

NUCLEBRÁS
Empresas Nucleares Brasileiras SA

UTILIZAÇÃO DO REATOR NUCLEAR DE
PESQUISA IPR-R1 NA AVALIAÇÃO DAS
RESERVAS BRASILEIRAS DE URÂNIO

P.C. Tófani, R. Stasiulevicius
Abril 1984
NUCLEBRÁS/CDTN 480

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR

UTILIZAÇÃO DO REATOR NUCLEAR DE PESQUISA IPR-R1 NA AVALIAÇÃO DAS RESERVAS BRASILEIRAS DE URÂNIO

Paulo de Carvalho Tófani
Roberto Stasiulevicius

NUCLEBRÁS-CDTN
Belo Horizonte

Sumário

As reservas brasileiras de urânio totalizam cerca de 300.000 toneladas métricas de U_3O_8 , trinta vezes maior do que o valor conhecido quando da criação da NUCLEBRÁS, em 1974. Na avaliação dessas reservas foi considerável a contribuição do reator nuclear de pesquisa IPR-R1, de Belo Horizonte. Esse reator vem sendo utilizado desde 1960 em pesquisa, tecnologia, produção de radionuclídeos e treinamento. Os dispositivos de irradiação incorporados ao reator permitem o uso de técnicas de nêutron ativação e nêutrons retardados para a caracterização de urânio, 270.000 amostras de minério tendo sido analisadas até o presente.

Abstract

The Brazilian uranium ore resources reach an amount of about 300,000 metric tons of U_3O_8 , thirty times more than the known value when NUCLEBRÁS was founded, in 1974. In evaluating this reserve, the IPR-R1 research nuclear reactor, installed in Belo Horizonte, played an important role. This reactor is in operation since 1960 for research, technology, radionuclide production and training purposes. The available irradiation facilities allow for the use of neutron activation and delayed neutron analytical techniques to determine uranium contents. Up to now, a total of 270,000 mineral samples were carried out.

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa sistemática de urânio no país é, relativamente, recente [1]. A definição do Programa Nuclear Brasileiro e a criação da NUCLEBRÁS em 1974 para implementá-lo modificaram, essencialmente, o panorama existente. Nestes nove anos o trabalho desenvolvido em pesquisa e prospeção de urânio pela Empresa posicionou o Brasil como possuidor da quinta maior reserva do mundo, com 301.490 toneladas de U_3O_8 .

Amostras recolhidas em todo o território nacional são remetidas para análise de laboratório, no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear-CDTN, da NUCLEBRÁS, em Belo Horizonte, com objetivo de determinar teores de urânio e outros elementos químicos [2]. Para atendimento da demanda, técnicas analíticas foram desenvolvidas utilizando-se o reator nuclear de pesquisa IPR-R1. Neste trabalho são abordadas essas técnicas e apresentados os resultados de sua utilização.

2. REATOR NUCLEAR DE PESQUISA IPR-R1

O IPR-R1 é um reator nuclear do tipo TRIGA MARK I [3] destinado a pesquisa, produção de radionuclídeos e treinamento. A primeira criticalidade do reator data de novembro de 1960, desde quando opera satisfatoriamente com suas propriedades intrínsecas de segurança. Atualmente, a potência térmica máxima alcançada é de 100 kW, à qual corresponde um fluxo de nêutrons térmicos na região central do núcleo de $4,3 \times 10^{12}$ n.cm⁻².s⁻¹.

Na Figura 1 é apresentado um corte vertical do tanque de aço do reator, incluindo-se melhorias com relação a sua versão original. O núcleo cilíndrico contendo 58 elementos combustíveis moderadores situa-se na base do tanque sob coluna de água. Esses elementos são constituídos por liga de urânio enriquecido a 20% e hidreto de zircônio. A água exerce funções de refrigerante, blindagem, moderador e refletor. O núcleo é circundado por refletor composto de anel de barras e cilindro oco de grafita. O controle do reator é efetuado com auxílio de três barras de carboneto de boro.

Para o uso normal do reator como aparelho de irradiação são empregados quatro locais: tubo central, mesa giratória, posição do anel de grafita e posição externa ao núcleo. No tubo central dispõe-se de fluxo máximo de nêutrons. Na mesa que gira em torno do eixo do núcleo, no interior do refletor cilíndrico de grafita, com quarenta receptáculos, permite-se irradiação a fluxos uniformes. Em uma posição não preenchida por grafita no anel de barras refletoras e em outra externa ao refletor cilíndrico, é facultada a irradiação a fluxos de nêutrons com diferentes razões entre térmicos e rápidos. Na posição exterior predominam, naturalmente, os nêutrons térmicos. Estes dois últimos locais são alcançados por sistemas pneumáticos que permitem inserção e retirada de amostra em tempos controlados automaticamente.

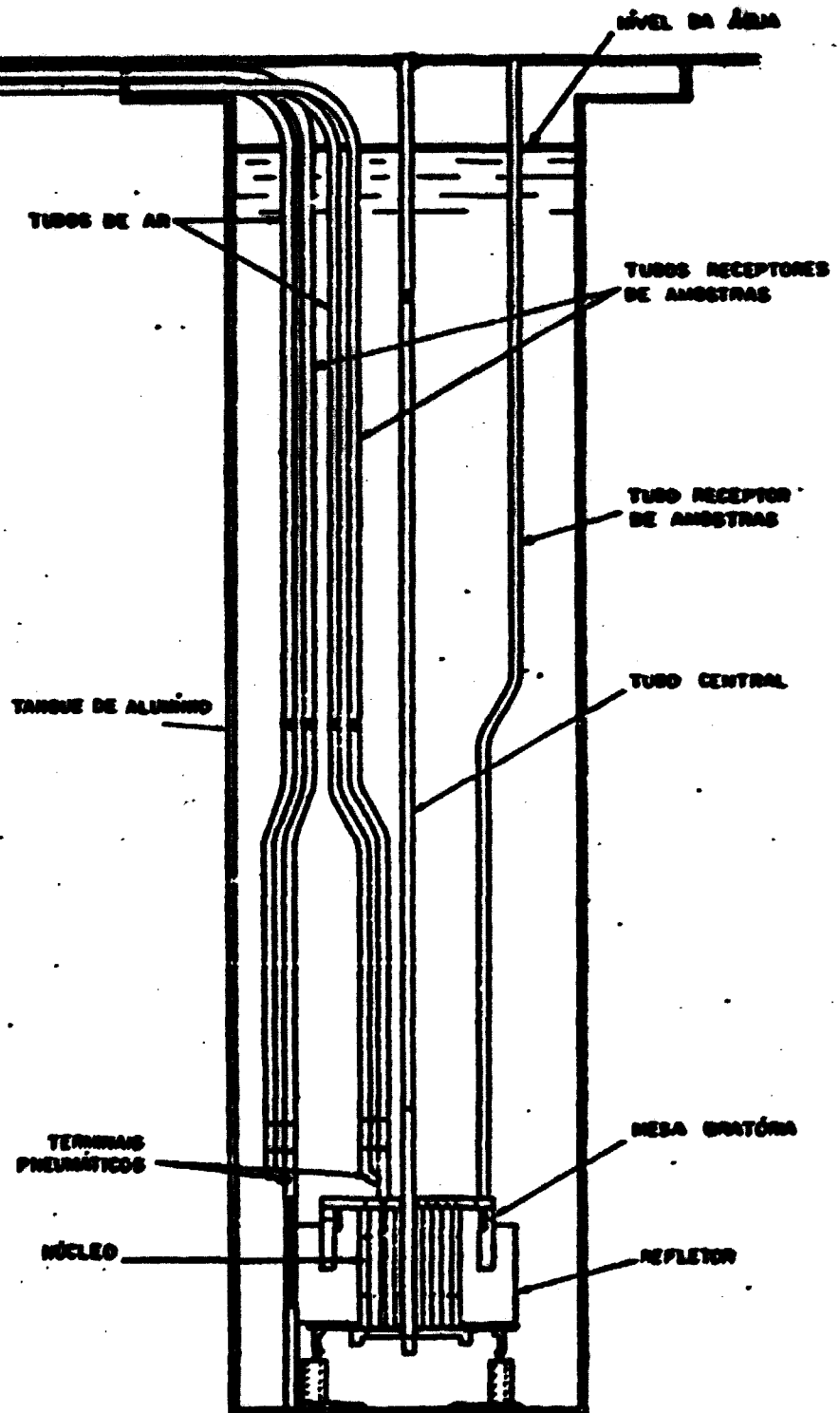


Figura 1. Corte Vertical do Tanque do IPR-R1

3. TÉCNICAS ANALÍTICAS NUCLEARES

O uso dos métodos nucleares nas análises químicas é de grande importância por permitirem determinações rápidas e simultâneas de diversos elementos presentes em uma matriz, com elevadas precisão e sensibilidade, a baixo custo e, na maioria das vezes, sem destruição da amostra. Em se dispõe de um reator nuclear como fonte de nêutrons, torna-se oportuna a adoção de técnicas baseadas em reações nucleares provocadas por este tipo de partícula. As reações dependem, essencialmente, da energia dos nêutrons e de características dos materiais irradiados. As reações nêutron-gama e nêutron-fissão serão comentadas a seguir por constituírem a base das técnicas de análise por nêutron ativação e nêutrons retardados, respectivamente.

4. ANÁLISE POR NÊUTRON ATIVAÇÃO

Após irradiação de amostra no reator, os núcleos ativados, contendo ligeiro excesso de nêutrons em comparação com núcleos estáveis, podem sofrer transmutação. Os núcleos formados sendo instáveis, decaem através de emissão de partículas e gamas. Medindo-se as propriedades destas emissões, tais como, energia, intensidade e/ou meia vida, pode-se identificar os nuclídeos produzidos e, em decorrência, a natureza e concentração dos elementos na substância irradiada.

No uso deste método as amostras são, normalmente, irradiadas na mesa giratória, visando analisar simultaneamente diversos espécimens, dentre os quais se inserem padrões para comparação. Posteriormente, as amostras são retiradas e analisados os espectros de emissão gama com detectores de NaI(Tl), Ge ou Ge(Li), com auxílio de sistema eletrônico de processamento de dados.

A implantação do método de análise por nêutron ativação no IPR-R1 foi iniciada no passado [4]. A técnica foi, posteriormente, estendida aos elementos apresentados na Tabela 1, onde figuram elementos por vezes associados aos minérios de interesse nuclear. Em casos especiais, métodos clássicos de radioquímica são requeridos. A sensibilidade das análises é, igualmente, apresentada em ambos os casos.

5. ANÁLISE POR NÊUTRONS RETARDADOS

No caso de substâncias contendo elementos como tório ou urânio irradiadas no reator, estes poderão sofrer reações de fissão nuclear gerando, em decorrência fragmentos de fissão precursores de nêutrons retardados. A contagem dos nêutrons emitidos permite a identificação do teor desses elementos na amostra analisada[5].

Na aplicação deste método, as irradiações são realizadas nos locais cujo acesso é possibilitado pelos sistemas pneumáticos, incluindo-se os padrões que permitem avaliar e eliminar a influência de interferentes nas medidas. Os nêutrons retardados são contados fora do núcleo com auxílio de detectores proporcionais do tipo BF₃.

ELEMENTO	ISÓTOPO	SENSIBILIDADE (µg/g)	
		NORMAL	RADIOQUÍMICO
Na	Na-24m	10	-
Al	Al-28	5	-
Cl	Cl-38m	50	10
K	K-42	100	-
Sc	Sc-46	2	0,5
V	V-52	2	-
Mn	Mn-56	2	0,1
Fe	Fe-51	1000	10
Co	Co-60	5	1
Cu	Cu-64	-	2
Zn	Zn-69m	100	5
As	As-76	5	0,5
Se	Se-75	10	2
Br	Br-82	10	5
Pd	Pd-109m	10	2
Ag	Ag-108	10	1
Sb	Sb-122	10	1
Cs	Cs-134	10	0,5
Ba	Ba-139	100	5
La	La-140	1	0,5
Ce	Ce-141	10	2
Sm	Sm-153	1	0,5
Dy	Dy-165	1	0,1
Hf	Hf-181	5	0,5
Ta	Ta-182	1	0,1
W	W-187	5	1
Pt	Pt-199	2	1
Au	Au-198	0,5	0,05
Th	Pa-233	10	5
U	U-239	20	0,1

Tabela 1. Análise por Nêutron Ativação

A implantação deste método de análise por nêutrons retardados no IPR-R1 foi realizada há algum tempo [6]. Desde então, a técnica foi aperfeiçoada paulatinamente no que se refere à automação dos processos mecânicos de veiculação das amostras, das medidas e do processamento de dados.

O uso do terminal de irradiação que conduz as amostras ao local externo ao refletor do reator tem se mostrado extremamente útil na determinação de teores de urânio em minério. Este procedimento se aplica a amostras sólidas com teores de urânio compreendidos entre 1 e 7000 μg por grama de minério. Acima de 80 $\mu\text{g/g}$ a precisão do método é de 5%.

6. RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÃO

Durante os últimos nove anos, desde a criação da NUCLEBRÁS, foram irradiadas no IPR-R1, com dissipação de aproximadamente 1 GWh, cerca de 300.000 amostras, dentre as quais 270.000 de minério de urânio. As curvas de evolução do número de irradiações de amostras, da energia gerada no reator e dos recursos de urânio em termos de U_3O_8 até o total de 301.490 toneladas métricas [7], ao longo desses anos, são mostradas na Figura 2. Inferre-se desta representação a correlação entre estes três parâmetros e, por via de consequência, evidencia-se o apoio do reator nuclear de pesquisa IPR-R1 no levantamento das reservas brasileiras de urânio.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] FORMAN, J.M.A., e ANGEIRAS, A.G. (1979) "Poços de Caldas and Itataia: Two Case Histories of Uranium Exploration in Brazil", Uranium Exploration Case Histories, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- [2] FERREIRA, M.P., SABINO, C.V.S., e AVELAR, M.M. (1984) "O Uso de Técnicas Analíticas no Apoio à Implantação de Instalações Nucleares", III Congresso Brasileiro de Energia, Rio de Janeiro.
- [3] GULF GENERAL ATOMICS (1959), "TRIGA MARK I Reactor Description", GA Report 952, San Diego.
- [4] ALVARENGA, M.G., e COMES, H. (1969), "Determinação Simultânea de Urânio, Tório, Lantânio e Cério por Nêutron Ativação em Minérios", Instituto de Pesquisas Radioativas, Belo Horizonte.
- [5] BINNEY, S.E., e SCHERPELZ, R.I. (1978), "A Review of the Delayed Fission Neutron Technique", Nuclear Instruments and Methods, Volume 154, Páginas 413-431.

- [6] TUPYNAMBÁ, G.A.C. (1969), "Análise de Rotina de Urânio e Tório pelo Método de Nêutrons Retardados", Tese de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- [7] NUCLEBRÁS (1983) "Relatório Anual da Diretoria Executiva - Exercício de 1982", Rio de Janeiro.

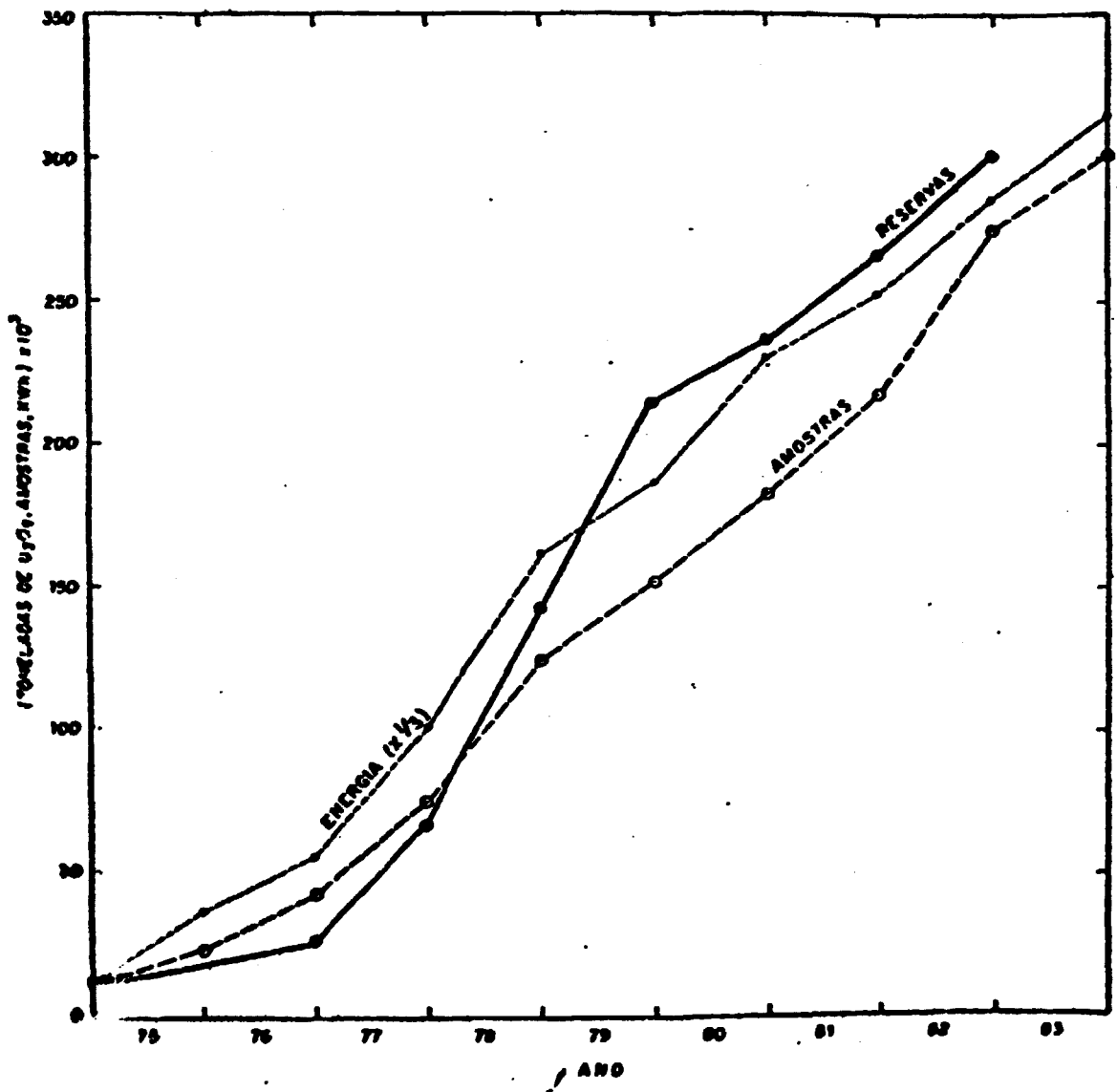


Figura 2. Uso do IPR-R1 na Avaliação de Reservas de Urânio