegre. 2012. Tese. (Doutorado em Engenharia e Tecnologia de Materiais). Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil.
- [9] SANTRA, A. K.; Reddy, B. R.; Liang, F.; Fitzgerald, R. Reaction of CO₂ with Portland cement at downhole conditions and the role of pozzolanic supplements. Society of Petroleum Engineers. In: **SPE International Symposium on Oilfield Chemistry**. The Woodlands. Texas. 20-22 de Abril de 2009.
- [10] SANCHEZ, F.; SOBOLEV, K. Nanotechnology in concrete – A review. *Construction and Building Materials*. V. 24, p. 2060-2071, 2010.
- [11] KAWASHIMA, S.; HOU, P.; CORR, D. J.; SHAH, S. P. Modification of cement-based materials with nanoparticles. *Cement & Concrete Composites*, v. 36, p. 8-15, 2013.
- [12] KUO, W.-Y.; HUANG, J.-S.; LIN, C.-H. Effects of organo-modified montmorillonite on strengths and permeability of cement mortars. *Cement and Concrete Research*, v. 36, p. 886-895, 2006.
- [13] CHANG, T.-P.; SHIH, J.-Y.; YANG, K.-M. Material properties of portland cement paste with nano-montmorillonite. *Journal of Materials Science*, v. 42, p. 7478-7487, 2007.

- [14] NEHDI, M. L. Clay in cement-based materials: Critical overview of state-of-the-art. *Construction and Building Materials*, v. 51, p. 372-382, 2014.
- [15] AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Specification for Cements and Materials for Well Cementing: Specification. API SPEC 10A. Washington, 2002. 45 p.
- [16] NÓBREGA, K. C.; Wanderley, A. S. D.; Leite, A. M. D.; Araújo, E. M.; de Melo, T. J. A. Obtenção e caracterização de argilas organofílicas visando à aplicação em nanocompósitos poliméricos. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 6.2, p. 84-90, 2011.
- [17] MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto. Microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo; 2ª Ed. IBRACON. 2008. 674p.
- [18] NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. 828 p.

EFFECT OF CLAY NANOPARTICLES ADDITION IN THE PROPERTIES OF CEMENT CLASS G EXPOSE TO CO₂-RICH MEDIA

ABSTRACT

This work investigate the influence of incorporation of clay nanoparticles in class G cement paste used in the completion and abandonment of oil wells, in environments containing CO₂ under high pressure and temperature. For that, hardened class G cement pastes with and without nanoparticles were submitted to degradation tests in wet supercritical CO₂ and water saturated with CO₂ at 90 ° C and 15MPa for 7, 21 and 56 days. The techniques of scanning electron microscopy for field emission, x-ray diffraction and compressive strength were used to evaluate the effect of degradation on the structure and mechanical properties of the cement paste. The chemically altered layer consists predominantly of calcium carbonate. In general, the inclusion of clay promoted an increase in chemically altered layer, but otherwise minimized the compressive strength loss over time.