

EFEITO DO ATAQUE ÁCIDO EM COMPÓSITOS PORTLAND/LATEX PARA CIMENTAÇÃO DE POÇOS DE PETRÓLEO

José Heriberto O. Nascimento¹ (U. Minho), Antonio E. Martinelli² (UFRN), José Daniel D. Melo (UFRN)², Ana Cecília V. Silva (UFRN)³, Dulce Maria de A. Melo (UFRN), Gilson Campos (Petrobras S.A)

¹Universidade do Minho, Escola de Engenharia, DET, Campus de Azurém, Guimarães, Portugal, 4800-058
e-mail: jose.heriberto@det.uminho.pt. Tel: +351 253510280

²Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, DEMat, Natal – RN, Brasil, 59.072-970
e-mail: aemart@uol.com.br. Tel: + 0055 8432119241

³Universidade Federal do Rio Grande do Norte, PPGCEM, Natal – RN, Brasil, 59.072-970
e-mail: acvn@digizap.com.br. Tel: + 0055 8432119241

Devido à presença de óleo pesado em muitos reservatórios da região nordeste se faz necessário à implantação de técnicas com o objetivo de manter a produção ou eventualmente melhorar a produtividade. Um desses métodos de aumentar o índice de produtividade é a recuperação baseada em princípios térmicos, como a injeção de vapor ou a estimulação por acidificação, que é a injeção de soluções ácidas com pressão inferior à pressão de fraturamento da formação do poço. Os tratamentos com ácidos são feitos com a finalidade de remover resíduos sólidos solúveis em ácido que venham a prejudicar ao fluxo de óleo durante a fase de produção, geralmente, são restos de lama, de cimento, de ferrugem. Em geral, são usados o ácido clorídrico (HCl) e o ácido fluorídrico (HF). O Mud Acid Regular (12 % HCl + 3 % HF) e o HCl a 15 % são os mais utilizados. O objetivo desse trabalho foi analisar o comportamento de diferentes formulações de pastas de cimento Portland especial aditivadas com látex não iônico usadas em operações de cimentação de poços de petróleo frente ao ataque ácido em HCl 15%, conforme Método Laboratorial para Avaliação de Ataque ácido ao Cimento/PETROBRAS. Foram avaliadas e mensuradas a resistência à compressão dos corpos-de-provas antes e depois do ataque ácido em uma máquina universal de ensaio Shimadzu Autograph Modelo AG-I, controlada pelo programa TRAPEZIUM 2 e as análises das possíveis alterações decorrentes do contato compósito cimentício/ácido foram feitas em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os resultados revelaram que os corpos-de-prova atacados com solução ácida de HCl 15% não apresentaram variação significativa na resistência à compressão, visto que o ataque se limita a região superficial exposta ao ácido e a perda de massa (%) foi mais significativa na pasta padrão (cimento/água) em função da ação do látex na microestrutura do cimento. Conclui-se que a adição de látex ao cimento portland minimiza as perdas de massa de pastas de cimento endurecidas para cimentação de poços de petróleo sujeitos a operação de acidificação que empreguem HCl 15% como agente ácido.

Palavras-Chave: *Poços de petróleo, Cimento Portland, Acidificação, Látex, Resistência à compressão.*

1. INTRODUÇÃO

Pastas de cimento portland são extensamente usadas na cimentação de poços de petróleo com o objetivo de promover a vedação entre as zonas permeáveis ou até mesmo em um único intervalo permeável, impedindo a intercomunicação de fluidos da formação (gás e água) que ficam por trás do revestimento, bem como propiciar suporte à coluna de revestimento (Nascimento, 2006).

Muitas vezes as zonas produtoras de petróleo apresentam baixa produtividade devido a: danos da formação causados por partículas sólidas de minerais ou outros materiais que obstruem parcialmente o espaço poroso nas proximidades do poço e a baixa permeabilidade dessa formação. Quando ocorrem esses tipos de problemas, utiliza-se a operação de acidificação, que tem a finalidade de dissolver parte desses minerais presentes no poço e, conseqüentemente, aumentar ou recuperar a permeabilidade da formação (Kalfayan, 2000; Medeiros e Trevisan, 2006). Os fluidos de tratamentos ácidos e coadjuvantes são escolhidos em função da mineralogia e propriedades petrográficas da rocha, dos mecanismos dos danos atuantes, dos mecanismos de remoção de danos selecionados e das condições do poço.

Os ácidos mais utilizados em operações de acidificação são: o ácido clorídrico (HCl), empregado basicamente para a dissolução de carbonatos, misturas de ácidos clorídrico e fluorídrico (HCl / HF), para a dissolução de silicatos. Esses ácidos são injetados na formação por forças de bombeamento contínua, formando canais que facilitam a saída do óleo ou gás (Blount *et al.*, 1991; Mumullah, 1996).

Durante a operação de acidificação no poço, os fluidos ácidos podem entrar em contato com a pasta de cimento hidratada da zona de isolamento. Esses ácidos podem reagir com os componentes da hidratação do cimento e causar danos severos a zona isolante (Nasr-El-Din *et al.*, 2007). Desta forma, há uma preocupação quanto à possível alteração da pasta de cimento endurecida posicionada no anular de poços quando em contato

com o ácido durante os tratamentos de acidificação. Segundo Silva *et al.* (1996), no Brasil, há vários casos de perda de isolamento causados depois da operação de acidificação e até mesmo em poços que foram recimentados. Entretanto, estudos da natureza química do ataque ácido a pasta de cimento para poços de petróleo são poucos e escassos, principalmente em pasta de cimentos formulada com látex (compósito portland/látex) e sua influência nas propriedades mecânicas desses compostos (Cestari *et al.*, 2005).

Em função dessa problemática, o objetivo do presente trabalho foi analisar o comportamento de diferentes formulações de compósitos portland/ látex não iônico usadas em operações de cimentação de poços de petróleo frente ao ataque ácido (HCl 15%). Onde foi verificada a influência do ataque desse ácido na perda de massa dos compósitos, na resistência à compressão e na microestrutura. Todos os resultados obtidos foram comparados com a pasta formulada apenas com cimento portland/ água.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Hoje, existem várias publicações que relatam o ataque ácido em cimentos e concretos usados na construção civil, mas poucos e escassos são os trabalhos que abordam o efeito do ataque ácido em pastas de cimentos para poços de petróleo, bem como, os que tratam da influência desses fluidos em compósitos cimentantes (Silva *et al.*, 1996; Cestari *et al.*, 2005). Alguns estudos reportam que, a pasta de cimento endurecida para poço formulada apenas com portland/ água é, severamente, atacada por soluções ácidas, o que vai contra a sua função primordial que é, normalmente, apresentar ao longo de sua vida útil, resistência suficiente para suportar o revestimento no poço perfurado, isolando zonas, prevenindo a comunicação de fluidos pelo revestimento, resistindo ao choque durante o processo de perfuração e resistir a temperatura de injeção de vapor no caso da recuperação de óleo pesado.

O ácido a ser introduzido diretamente na formação ou em operações de canhoneio quando atinge a bainha cimentante preferencialmente, ataca a portlandita (Ca(OH)_2), que é um produto de hidratação responsável pelas propriedades hidráulicas do cimento. Na maioria dos casos, a reação resulta na formação de sais de cálcio, que, quando solúveis, podem ser levados pela solução aquosa ácida (Nascimento, 2006). Esse sal formado é facilmente lixiviado da pasta de cimento, tornando sua estrutura fraca e porosa (Miranda *et al.*, 1997).

A perda de cálcio através da reação química do ácido com a portlandita (Ca(OH)_2) e o silicato de cálcio hidratado (CSH) são resultados dos mecanismos de degradação de materiais cimentantes susceptíveis a descalcificação. A dissolução da portlandita, geralmente, ocorre mais prontamente, enquanto a do C-S-H ocorre quando o CH (portlandita) está inacessível ou ausente (Chen *et al.*, 2006).

Um dos ácidos mais agressivos ao material cimentante aplicado em poço de petróleo é o ácido clorídrico (HCl), pois produz mais facilmente, sais de cálcio bem como, uma considerável perda de massa e em alguns casos, a formação de trincas devido a possível contração do compósito no processo de descalcificação e conversão dos produtos degradados (Allahverdi e Škvára, 2000).

Devido a fragilidade da pasta formulada apenas com portland/água quando em contato com ácido clorídrico, muitas pesquisas estudam a influência da adição de polímeros em forma redispersível (Fernandes *et al.*, 2006) ou em emulsão (látex) na formulação de pastas compósitas mais resistentes para poços de petróleo (Melo, 2004; Nascimento, 2006).

Existem poucos estudos sobre a ação do ácido em compósitos cimento/látex. Apenas, algumas pesquisas como a efetuada por Blount *et al.* (1991), que realizaram vários testes em pastas compósitas portland/ látex em ambiente de ação dinâmica e verificaram que o látex influenciou na pasta, consideravelmente, inibindo a ação do ácido HCl (15%) e HCl/HF (mistura na razão de 13%/ 2%). Este concluiu que, o ácido promoveu decomposição limitada na área da superfície do compósito ocasionando, consequentemente, baixa permeabilidade e porosidade devido a formação de filme pelo látex nas micropartículas de cimento.

Silva *et al.* (1996), estudou a influencia do látex quando adicionado a pasta para poços de petróleo em dois tipos de ensaios: o teste dinâmico e estático. Estes verificaram que, na pasta convencional (cimento/água), houve uma perda de massa variando de 4% a 10% com relação a massa inicial, enquanto no compósito cimento/látex, houve uma perda de massa de apenas 1% a 2%.

3. METODOLOGIA

O procedimento para análise do efeito do ataque ácido sobre as pastas de cimento para poços é normatizado pela AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, segundo API SPEC 10A – Specifications for Cements and Materials for Well Cementing e API SPEC 10B – Recommended Practice for testing Well Cements (2000), adotado pela Petrobrás e descrito como Método Laboratorial para Avaliação de Ataque ácido ao Cimento/PETROBRAS. Para análise deste efeito, foi verificado dois parâmetros importantes no compósito cimento/látex: a perda de massa (%) e a resistência à compressão (MPa).

3.1 Materiais

O cimento utilizado para as formulações dos compósitos foi o Especial fornecido pela CIMESA - SE (Laranjeiras/SE). É um cimento Classe A modificado industrialmente e possui propriedades equivalentes as do cimento Portland Classe G. O látex utilizado foi uma dispersão polimérica não iônica, denominada W320 fornecida pela CROMPTON (São Paulo - SP). Outro componente utilizado em todas as formulações foi o anti-espumante tipo emulsão aquosa de óleo dimetil-polisiloxano, denominado FP- 12 LB, fornecido pela BJ service.

3.2 Preparação e cura dos compósitos

Nas formulações de cada compósito/látex é importante fazer o cálculo do rendimento, do fator água-cimento (FAC), do fator água de mistura e a quantidade certa de cada produto utilizado. Para obtenção das diversas propriedades de uma pasta composta, fixam-se o peso específico da mesma e as concentrações de aditivos sólidos e líquidos. Para efetuar os cálculos, foi 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 nos compósitos.

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

Material	Densidade (g/cm ³)	Volume Específico (gal/lb)
Cimento Portland Especial	3,15	0,0382
Água	0,9969	0,1201
PU W320	1,06	0,1099
Anti-espumante FP-12LB	1,15	0,1200

De acordo com as concentrações fixas de 5 %, 10 %, 15 %, 20 % e 25 % de látex W320 e os valores de densidades dos componentes da formulação, obtiveram-se valores para cada constituinte da composição do compósito em massa (g) e volume (mL). Com a pasta de referência, utilizou-se uma formulação contendo apenas cimento portland e água. Os cálculos foram efetuados para uma quantidade total de componentes de modo a ser obtido 600 cm³ de pasta de cimento. Esta é a quantidade necessária para a realização dos ensaios de laboratório, segundo a API.

A amostra de cimento utilizada foi submetida a um processo de classificação granulométrica prévia, por meio de uma peneira de #20 (mesh) – 0,84 mm – com o objetivo de remoção de partículas mais grossas que possam causar problemas nos testes, assim como determinar a presença de contaminantes. Todos os materiais utilizados na preparação das pastas foram pesados em uma balança digital Tecnal Mark 3100 com resolução de 0,01 g.

A preparação dos compósitos foi realizada em um misturador Chandler modelo 80 – 60. Uma vez pronta a água de mistura (água, anti-espumante e látex), adicionou-se o cimento, através de funil de colo curto pela abertura central da tampa da jarra. A adição foi realizada sob uma taxa uniforme, a uma velocidade de 4000 rpm $\pm$ 200 rpm, durante 15 segundos. Ininterruptamente, instalou-se a tampa central e agitou-se a pasta por 35 segundos a uma velocidade de 12000 rpm $\pm$ 500 rpm. O tempo de adição foi controlado pelo temporizador do misturador. Imediatamente após a mistura das pastas, realizou-se a homogeneização das mesmas, em uma célula de um consistômetro atmosférico Chandler modelo 1200. Foram colocados em um banho a 27 °C $\pm$ 1 °C por 20 min a 150 rpm $\pm$ 15 rpm.

Em seguida, as formulações foram colocadas em moldes plásticos de forma cúbica (de aproximadamente 50 mm de aresta), sendo que para cada formulação, a norma exige 3 corpos-de-provas. Como são 5 formulações mais a pasta padrão, foram moldados 36 corpos-de-provas (18 para ensaio de resistência à compressão e 18 para ataque ácido e resistência pós-ataque). Logo em seguida, os compósitos formulados foram para cura em banho atmosférico à temperatura de 38 °C por 7 dias.

3.3 Teste do Ataque ácido: Cálculo da perda de massa e resistência à compressão

Após o processo de cura, os compósitos foram desmoldados e colocados imersos em água enquanto se preparava a solução de ácido clorídrico para a realização do ataque. O ácido utilizado no ataque foi o HCl à 15 % que foi colocado em um béquer, e em seguida, este foi tampado com filme de polietileno e colocado em um banho termostático onde foi aquecido a 65 °C por 2 horas.

Os compósitos bem como a pasta de referência, foram retirados do banho antes do teste, em seguida, o excesso de água dos mesmos foi retirado com papel absorvente e pesados para serem registrados sua massa inicial (m_i). Em seguida, foram colocados no béquer contendo a solução ácida de HCl a 15 % a uma temperatura de 65 °C durante 40 minutos. Depois foram retirados do béquer e colocados sobre uma toalha de papel. Os compósitos foram pesados, registrando sua massa final (m_f).

A quantificação do consumo de cimento pelo ácido foi feita pela seguinte Equação 1.

$$\text{Perda de Massa (\%)} = ((\text{Massa Inicial} - \text{Massa Final}) / \text{Massa Inicial}) \times 100 \quad (1)$$

O ensaio de resistência à compressão foi realizado em uma máquina universal Shimadzu Autograph modelo AG-I, controlada pelo programa TRAPEZIUM 2. Esse ensaio foi efetuado a temperatura ambiente a uma taxa de carregamento de 17,9 kN/min. Através desse ensaio foi analisada a influência do ataque ácido na resistência mecânica dos compósitos.

3.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Difração de Raios-X (DRX)

Para as análises microestrutural da ação do ácido nos compósitos foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura. O modelo utilizado foi o XL 30 – ESEM da marca Philips com voltagem de trabalho de 5 a 30 kV, apresentando modos de trabalhos em baixo vácuo (para amostras não condutoras) e alto vácuo (para amostras condutoras), no alto vácuo tem-se uma definição melhor de imagem. O revestimento da amostra foi feito com carbono e realizado no equipamento Sputter Coater SCD – 005 da marca BAL – TEC. Para o mapeamento das amostras, utilizou-se revestimento de ouro.

As análises de Difração de Raios-X (DRX) foram efetuadas nas amostras das formulações da pasta padrão e do compósito portland/látex (com concentração de 15% de látex) com a finalidade de avaliar as fases cristalinas que compõe a pasta de cimento, bem como a influência da adição do látex W320 nas fases de hidratação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A quantificação da perda de massa em função da ação do ácido é uma variável importante para avaliar a resistência dos compósitos portland/látex. A Tabela 2 apresenta os valores de resultados da massa dos corpos antes e pós-ataque e o gráfico da Figura 1, os resultados de perda de massa obtidos de acordo com a Equação 1.

Tabela 2. Cálculo da perda de massa dos compósitos frente ao ataque de ácido HCl (15 %).

Concentração de Látex W320	Média da Massa do Corpo de Prova antes do Ataque ácido	Massa do Corpo de Prova depois do Ataque ácido
(%)	(g)	(g)
0	274,470	251,500
5%	259,790	251,210
10%	258,800	248,160
15%	249,277	238,590
20%	250,162	241,210
25%	238,540	229,700

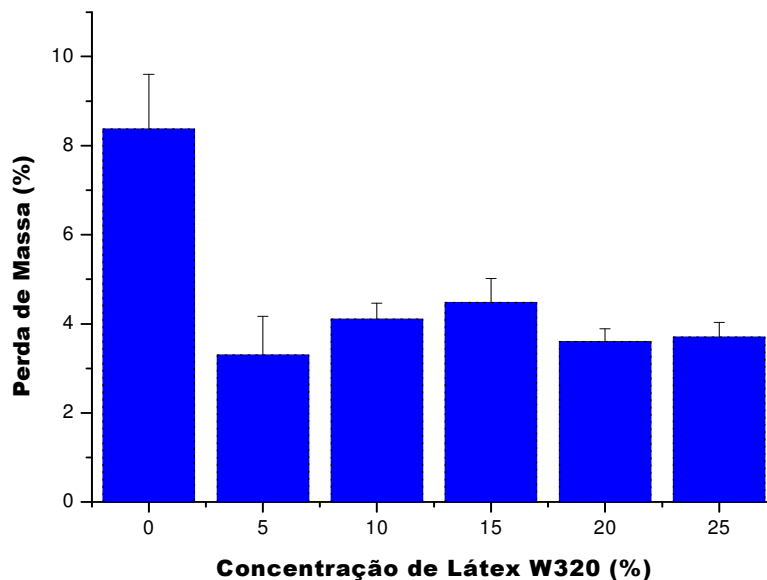


Figura 1. Cálculo da perda de massa dos compósitos frente ao ataque de ácido HCl (15 %).

Nos resultados obtidos na Figura 1, observa-se uma significativa perda de massa na pasta padrão (8,37 %) quando comparada com os compósitos portland/látex (3,30 % a 4,48 %). Essa menor perda de massa ocorre devido à ação do látex na hidratação do cimento, impedindo a difusão do ácido para o interior do compósito. De acordo com Nascimento (2006), o látex W320 além de ser resistente ao HCl, forma um filme sobre os grãos de cimento, o que ocasiona a obstrução da nucleação e inibe o crescimento da portlandita (Ca(OH)_2) durante a hidratação, alterando a morfologia, cristalinidade e a quantidade de fases. Esse comportamento é comprovado nas Figura 2 e 3, correspondente aos difratogramas das amostras da pasta padrão e do compósito portland/látex, onde se observa uma acentuada diminuição dos picos correspondente a portlandita (Ca(OH)_2) em função da presença do látex na pasta.

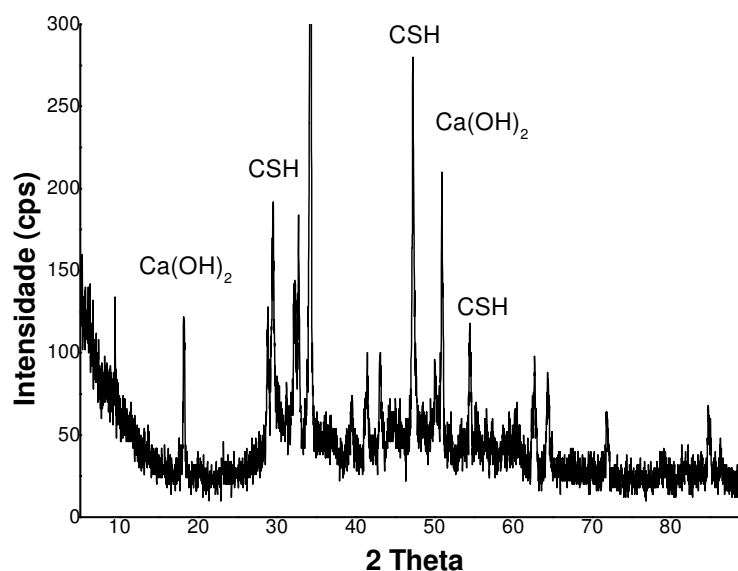


Figura 2. Difratograma da pasta padrão (portland/água)

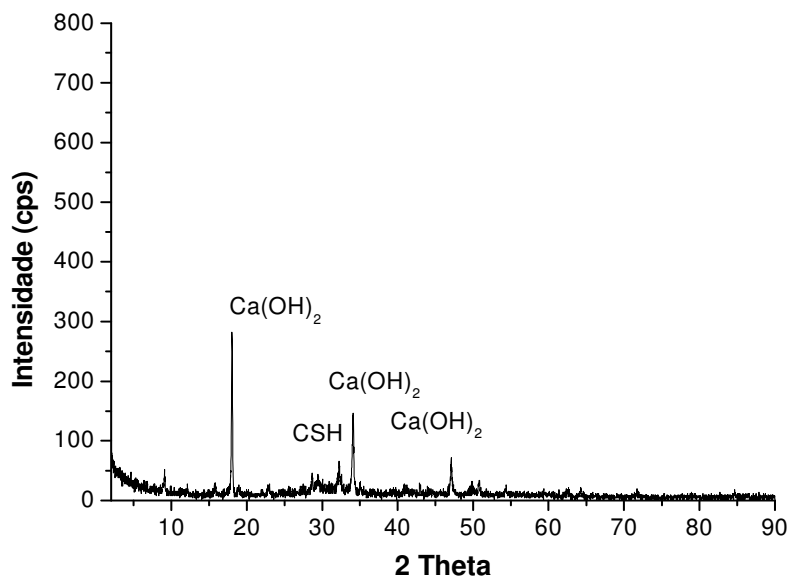


Figura 3. Difratoograma do compósito (portland/látex)

O Ca(OH)_2 e o CSH (silicato de cálcio hidratado) são produtos da hidratação da Alita (C_3S) e/ou Belita (C_2S) com água. Quando o HCl entra em contato com a pasta de cimento, reage com esses dois produtos de hidratação, mas primeiramente, com a portlandita. Entretanto, apenas uma parte dos íons de Ca^{+2} da portlandita reagem com o HCl, formando sal de CaCl_2 e água, como demonstrado na Equação 2.



De acordo com Fernandes *et al.* (2006), uma quantidade desse sal é levado pela solução ácida, uma vez que este é facilmente removido da pasta de cimento por ter maior solubilidade que o C-S-H. A parte que não é levada pela solução junta-se ao “esqueleto” de sílica gel, que é o produto oriundo da parcial descalcificação do C-S-H e fica retida na superfície da pasta padrão e dos compósitos, como demonstrado na Figura 4. Observa-se uma diferença de cor entre a pasta cimento/água (cor branca) e o compósito portland/látex (cor amarela), essa diferença deve-se à ação protetora do látex na microestrutura do cimento, reagindo também com o HCl.



Figura 4. Corpos-de-prova atacados com HCl 15%

Com relação a resistência à compressão da pasta padrão e dos compósitos portland/látex, antes e após o ataque ácido, observa-se que não há uma mudança significativa, já que os valores de antes e depois do ataque são muito próximos, como observa-se na Figura 5.

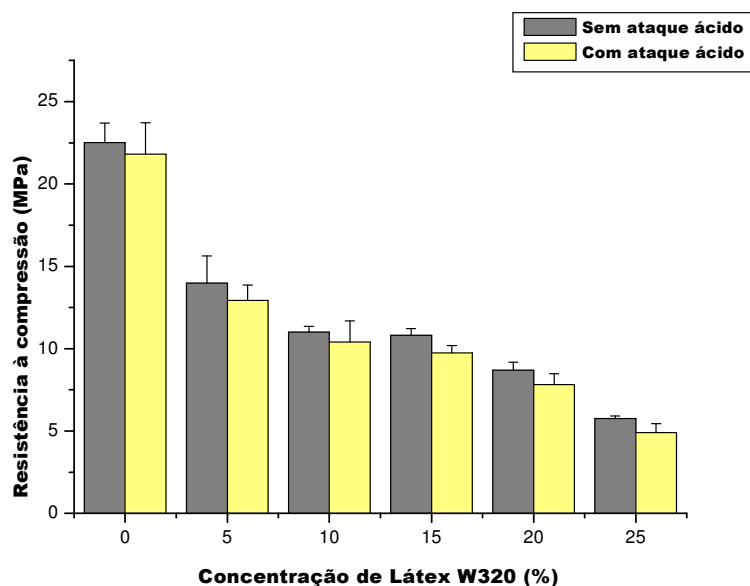


Figura 5. Curvas de resistência à compressão das formulações de pasta padrão e compósitos portland/látex.

A pouca influência que o ácido provoca na resistência à compressão dos compósitos portland/látex pode ser explicado quando se compara as micrografias e mapeamentos obtidos das amostras sem e com ataque ácido, demonstrados nas Figura 6 (a) e (b), Figura 7 (a) e (b). No mapeamento, verifica-se uma maior quantidade de Ca^{+2} na amostra não atacada, comprovando que o HCl ataca preferencialmente a portlandita e parcialmente o silicato de cálcio hidratado (CSH), que é responsável pelas propriedades mecânicas do cimento. Na amostra atacada, a quantidade de Ca^{+2} é visivelmente menor e a imagem obtida em MEV demonstra que, a parte atacada pelo ácido limita-se a região superficial do compósito (Figura 7 (b)).

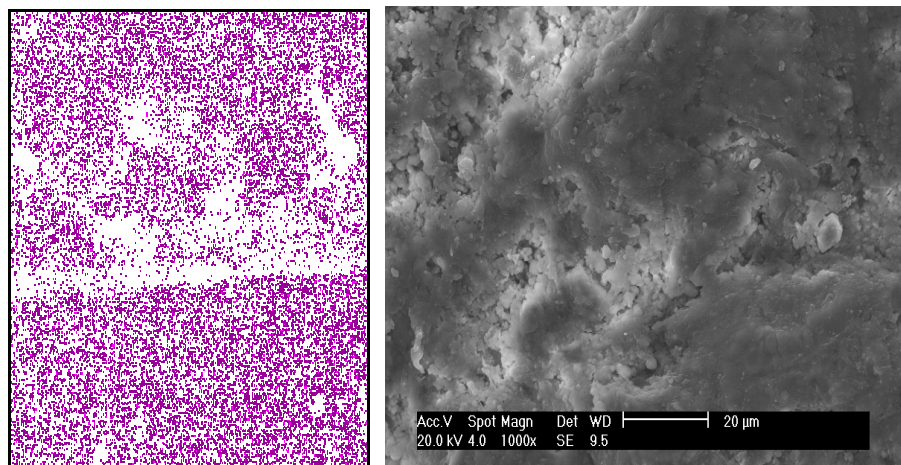


Figura 6. (a) Mapeamento (Ca^{+2}) da amostra sem ataque ácido e (b) Micrografia do compósito portland/látex sem ataque obtido em MEV.

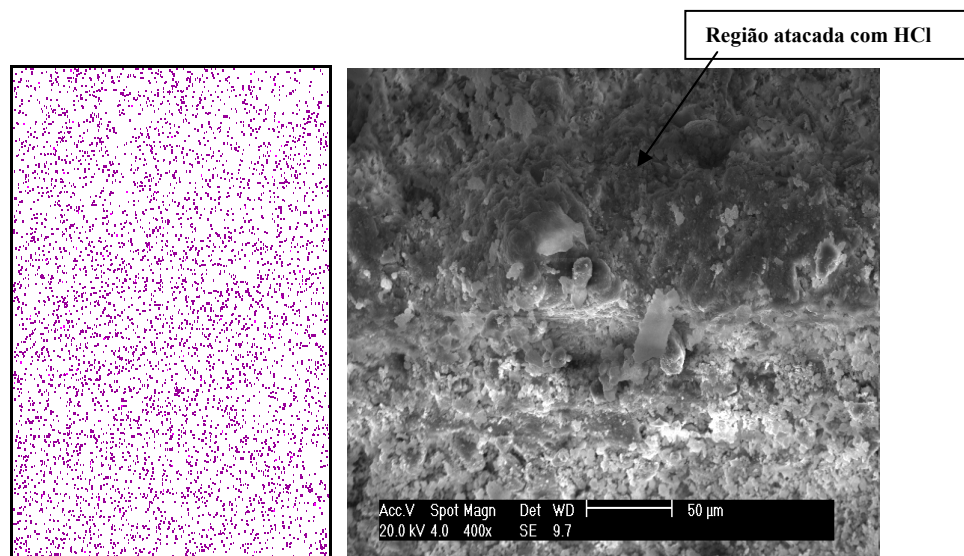


Figura 7. (a) Mapeamento (Ca^{2+}) da amostra com ataque ácido e (b) Micrografia do compósito portland/látex com ataque obtido em MEV.

De acordo com Nascimento (2006) e Fernandes (2006), esse comportamento pode ser explicado pela interação ácido/cimento. O ácido ao atacar a superfície do cimento, promove uma diminuição da espessura do compósito e a parte atacada pode ser facilmente removida, entretanto, não ocasionando mudança nas propriedades mecânica da amostra. O látex neste caso, interage com os íons formados durante a hidratação do cimento e coalescer para forma um filme fino contínuo sobre a microestrutura do cimento portland, como é demonstrado na Figura 8, dificultando a interação ácido/portland.

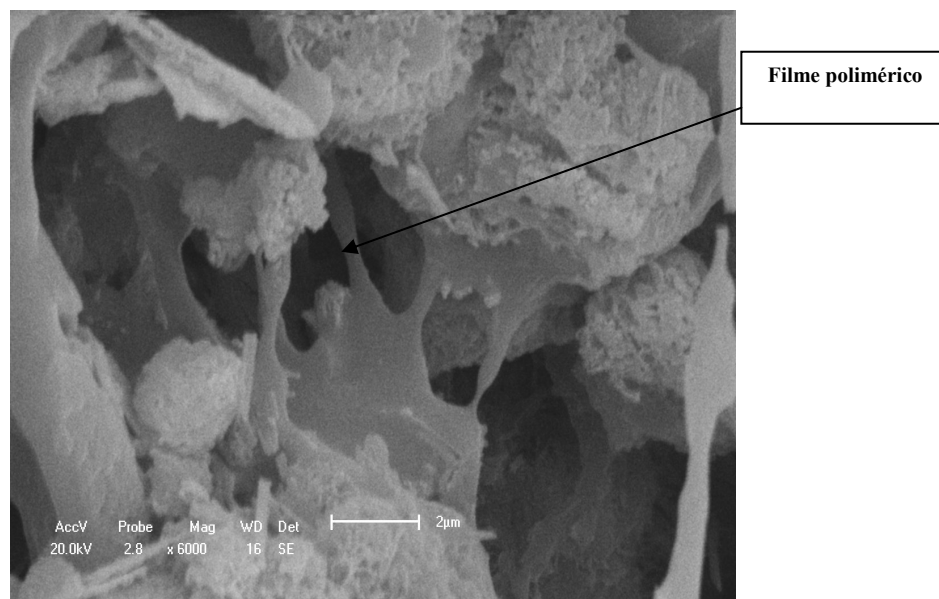


Figura 8. Micrografia obtida em MEV do compósito com 25 % de PU W320 (aumento de 6000 x).

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos nesse estudo que avaliou o desempenho de compósitos portland/látex para aplicação em cimentação de poços de petróleo, quando sujeitos a operação de acidificação com HCl a 15%. Conclui-se que, o compósito portland/látex apresentou maior resistência ao ataque do ácido HCl 15% quando comparado com a formulação da pasta cimento/água (padrão). Com relação as propriedades mecânicas, não houve uma variação significativa após o ataque ácido nos compósitos, pois o mesmo limita-se apenas a superfície. Esse comportamento é de grande importancia, uma vez que o HCl 15% não penetrando por capilaridade, não causa poros ou aumento de poros existente no interior de toda a massa de cimento da amostra.

Foi verificado que, a perda de massa (%) dos compósitos diminui consideravelmente, quando se adiciona o látex não iônico a formulação, o que evita assim, um futuro isolamento do poço, e uma possível parada de produção de petróleo, até que uma operação de correção na área cimentada fosse realizada.

Diante desses resultados, os compósitos portland/látex não iônico W320 são candidatos promissores à serem utilizados em operação de cimentação de poços de petróleo sujeitos a acidificação com HCl a 15%.

6. AGRADECIMENTOS

A Capes, a Agência Nacional do Petróleo – ANP e a Petróleo Brasileiro S/A – Petrobras, pelo suporte financeiro. A CROMPTON pelo fornecimento do látex W320 e a CIMESA-SE pelo fornecimento utilizado neste trabalho.

7. REFERÊNCIAS

- ALLAHVERDI, A., ŠKVÁRA, F. Acid Corrosion of hydrated cement based materials. **Journal Ceramics - Silikáty**. Czech Republic: Institute of Chemical Technology in Prague Publishing, v.44 (3), p.114-120, 2005.
- API SPEC 10A – **Specifications for Cements and Materials for Well Cementing** e API SPEC 10B – **Recommended Practice for testing Well Cements**. USA: American Petroleum Institute Publishing, 2000.
- BLOUNT, C.G., BRADY, J.L., FIFE, D.M., GANTT, L.L., HEUSSER, J.M., HIGHTOWER, M.C., ARCO ALASK INC. HCl/ Acid resistant Cement blend: Model Study and Field Application. **Journal of Petroleum Technology**. USA: SPE Publishing, vol. 43 (2), p. 226-232, 1991.
- CESTARI, A.R., VIEIRA, E.F.S., ROCHA, F.C. Kinetics of interaction of hardened oil well cement slurry with acidic solutions from isothermal heat-conduction calorimetry. **Thermochimica acta**. USA: Elsevier Publishing, v. 430 (2), p.211-215, 2005.
- CHEN, J.J., THOMAS, J.J., JENNINGS, H.M. Descalcification shrinkage of cement past. **Cement and Concrete Research**. USA: Pergamon Press, V. 36 (12), p. 801-809, 2006.
- FERNANDES, M.R.P., MARTINELLI, A.E., MELO, D.M.A., NÓBREGA, A.C.V., LIMA, F.M., JACINTO, T.W.B. Efeito do ataque químico na durabilidade de portland especial e compósitos portland-poliuretana para cimentação de poços de petróleo. **In: Rio Oil & Gás Expo and Conference 2006**, Rio de Janeiro, Brasil: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, 2006.
- KALFAYAN, L., **Production Enhancement with Acid Stimulation**, Editora Penn Well Books, p.262. 2000.
- MEDEIROS JR, F., TREVISAN, O.V. Thermal analysis in matrix acidization. **Journal Petroleum Science & Engineering**. USA: Elsevier Publishing, v. 51 (11), p. 85-96, 2005.
- MELO, F.M., SILVA, L.B., MARTINELLI, A.E., BEZERRA, U.T., MELO, D.M.A., ARAUJO, R.G.S. Adição de Poliuretana em dispersão a Portland G para cimentação de poços de petróleo sujeitos à injeção de vapor. **In: Rio Oil & Gás Expo and Conference 2004**, Rio de Janeiro, Brasil: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, 2004.
- MIRANDA, C.R., GOLD, J.S. Study of Cement resistance to the attack of acid solutions. **SPE 37225 International Symposium on Oilfield Chemistry**. Houston, Texas, USA: Society of Petroleum Engineers. February, 1997. USA.
- MUMALLAH, N.A. Hydrochloric acid diffusion coefficients at acid-fracturing conditions. **Journal Petroleum Science & Engineering**. USA: Elsevier Publishing, v. 15 (12), p. 361-374, 1995.
- NASCIMENTO, J.H.O. **Adição de Poliuretana não-iônica a cimento portland especial para Cimentação de poços de petróleo**. Nov.2006. 186p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Orientador: Antônio Eduardo Martinelli. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, UFRN, Natal, 2006.
- NASR-EL-DIN, H.A., AL-YAMI, A., AL- AAMRI, A., ARAMCO, S., EL-MARSAFAWI, Y. Study of Cement reactions using the rotating disk apparatus. **SPE 36112 International Symposium on Oilfield Chemistry**. Houston, Texas, USA: Society of Petroleum Engineers. February, 2007. USA.
- SILVA, M.G.P., MIRANDA, C.R., VICENTE, R., PETROBRAS. Optimization of Cementing and acidizing Operations is the key to minimize Acid damage. **SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference**. Port of Spain, Trinidad & Tobago, Society of Petroleum Engineers. April 1996. Trinidad & Tobago.

EFFECT OF THE ACID ATTACK IN COMPOSITES PORTLAND/LATEX FOR CEMENTING OIL WELLS

Due to the presence of heavy oil in many reservoirs in the northeast area, it is necessary to do the implantation of techniques with the objective of maintaining the production, or eventually to improve the productivity. One of those techniques for increasing the productivity index is the recovery based on thermal principles, such as vapor injection or the stimulation by acidification, which is the injection of acid solutions with less pressure than the pressure of fracture for the well formation. The treatments with acids are made with the purpose of removing soluble solid residues in acid that may become harm to the oil flow during the production phase. They are usually remains of mud, cement or rust. They are usually used hydrochloric acid (HCl) and hydrofluoridric acid. Mud Regular Acid (12% HCl + 3% HF) and HCl 15% are the most used. The objective of this work was to analyze the behavior of different formulations Portland special additivated cement slurries with non ionic latex used in foundation operations of oil wells face the acid attack with HCl 15%, according to the Laboratorial Method for acid attack Evaluation in Cement/PETROBRAS. They were evaluated and measured the compressive strength of samples before and after the acid attack in a Shimadzu Autograph Model AG-I, controlled by TRAPEZIUM 2, and the analyzes of possible alterations in the contact between cement composite/acid were observed in a scanning electronic microscopy (SEM). The results revealed that samples attacked with acid solution of HCl 15% didn't presented significant variation in compressive strength, because the attack was limited to the superficial area exposed to the acid. The mass loss (%) was more significant in the slurry (cement/water) as a function of the latex action in the cement microstructure, of the cement. It was concluded that addition of latex to the cement portland minimizes the mass losses of the hardened cement slurries for oil wells foundation subjected to acidification operations using HCl 15% as the acid agent.

Keyword: Oil wells, Cement Portlant, Acidification, Latex, compressive strength, hydrochloric acid.

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.