

# TRATAMENTO DE REJEITO RADIOATIVO CONTENDO RESINAS DE TROCA IÔNICA EXAURIDAS

Luis Efrain Torres de Miranda, Roberto Vicente

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP  
Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN  
Caixa Postal 11.049  
05542-970, São Paulo, Brasil

## RESUMO

Apresenta-se um processo de tratamento térmico das resinas de troca iônica exauridas destinado a condicionar as resinas para imobilização em cimento. Neste tratamento térmico as ligações químicas da estrutura da resina são quebradas por ação do calor, num processo chamado pirólise. As resinas pirolisadas perdem a capacidade de trocar íons e adquirem uma maior inércia química, o que permite aumentar a carga de resina no cimento, sem perda do desempenho do produto final. O processo permite tratar pelo menos cinco quilogramas de resina seca por hora em um reator térmico contínuo com vazão e temperatura controláveis.

**Palavras chave:** resina de troca iônica, rejeitos radioativos, tratamento, pirólise

## I. INTRODUÇÃO

As resinas de troca iônica são utilizadas para a purificação da água nos circuitos de arrefecimento dos reatores nucleares e da água da piscina de armazenamento dos elementos combustíveis queimados, onde funcionam como filtros que retêm substâncias radioativas dissolvidas.

As resinas de troca iônica empregadas nos circuitos de purificação de água nos reatores nucleares tipo PWR são geralmente utilizadas na forma de leito misto de resina granulada catiônica e aniônica, e não sofrem regeneração, sendo substituídas por resinas novas quando exauridas, ou seja, quando a eficiência de troca atinge o nível inferior aceitável [1].

Os leitos de resina exaurida, quando saem dos sistemas de purificação de água nos reatores nucleares, possuem cerca de 90% de água total em peso, a qual se distribui em três frações: água absorvida, água intersticial e água sobrenadante. Estes leitos de resina contêm as substâncias radioativas que foram extraídas dos circuitos de água dos reatores nucleares, podendo ser classificados como rejeito radioativo de atividade baixa ou média, dependendo da radioatividade total presente.

A gestão convencional deste rejeito geralmente inclui o processo de imobilização da resina e da água presente no leito em uma matriz sólida, constituída por cimento ou outros agentes solidificantes.

O cimento é bastante empregado para imobilizar os rejeitos de atividade baixa e média em virtude de uma série de características favoráveis, mas no caso de imobilização das resinas de troca iônica o processo apresenta uma séria deficiência que consiste na baixa carga de resina de rejeito

imobilizado para que o produto final atinja os padrões de qualidade exigidos nas normas. [2]. Esta baixa carga significa um maior número de tambores contendo rejeito imobilizado o que resulta em maior espaço requerido para armazenamento temporário e custos mais elevados para transporte e disposição final.

Esta baixa carga é decorrência da atividade química da resina dentro da matriz de imobilização. A troca de íons interfere na hidratação do cimento e a absorção de água provoca o inchamento da resina, criando tensões localizadas que fraturam a matriz. Para que o cimento tenha um bom desempenho como primeira barreira física à dispersão dos radionuclídeos presentes no rejeito, é preciso que o teor de resina no produto seja inferior a cerca de 10% em peso. [3, 4].

Adotando o processo de tratamento proposto neste trabalho, o teor de resina de troca iônica no produto imobilizado alcança valores comparáveis àqueles alcançados na imobilização das resinas em betume ou em polímeros, ainda que mantendo as vantagens do cimento como matriz de imobilização.

O processo proposto pode ser adotado, sem grandes modificações ou investimentos, como um “by pass” nas linhas de fluxo de tratamento dos rejeitos radioativos existentes em grandes instalações ou pode ser adotado em escala de bancada em pequenas instalações radioativas.

Neste trabalho apresenta-se o diagrama de processo e descreve-se a seqüência das operações.

## II. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo descrito consiste em um tratamento térmico das resinas de troca iônica granuladas, visando

melhorar as propriedades químicas e físicas da resina de modo a elevar o rendimento do processo de imobilização deste tipo de rejeito radioativo, em cimento.

**Características das Resinas de Troca Iônica.** As resinas de troca iônica são pérolas porosas com diâmetro variando de 0,1 a 1 milímetro, cuja estrutura é constituída de poliestireno entrecruzado com divinil benzeno, apresentando uma densidade ligeiramente superior à da água [5].

As resinas catiônicas fortes contêm, geralmente, grupos funcionais sulfônicos ácidos e, em menor grau, grupos carboxílicos ou fosfóricos, unidos a esta estrutura. Estas resinas trocam hidrogênio ou lítio pelos cátions em solução.

As resinas aniônicas fortes contêm o grupo funcional amônio quaternário unido a sua estrutura. Estas resinas trocam o grupo hidroxila ou carbonato pelos ânions em solução.

Os leitos de resina exaurida, quando saem do sistema de purificação de água nos reatores nucleares, possuem volume variável de até poucos metros cúbicos, com cerca de 90% de água total, em peso, a qual se distribui em água absorvida, água intersticial e água sobrenadante.

Os leitos de resina contêm as substâncias radioativas que foram extraídas dos circuitos de água do reator nuclear, podendo ser classificados como rejeito radioativo de baixa ou média atividade, dependendo da radioatividade total presente.

O inventário típico de radionuclídeos contidos nas resinas no momento em que são substituídas inclui os produtos de fissão e produtos de corrosão dissolvidos nos circuitos de resfriamento dos reatores e as concentrações típicas estão entre um gigabecquerel e um terabecquerel por metro cúbico de resina.

À entrada do processo de tratamento, as resinas apresentam um inventário com tendência de predomínio dos radionuclídeos de meia-vida superior a um ano, entre os quais destaca-se  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  e  $^{137}\text{Cs}$ .

**Descrição da Unidade de Pirólise.** A unidade de pirólise, que está representada no diagrama de processo da figura 1, opera com um reator térmico contínuo, com sistema de aquecimento por resistência elétrica e por gás inerte de processo, em contra corrente.

A unidade possui, além do reator, um sistema de alimentação de produto, um sistema de descarga, com controle de vazão e um sistema de tratamento e controle de saída dos gases de processo.

O reator permite o controle da temperatura de processo no intervalo entre 200 e 800 graus Celsius e do tempo de residência da resina no reator no intervalo entre 0,1 e 1 hora.

O sistema de entrada de produto é constituído por um silo de carga e por um “hopper”. O silo de carga tem capacidade para até 40 horas de operação contínua da planta, a qual corresponde a uma carga de resina exaurida do reator IEA-R1. O “hopper” destina-se à admissão da

resina no reator, à separação dos gases de processo e à instalação da instrumentação de controle térmico

O sistema de descarga é constituído por um transportador tipo rosca helicoidal e um coletor de produto. A rosca tem passo variável, o que permite o controle da vazão do processo, facilitando o escoamento do produto sólido e permitindo o fluxo dos gases, tanto os resultantes da pirólise como os de aquecimento do processo. O sistema de descarga possui um bocal para instalação da instrumentação de controle da temperatura de operação do reator. O coletor de produto possui características, dimensões e dispositivos que facilitam a operação seguinte de gestão deste rejeito, ou seja a de cimentação das resinas pirolisadas.

O sistema de controle e tratamento dos gases de processo está constituído por:

- a) equipamentos de condicionamento térmico dos gases, constituídos por dois trocadores de calor, um para baixar a temperatura dos gases à entrada do lavador de gases e outro para elevar a temperatura do fluxo de gases na entrada do filtro HEPA a fim de evitar a condensação de umidade no filtro;
- b) equipamentos de descontaminação, constituídos por:
  - um ciclone para separação de sólidos em suspensão, com descarga periódica das cinzas recolhidas;
  - um lavador de gases para separação de gases solúveis, com bacia própria, sistema de circulação do licor de lavagem com bomba centrífuga, sistema de instrumentação para controle de pH e sistema de drenagem e reposição do licor na bacia do lavador; e
  - um filtro tipo HEPA para retenção de aerossóis finos;
- c) equipamentos de impulsão e descarga dos gases, constituídos de um ventilador centrífugo e de uma chaminé, provida de sistema de instrumentação para indicação e controle químico e radiológico dos gases efluentes para a atmosfera.

A unidade pode ser instalada dentro de uma cabine de modo a isolar os equipamentos das áreas acessíveis aos operadores, para fins de segurança radiológica da operação. Uma cabine com piso de três metros por dois metros e com altura de quatro metros permite a instalação dos equipamentos de pirólise, ficando fora da cabine o painel de controle e o sistema de tratamento de gases.

A unidade de pirólise possui grande flexibilidade de operação, permitindo trabalhar com faixas de temperatura que variam de 200 a 800 graus, assim como com tempos de residência entre 0,1 e 1 hora.

## II. COMENTÁRIOS FINAIS

A adoção do processo de pirólise das resinas de troca iônica e a instalação de uma unidade de pirólise como pré-tratamento antes da cimentação, possui as seguintes vantagens:

- o produto da pirólise pode ser imobilizado em cimento, com uma carga maior do que a alcançada com as resinas sem tratamento;
- o produto da cimentação apresenta qualidade superior em relação à cimentação da resina sem tratamento;
- o número de embalagens com rejeito imobilizado é significativamente menor;
- a unidade de pirólise é suficientemente pequena para poder ser instalada como uma linha em paralelo no sistema de tratamento de rejeitos em plantas de grande porte nas instalações nucleares, ou como unidade de bancada nos laboratórios de gestão de rejeitos das instalações radiativas;
- o custo estimado é acessível a pequenas instalações, dado que os equipamentos são de fácil fabricação e/ou aquisição;
- as estimativas preliminares para uma unidade completa, sem a instrumentação, indicam que o custo alcança um valor aproximado de US\$ 20.000.

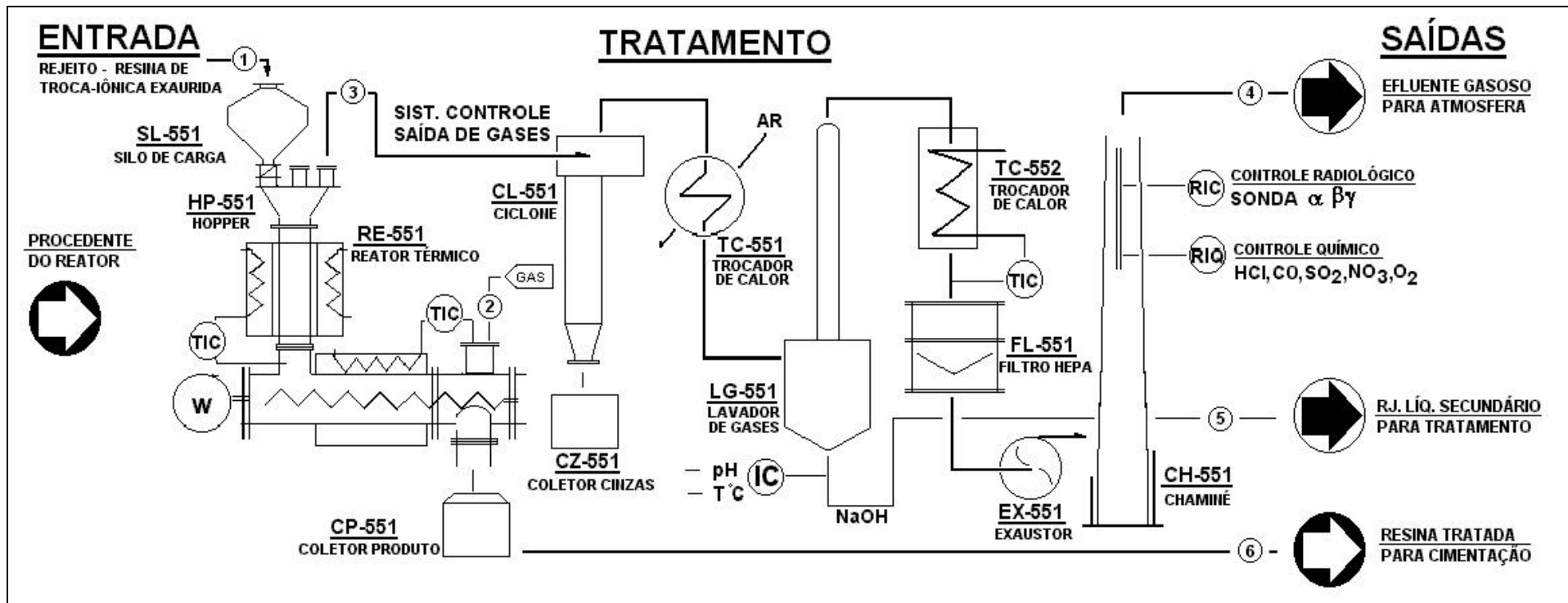
## V. REFERÊNCIAS

- [1] NIELSON Jr., R.M.; COLOMBO, P.; FUHRMANN, M.; ARNOLD, G.; FRANZ, E.M.; DOTY, R.; KALB, P.; KEMENY, P.; REILLY, S. **Solidification of Ion-Exchange Resin Wastes**, BNL-51615, Brookhaven National Laboratory, Upton, N.Y., 1982.
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Guide to the Safe Handling of Radioactive Wastes at Nuclear Power Plants**. Technical Report Series No. 198, IAEA, Vienna, 1980
- [3] COLOMBO, P.; NEILSON JR. R.M. **Properties of Radioactive Wastes and Waste Containers. Progress Report No. 12**, BNL-NUREG/CR-51101, Brookhaven National Laboratory, Upton, N.Y., 1979.
- [4] RZYSKI, B.M.; MARUMO, J.T.; SUAREZ, A.A. Imobilização de Rejeitos Radioativos de Reatores de Potência em Cimento. In: **American Nuclear Society. Nuclear Energy and the Environment. LAS/ANS Symposium on ..., held in Rio de Janeiro, 28 June – 01 July, 1993**. p. PIV1-9.
- [5] ROHM & HASS S.A. **Boletim Técnico**.

## ABSTRACT

A treatment of spent ion exchange resins is presented. It is a thermal process to condition this kind of waste before it is immobilized in cement. The thermal treatment breaks down the chemical bonds of the resin structure, impairing its capacity to exchange ions and its ability to swell and shrink on contact with water. After the ion exchanger is converted to a chemically inert form it can be immobilized in cement with a higher waste/cement ratio, yet keeping the waste form quality. The process described in this paper allows the treatment of five kilograms of dried resin per hour in a continuous, electrically heated, thermal reactor.

LINHA DE FLUXO		1	2	3	4	5	6
FLUXO DE MATERIAL		RESINA GRANUL.	GAS DE PROCES.	GAS EFLUENTE	GAS EFL. TRAT.	REJEITO LIQ.	RESINA TRATADA
VAZÃO kg / HORA	NOMINAL	5,0	9,0	10,0	10,0	hold	4,0
	DE PROJETO	8,0	40,0	50,0	50,0	500 (batelada)	6,4



CÓDIGO	SL-551	HP-551	RE-551	CP-551	CI-551	CZ-551	TC-551	LG-551	TC-552	FL-551	EX-551	CH-551
NOME	SILO DE CARGA	HOPPER	REATOR TÉRMICO	COLETOR PROD.	CICLONE	COLETOR CINZAS	TROC. DE CALOR	LAVADOR GASES	TROC. DE CALOR	FILTRO HEPA	EXAUSTOR	CHAMINÉ
MATERIAL	AÍSI-304	AÍSI-304	AÍSI-310	AÍSI-304	AÍSI-304	AÍSI-304	AÇO CARBONO	POLIPROPILENO	AÇO CARBONO	POLIPROPILENO	AÇO CARBONO	PVC
DIMENSÕES	φ60 cm X 60 cm	φ60 cm X 60 cm	φ6" X 220 cm	φ60 cm X 60 cm	φ4" X 40 cm	φ4" X 10 cm	φ8" X 60 cm	hold	φ8" X 60 cm	φ8" X 25 cm	hold	φ6" X 12 m

Figura 1 – Diagrama de processo da unidade de pré-tratamento térmico das resinas de troca iônica