

AVALIAÇÃO DE PASTAS E ARGAMASSAS PARA O EMBALADO DE REJEITOS RADIOATIVOS BETUMINIZADOS

Ana Carolina Souto Pereira¹, Vanessa Mota Vieira e Clédola Cássia de Oliveira Tello

¹ Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
Comissão Nacional de Energia Nuclear – CDTN/CNEN

RESUMO

A energia nuclear tem sido usada em diferentes áreas para o benefício humano, entretanto o seu uso gera rejeitos que tem impacto potencial negativo na saúde humana e no ambiente, devendo ser gerenciados adequadamente. O tratamento desses rejeitos consiste, geralmente, em redução de seu volume, seguida de solidificação e/ou acondicionamento. Estudos apontam riscos associados à betuminização de rejeitos radioativos. Existem alguns problemas devido à presença de produtos betuminizados em repositórios, que são o inchamento do produto de rejeito e a degradação no longo prazo, causados por fissuras, amolecimento, fluência, ataque por microorganismos e risco de incêndio. Para acomodar o inchamento, o preenchimento dos tambores tem de ser limitado a 70 – 90% de seu volume, o que diminui a estabilidade estrutural do repositório e a otimização de deposição. Buscam-se opções para o condicionamento do produto betuminizado, para reduzir os riscos associados à deposição. Uma opção é colocá-los em embalagens de concreto e imobilizá-los, seja com pasta ou argamassa de cimento. O objetivo do trabalho foi a avaliação do ensaio de lixiviação, tendo em vista que este ensaio é um dos parâmetros avaliados para deposição do produto de rejeito de acordo com a norma CNEN-NN-6.09. Neste estudo utilizou-se como base a norma de lixiviação ISO 6961, submentendo os corpos de prova à uma solução lixiviante para análise quantitativa de radionúclideo lixiviado.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, existem atualmente duas centrais nucleares com reatores do tipo PWR, localizadas em Itaorna, Rio de Janeiro. A Usina de Angra 1 encontra-se em operação comercial desde 1985 e disponibiliza ao sistema elétrico brasileiro a potência de 640 MW e a de Angra 2, que iniciou sua geração em 2001 e sua potência é de 1.350 MW. No final de 2009, o Governo Federal anunciou a retomada das obras da Usina Nuclear Angra 3, que é semelhante à de Angra 2, prevista pra gerar 1.405 MW a partir de 2018 [1].

Os planos de aumento da geração de energia elétrica no Brasil, prevê o aumento da utilização da energia nuclear, com a construção de quatro a oito usinas nucleares nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, até 2030 [2].

Com todo o crescimento do setor energético previsto para os próximos anos no Brasil, a questão dos rejeitos radioativos merece destaque e ações do governo têm sido tomadas para solucionar as questões relacionadas ao seu armazenamento [2,3].

A Lei Federal 10.308 (BRASIL, 2001) normatiza o destino final dos rejeitos radioativos produzidos em território nacional, incluindo a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e

¹ Ana.csp987@gmail.com

as garantias referentes aos depósitos de rejeitos radioativos. No artigo 2º é estabelecida a responsabilidade da CNEN pelo destino final dos rejeitos e no artigo 4º é vetado o recebimento de rejeitos radioativos nas formas líquidas ou gasosas nos depósitos finais. Sendo, portanto, necessária a solidificação dos rejeitos gerados de modo a atender a três critérios básicos para garantir o manuseio seguro nas etapas subsequentes da gerência de rejeitos radioativos e a aceitação em repositórios que são: resistência mecânica, permeabilidade e estabilidade. As matrizes utilizadas são as de cimento, polímeros, vidro e betume [4].

No Brasil, a imobilização e solidificação de rejeitos radioativos de baixo e médio nível de radiação (concentrado do evaporados e as resinas de troca iônica exauridas) são realizadas em cimento, em Angra 1 e em betume, em Angra 2. Está prevista a utilização de betume como matriz para a imobilização dos rejeitos de Angra 3 [5].

A imobilização de rejeitos radioativos utilizando betume é verificada também na Romênia, Eslováquia e República Tcheca e em uma central nuclear na Suíça. Este processo foi utilizado inicialmente, em alguns países como França, Bélgica e Espanha e seu uso estava previsto em uma central nuclear na Argentina. Entretanto foi abandonado nestes países e substituído por outros processos, após a avaliação do ciclo total dos rejeitos, de sua geração até a sua disposição [6].

Em geral, a maior parte dos rejeitos gerados é de baixo e médio nível de radiação. O método mais comum para disposição final (deposição) desse tipo de rejeito consiste no seu confinamento em repositórios próximo a superfície. A proposta da OECD/NEA consiste em estabelecer níveis de referência genéricos e fornecer orientação sobre a metodologia que pode ser usada pelas autoridades nacionais para estabelecer critérios de aceitação para o local específico do repositório. Definem-se três tipos de critérios

- Limites na concentração de radionuclídeos no rejeito;
- Limite na atividade total de radionuclídeos que será disposta em uma dada instalação;
- Padrão de desempenho para os embalados de rejeito e embalagem [7].

Estudos apontam riscos associados à betuminização de rejeitos radioativos, relacionadas tanto ao processo quanto ao produto. Também existem alguns problemas devido à presença de produtos betuminizados em repositórios, que são o inchamento do produto de rejeito e sua degradação no longo prazo, causada por fissuras, amolecimento por efeito de variação de temperatura, fluência por se tratar de material viscoplástico, ataque por micro-organismos e, sob certas condições, risco de incêndio. Para acomodar o inchamento, o preenchimento dos tambores tem de ser limitado a 70 – 90% de seu volume, o que diminui a estabilidade estrutural do repositório e a otimização de deposição [6].

Um dos Projetos prioritários da CNEN é o “Projeto RBMN” (Repositório para Rejeitos radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação) que está relacionado com a deposição final dos produtos de rejeitos radioativos gerados no território nacional, foi lançado em novembro de 2008 e tem como objetivos estabelecer, controlar e executar todas as tarefas para a implantação do Repositório brasileiro, desde a sua concepção até a sua construção. O conceito adotado é de um repositório de superfície construído de acordo com o inventário de rejeitos radioativos, que inclui aqueles da operação das centrais nucleares, das instalações do ciclo de combustível nuclear e do uso de radionuclídeos na medicina, indústria e as atividades de P&D no Brasil. A implantação do repositório nacional é um requisito técnico importante e, atualmente, uma exigência legal para a entrada em operação da central de Angra 3 [8].

Este trabalho pretende buscar opções para o condicionamento do produto betuminizado, para reduzir os riscos associados à deposição. Uma opção é colocá-los em embalagens de concreto e imobilizá-los, seja com pasta ou argamassa de cimento. O objetivo do trabalho foi a avaliação do ensaio de lixiviação, tendo em vista que este ensaio é um dos parâmetros para deposição do produto de rejeito de acordo com a norma CNEN-NN-6.09 [9]. Neste estudo utilizou-se com base na norma de lixiviação ISO 6961 [10], submetendo os corpos de prova à uma solução lixiviante para análise quantitativa de radionuclídeo lixiviado.

2. PARTE EXPERIMENTAL

Para a realização dos ensaios de lixiviação foram utilizados corpos de prova cilíndricos de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, que foram submetidos à uma solução lixiviante com a finalidade de analisar quantitativamente os radionuclídeos lixiviados.

2.1. Preparação das Pastas e Argamassas

As variáveis utilizadas para do planejamento foram: Formulação (Pastas, consistindo de cimento e água e Argamassas consistindo de cimento, água e areia), ausência ou presença da argila Bentonita e ausência ou presença de aditivo químico fluidificante

A relação entre a quantidade de água e cimento (a/c) utilizada para a pasta foi de 0,35 e para a argamassa foi de 0,58 e a proporção entre os componentes da argamassa (o traço) foi de 1:2. As quantidades de fluidificante e argila usadas foram equivalentes a 0,6% e 5% do peso do cimento, respectivamente.

Tabela 1- Composição das amostras selecionadas para lixiviação

Experimento	Formulação	Fluidificante	Argila
1	Pasta	Ausência	Presença
2	Pasta	Presença	Presença
3	Argamassa	Ausência	Ausência
4	Argamassa	Presença	Ausência

2.2. Ensaio de Lixiviação

Os corpos de prova de pastas e argamassas são colocados em cubas com o material lixiviante, água deionizada. Após determinados períodos ocorre a amostragem do lixiviante, seguida da adição de uma nova água deionizada. O número de trocas varia ao longo do tempo, sendo as primeiras trocas feitas todos os dias, na primeira semana; duas vezes por semana, para a segunda semana; uma vez por semana para a terceira, quarta, quinta, e sexta semanas, seguida

de trocas mensais, durante um período de um ano, sendo realizados em duplicatas. Amostras do lixiviante são enviadas para à determinação da quantidade de césio pelo método de Absorção Atômica.



Figura 1. Corpo de prova sendo lixiviado em água deionizada.

3.RESULTADOS

O ensaio de lixiviação encontra-se ainda em andamento, mas algumas amostras do lixiviante foram coletadas amostras do material lixiviante e foram levadas para determinação da quantidade de césio pelo método de Absorção Atômica.

Tabela 2. Concentração de césio, em mg/l, determinadas nas primeiras 11 trocas (Amostras A e B por experimento).

Tempo (dias)	Experimento 01		Experimento 02		Experimento 03		Experimento 04	
	Amostras		Amostras		Amostras		Amostras	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	0,54	0,6	0,7	0,66	1,6	1,6	1,6	1,7
2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,57	0,6	0,98	0,76
3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,51	0,5	0,66	0,63
4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	Insuficiente	0,5	0,5
7	0,51	0,54	0,54	0,51	1	1,1	1,3	1,2
10	0,5	0,5	0,54	0,5	0,82	0,79	1	1
16	0,51	0,5	0,5	0,5	1	1	1,1	1,2
23	0,5	0,5	0,5	0,51	0,91	0,82	1,1	1
30	0,54	0,5	0,5	0,51	0,82	0,82	0,98	0,91
37	0,5	0,5	0,5	0,5	0,63	0,66	0,7	0,7
67	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,87	0,89

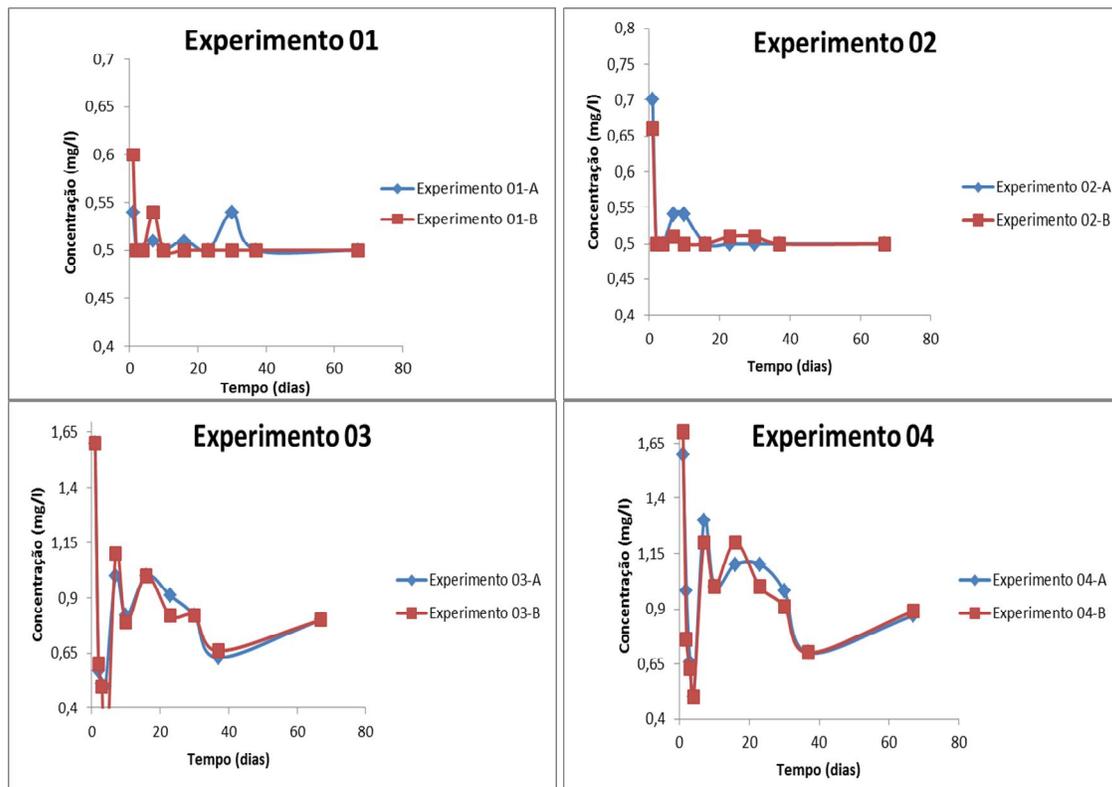


Figura 2- Gráficos das curvas de lixiviação dos experimentos.

Os gráficos apresentam um comportamento semelhante nos quais possuem um decréscimo considerável no valor de sua concentração no intervalo entre a primeira e a segunda troca, devido ao fato da primeira troca lixiviar grande parte do céσιο presente nas superfícies das amostras e de fácil remoção.

Após este período os valores relacionados as concentrações para as próximas trocas tendem a sofrer pequenos decréscimos em função da dificuldade de remoção do céσιο que se encontra em camadas mais internas do corpo de prova, como acontece entre a segunda e a terceira troca e no intervalo entre a terceira e quarta troca.

Quando ocorre um período maior de permanência das amostras no lixivante, a concentração eleva-se, como observado entre a quarta e quinta troca, quando as amostras ficaram imersas no lixivante por um período de 3 dias, causando um aumento da concentração de céσιο lixiviado.

Ao analisar os gráficos de uma mesma composição, nota-se que os resultados realizados em duplicatas apresentam um comportamento semelhante, demonstrando a reprodutibilidade dos resultados.

Analisando os ensaios de lixiviação entre os dois grupos de experimentos (Pasta, 1 e 2; Argamassa, 3 e 4) verifica-se que a quantidade de céσιο lixiviado a partir das amostras das pastas foi menor do que aquelas liberadas pela argamassa. Isto pode ser devido a presença de areia em sua composição. A areia aumenta o número de poros existentes no corpo de prova, o que resulta em uma maior facilidade de liberação de céσιο nestas regiões.

3. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios de lixiviação encontram-se conforme o esperado. Os resultados dos testes realizados em duplicatas apresentam resultados semelhantes, verificando a reprodutibilidade dos resultados.

Os Experimentos 1 e 2 apresentaram melhores resultados em comparação aos demais, uma vez que estas composições foram capazes de reter uma maior quantidade de céσιο no corpo de prova e que aplicado ao contexto do repositório seria mais satisfatório a sua utilização, pois atuaria retendo parte dos radionuclídeos presentes no rejeito radioativo e aumentaria a segurança nos repositórios dos rejeitos radioativo betuminizados, diminuindo assim os radionuclídeos liberados para a natureza.

4. REFERENCIAS

1. ELETRONUCLEAR. *Central Nuclear de Angra dos Reis*. Rio de Janeiro: Eletrobras Eletronuclear, 2015. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br>> Acesso em: 20/02/2015.
2. ELETRONUCLEAR. *Panorama da energia nuclear no mundo*. Rio de Janeiro: Eletrobras Eletronuclear, 2015. 165p. Disponível em: <http://www.aben.com.br/Arquivos/314/314.pdf> Acesso em: 20/02/2015.
3. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. O papel do MCTI na promoção do Programa Nuclear Brasileiro. Estratégia Nacional 2011 – 2014. Apresentação Rio de Janeiro, 2011. 44p. Disponível em <http://portal2.tcu.gov.br/portal/page/portal/TCU/imprensa/noticias/noticias_arquivos/Luiz%20Antonio%20Elias.pdf> Acesso em: 20/02/2015
4. TELLO, C. C. O. Efetividade das bentonitas na retenção de céσιο em produtos de rejeitos cimentados. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
5. POWER. Petróleo, eletricidade e energias alternativas. Disponível em: <http://www.power.inf.br>. Acesso em: ago. 2008.

6. TELLO, C. C. O., CUCCIA, V. Experiência Internacional no uso da betuminização como processo de solidificação de rejeitos radioativos. Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – Belo Horizonte: CDTN / CNEN, 2011
7. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Radioactive waste management: an IAEA source book. Vienna: IAEA, 1992. 276p
8. TELLO, C. C. O. Projeto de repositório para rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação. Relatório Técnico - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – Belo Horizonte: CDTN / CNEN, 2008.
9. CNEN. Critérios de aceitação para deposição de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação (CNEN-NE .6.09), CNEN, 2002.
10. ISO, Long term leach testing of solidified radioactive waste forms (ISO 6961), ISO, 1982.