

**DETERIORAÇÃO DE BARREIRAS DE ENGENHARIA APLICADAS A REPOSITÓRIOS DE REJEITOS RADIOATIVOS**

**Júlio T. Marumo**  
**Barbara M. Rzycki**  
**Achilles A. Suarez**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
IPEN-CNEN/SP  
Travessa R, 400, Cidade Universitária  
05508-900 - São Paulo - Brasil

**RESUMO**

No presente trabalho foi observada a ação de sulfatos sobre o cimento, que é um material largamente utilizado como barreira de engenharia em repositórios de rejeitos radioativos. Os resultados mostraram que a concentração de sulfato absorvido foi maior nos corpos de prova imersos em soluções mais diluídas, incorrendo em possíveis danos.

**ABSTRACT**

In this work, it was observed the behaviour of the cement, a material used as engineered barrier of radwaste repositories, when immersed in sulphate solution. Results showed that the concentration of the absorbed sulphate was higher in samples immersed in diluted solutions, causing possible damages in the structure.

*Simpósio sobre Energia Nuclear e meio  
Ambiente, Rio de Janeiro, RJ, 28 de junho - 1 de  
julho 1993. PIV.9*

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo da deterioração das barreiras de engenharia é de grande importância para avaliar o desempenho de um repositório para rejeitos radioativos. Sabe-se que as previsões de desempenho envolvem escalas de tempo de milhares de anos e, desta forma, tal estudo será muito útil para prever, com razoável grau de confiança, o tempo de migração de radionuclídeos através das barreiras selecionadas.

A durabilidade<sup>(1,2)</sup> dos materiais usados na contenção de rejeitos radioativos depende de diversos fatores ambientais e, a estes somam-se os efeitos da radioatividade. Os agentes químicos, entretanto, são os mais expressivos no que diz respeito ao desgaste rápido de um material em contato com a biosfera.

O presente trabalho está voltado, contudo, ao estudo de degradação do concreto, um material largamente utilizado na construção de repositórios de rejeitos radioativos. Trata-se de um material poroso cujas características são alteradas pela atuação de agentes químicos. Assim, à medida que o tempo passa, ocorre um aumento da probabilidade de transferência dos radionuclídeos para o meio ambiente, como resultado de um movimento maior da água entre os rejeitos e o meio externo.

Há vários compostos químicos que agem nocivamente sobre o concreto. Neste trabalho, entretanto, observou-se somente a ação do sulfato, agente químico presente no solo e que reage com certos compostos do cimento, formando produtos expansivos e provocando mudanças drásticas nas características mecânicas do concreto.

A seguir são apresentados os resultados preliminares obtidos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A escolha do método a ser empregado na avaliação da durabilidade, depende dos parâmetros usados para fazer os ensaios, como tipo do material (pasta, argamassa ou concreto), forma e dimensões da amostra, quantidade de amostras a serem ensaiadas em cada idade, condições de preparo, tempo de cura, concentração do íon agressor e condições de contato.

Há uma infinidade de métodos propostos, visto a quantidade de variáveis existentes. Entre eles, foi escolhido o de KOCH & STEINEGGER<sup>(3)</sup> por ser mais prático, mais rápido e menos dispendioso.

O método de KOCH & STEINEGGER consiste em preparar amostras com 10X10X60 mm e imergir-las em soluções agressivas, após três semanas de cura úmida ou submersa.

A resistência é expressa de forma relativa, comparando-se as resistências à flexo-tração de amostras imersas em soluções agressivas e água.

No início, as experiências com pastas e argamassas foram feitas com corpos de prova cilíndricos de 50X100 mm. A formulação usada foi água/cimento=0,4; areia/cimento=1,5 (areia média). As soluções de sulfato de magnésio foram preparadas com molaridades de 0,0025 M; 0,005 M; 0,01 M; 0,1 M; 0,2 M e as soluções de sulfato de sódio com 0,005 M; 0,01 M; 0,02 M; 0,2 M; 0,4 M. Foram imersos três corpos de prova em 14 L de solução. A parte foram imersos três corpos somente em água. O ph das soluções preparadas variou de 5,8 a 6,1, a temperatura do ensaio foi a ambiente (18-25°C), em um período de ensaio de aproximadamente 212 dias. Durante o período de imersão as soluções não tiveram seu ph corrigido, que se manteve em torno de 11,5. Este valor foi atingido em poucas horas após a imersão dos corpos de prova.

Terminado o período de imersão, os corpos de prova foram mantidos no ambiente até secar e, então, foram capeados para execução do teste de resistência mecânica em uma prensa EMIC mod.PCE-100/20.

Os testes com amostras prismáticas de 10X10X60 mm pelo método de KOCH & STEINEGGER foram feitos para as formulações: água/cimento=0,45; areia/cimento=2 e água/cimento=0,50; areia/cimento=2 em soluções de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02 M e 0,2 M. Os tempos de imersão foram: 8, 15 e 22 dias.

Para observar a absorção do íon sulfato pelos prismas, foi adotado o método turbidimétrico<sup>(4)</sup> onde foi usado um espectrofotômetro, MICRONAL mod.B342 II, fixando-se o comprimento de onda em 420 nm.

Todos os corpos de prova foram confeccionados com cimento portland comum.

### 3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resistência mecânica à compressão axial foi determinada, tendo-se observado que a variação nos valores da resistência não são tão drásticos em amostras imersas em soluções com diferentes molaridades. A Tabela I mostra os valores das resistências obtidas.

Observa-se na Tabela I que a variação entre a resistência mecânica dos corpos imersos em água e os imersos em solução agressiva não variaram em mais que 4%. Isto

indica que não se pode, por esse método, avaliar se as soluções agressivas realmente tiveram alguma influência, embora tenha sido observado ataque na superfície dos corpos de prova. Os corpos imersos na solução de sulfato de sódio refletiram um comportamento mais ordenado, mostrando inclusive que à medida que o valor da molaridade da solução aumenta, a resistência mecânica diminui. Isto não pode ser observado para os corpos de prova imersos em sulfato de magnésio onde o erro na determinação das resistências mecânicas também foi maior.

Este ensaio serviu para mostrar que as amostras precisam ter dimensões menores e ser mais poroso para acelerar o processo de ataque.

As Tabelas II, III e IV mostram os valores das concentrações de sulfato para os testes efetuados pelo método de KOCH & STEINEGGER. Os resultados mostram que a queda da concentração de sulfato é maior para solução 0,02 M em amostras com água/cimento=0,45 e areia/cimento=2. Isto ocorre porque absorção de sulfato é maior em molaridades mais baixas. Desta forma, a agressão de sulfatos é menor à medida que a molaridade das soluções é maior que 0,01 M, mantido o mesmo ph.

Os ensaios de resistência à flexo-tração do corpos de prova prismáticos não foram realizados a tempo.

#### 4.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FAGERLUND, G. Characterization and Performance Predictions of Cement and Concrete. Young J.F. Ed., Engg Foundation, New York, U.S.A., 82:15, 1983.
2. ROGERS, V.C. Mechanisms of Long-Term Concrete Degradation in LLW Disposal Facilities. Trans. Am. Nucl. Soc. 54:74-75, 1987.
3. KOCH, A. & STEINEGGER, H. Ein Schnellprüfverfahren für Zemente auf ihr Verhalten bei Sulfatangriff. Zement Kalk Gips, 13(7): 317-324, Jul. 1960.
4. CETESB Determinação de Sulfatos em Águas. Método de ensaio L5.191, Out. 1988.

Tabela I - Resistência Mecânica de Amostras Imersas em Soluções

Solução de imersão	Resistência Mecânica (MPa)
água	58,4 ± 0,8
0,005 M (1)	60,4 ± 0,5
0,01 M (1)	58,5 ± 1,0
0,02 M (1)	57,2 ± 1,0
0,2 M (1)	55,4 ± 1,6
0,4 M (1)	54,2 ± 0,7
0,0025M (2)	57,9 ± 2,5
0,005 M (2)	58,8 ± 2,7
0,01 M (2)	60,7 ± 2,7
0,1 M (2)	58,6 ± 2,6
0,2 M (2)	58,4 ± 3,7

(1) sol. de sulfato de sódio

(2) sol. de sulfato de magnésio

Tabela II - Conc. de sulfato para amostras com A/C=0,45; a/C=2 e sol. de sulfato sódio 0,02M

Dia	Conc. de sulfato (mg/L)		
	8 dias	15 dias	22 dias
1	19,2	19,4	19,4
2	18,9	18,9	18,5
3	18,9	18,6	18,8
4	-	-	-
5	-	-	-
6	18,2	18,7	17,9
7	17,8	18,1	18,3
8	18,2	18,1	17,8
9	-	17,6	17,4
10	-	18,0	17,7
11	-	-	-
12	-	-	-
13	17,9	17,9	17,2
14	17,2	17,2	17,0
15	17,6	17,6	17,6
16	17,3	17,3	17,3
17	17,6	17,6	17,6
18	-	-	-
19	-	-	-
20	-	-	16,9
21	-	-	16,9
22	-	-	16,6

A/C = Rel. água/cimento  
a/C = Rel. areia/cimento

Tabela III - Conc. de sulfato para amostras com A/C=0,45; a/C=2 e sol. sulfato de sódio 0,2M

Dia	Conc. de sulfato (mg/L)		
	8 dias	15 dias	22 dias
1	19,6	19,6	19,6
2	19,6	19,3	19,6
3	19,8	-	19,1
4	19,3	19,7	19,4
5	-	-	-
6	-	-	-
7	18,9	19,2	19,0
8	19,5	19,3	19,3
9	19,1	18,9	19,2
10	-	18,9	18,8
11	-	19,1	19,2
12	-	-	-
13	-	-	-
14	-	18,8	19,3
15	-	19,0	19,5
16	-	19,6	19,4
17	-	-	19,5
18	-	-	19,3
19	-	-	-
20	-	-	-
21	-	-	19,0
22	-	-	18,9

A/C = Rel. água/cimento  
a/C = Rel. areia/cimento

Tabela IV - Conc. de sulfato para amostras com A/C=0,50; a/C=2 e sol. sulfato de sódio 0,2M

Dia	Conc. de sulfato (mg/L)		
	8 dias	15 dias	22 dias
1	19,4	18,5	19,1
2	19,7	18,2	19,4
3	19,5	18,3	18,4
4	-	-	-
5	-	-	-
6	19,5	18,5	18,6
7	19,3	18,1	19,0
8	19,0	17,7	18,4
9	-	17,9	18,4
10	-	17,8	18,4
11	-	-	-
12	-	-	-
13	-	18,3	19,0
14	-	18,3	18,6
15	-	18,0	18,5
16	-	-	18,6
17	-	-	18,8
18	-	-	-
19	-	-	-
20	-	-	18,5
21	-	-	18,5
22	-	-	18,5

A/C = Rel. água/cimento  
a/C = Rel. areia/cimento