

## **RESERVAS BRASILEIRAS DE URÂNIO E SUA CAPACIDADE DE ATENDIMENTO À DEMANDA INTERNA**

Evando Carele de Matos e Luiz Antonio Rubini

Indústrias Nucleares do Brasil S.A - INB  
Complexo Industrial de Resende - CIR  
Rodovia Presidente Dutra, Km 330 - Engenheiro Passos  
27.540.002, Resende, Brasil

### **RESUMO**

Este trabalho objetiva evidenciar as reservas brasileiras de urânio, demonstrando a capacidade nacional de atendimento do mercado interno e possível exportação.

O Brasil não participa do mercado internacional de urânio. Espera-se que venha a fazê-lo na condição de país exportador, uma vez que é detentor da sexta reserva mundial na classe Razoavelmente Assegurada (da ordem de 177.000 t ) e a terceira reserva na classe Recursos Adicionais Estimados (cerca de 132.000 t), perfazendo um total aproximado de 309.000 t  $U_3O_8$ .

Somente a Reserva Razoavelmente Assegurada na Bahia, cerca de 65.000 “toneladas entamboráveis” de  $U_3O_8$ , é suficiente para abastecer seis reatores do tipo Angra II, durante o período de operação.

As Indústrias Nucleares do Brasil S.A. - INB estão implantando o Complexo Mínero Industrial de Caetité - Lagoa Real (CIC). A capacidade dessa unidade é de 300t  $U_3O_8$ /ano, com a produção comercial prevista para 1999. O custo de produção permitirá composições de preços competitivos com os atualmente praticados no mercado internacional.

### **RECURSO – PRODUÇÃO – DEMANDA DE URÂNIO – PROVÍNCIA URANÍFERA – COMPLEXO MÍNERO INDUSTRIAL.**

#### **I. INTRODUÇÃO**

O panorama geológico e industrial, relativo ao ciclo do combustível nuclear, apresenta-se favorável. Inclui-se, assim, o Brasil entre os poucos países no mundo a deterem essa tecnologia tão importante para o seu pleno desenvolvimento.

A reserva uranífera já assegurada constitui recurso suficiente para suprir os cenários previsíveis de geração de energia elétrica de origem nuclear para as necessidades brasileiras e possível exportação.

A mineração e o beneficiamento tiveram início em 1981. A produção de concentrado (yellow-cake) começou em 1982. Foram lavradas, na Mina de Caldas-MG, 2.115.000t de minério e produzidas 1.240t  $U_3O_8$ . Entretanto, a mina, face à sua exaustão em 1996, encontra-

se em processo de descomissionamento.

Assim sendo, as Indústrias Nucleares do Brasil S.A. - INB decidiram implantar o Complexo Mínero-Industrial de Caetité- CIC para aproveitamento das jazidas da Província Uranífera de Lagoa Real, o que dá uma ampla base e um apoio seguro ao desenvolvimento do Programa Nuclear.

A metodologia empregada na busca do urânio está orientada em uma série de ações inerentes à prospecção e pesquisa mineral visando, em última instância, a descoberta de jazidas e o seu aproveitamento racional.

Devido a dificuldades de logística e, principalmente às dimensões continentais do Brasil, apenas 1/3 do território nacional foi submetido à pesquisa uranífera. Não obstante, deve-se registrar que vários sítios foram investigados em diversas regiões.

A efetivação destas pesquisas culminaram com a descoberta de vários indícios de urânio e bens minerais associados e a definição de algumas jazidas.

As principais áreas pesquisadas referem-se ao Projeto Planalto de Poços de Caldas (Mina de Caldas / CIPC), localizado no Município de Caldas, na região sudeste de Minas Gerais, a 350km de Belo Horizonte; Projeto Lagoa Real, situado em Caetité/Lagoa Real, no centro-sul da Bahia, distando cerca de 750km de Salvador; Projeto Itataia, localizado no centro-sul do Ceará, no Município de Santa Quitéria, a 220km a sudeste de Fortaleza; Projeto Gandarela, situado a 55km de Belo-Horizonte, na região centro-leste do Quadrilátero Ferrífero, no Estado de Minas Gerais; Projeto Amarinópolis, localizado no Estado de Goiás, a 200km de Goiânia; Projeto Rio Cristalino, situado no Município de Santana do Araguaia, ao sul do Estado do Pará; Projeto Figueira, localizado a 320km de Curitiba, no Estado do Paraná; Projeto Araxá, localizado no triângulo mineiro; Projeto Carajás, situado na Província Carajás – Pará.

Entretanto, a continuidade do desenvolvimento tecnológico e de pesquisa, objetivando a otimização e a viabilidade de novos projetos se faz necessária, constituindo-se no caminho essencial para a consolidação da energia nuclear no País.

## II. RESERVAS ATUAIS

Como consequência natural do esforço desenvolvido, pode hoje o Brasil orgulhar-se de possuir a 6ª reserva mundial de urânio na classe Razoavelmente Assegurada e a 3ª reserva na classe Recursos Adicionais Estimados. Os países cujas reservas são maiores do que as brasileiras são pela ordem: Austrália, Canadá, Estados Unidos, África do Sul e Níger. O Brasil possui cerca de 309.000t U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

A Figura.1 mostra a localização das jazidas e principais áreas potenciais de urânio (depósitos/ocorrências). A Tabela 1 evidencia alguns dos principais depósitos uraníferos brasileiros, com suas respectivas reservas e categorias de custo de produção.

As toneladas métricas de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, apresentadas na classe de Reserva Medida/Indicada, são Recursos Razoavelmente Assegurados, conforme definição da Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA.

Por extensão, estabelece-se potencialmente, para a Reserva Inferida, uma extrapolação além dos limites medidos, baseada em razoáveis evidências geológicas, havendo pouco ou nenhum trabalho de pesquisa.

Deve-se, portanto, reconhecer a grande importância estratégica dos depósitos focalizados na categoria de Reserva Inferida (classificados como Recursos Adicionais Estimados, segundo a AIEA), não somente pelo número apresentado (131.870t U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) mas também pelo potencial uranífero demonstrado.

Este potencial, somado às possibilidades apresentadas por algumas áreas promissoras (a título de recursos especulativos estima-se da ordem de 500.000t U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), poderá ser confirmado, através de pesquisa geológica complementar, sendo, posteriormente, adicionado à classe de Reserva Medida/Indicada.



Figura 1. Localização das Jazidas e Áreas Potenciais de Urânio

Procura-se, neste artigo, apresentar as reservas brasileiras de urânio, enfatizando a possibilidade de produção a um custo compatível com os preços atualmente praticados no mercado internacional (cerca de 10 a 17 US\$/lb U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> no “spot” e no mercado de longo prazo, respectivamente) [1].

TABELA 1. Reservas Brasileiras de Urânio<sup>a</sup>

JAZIDA/ DEPÓSITO	CLASSE DE RESERVA				TOTAL GERAL
	MEDIDA/ INDICADA			INFERIDA	
	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> <20 US\$/lb	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> <40 US\$/lb	TOTAL	U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> <40 US\$/lb	
CIPC	-	500	500	4.000	4.500
LAGOA REAL	24.200	69.800	94.000	6.770	100.770
ITATAIA	42.000	41.000	83.000	59.500	142.500
OUTRAS <sup>b</sup>	-	-	-	61.600	61.600
TOTAL	66.200	111.300	177.500	131.870	309.370

a. Toneladas métricas de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>

b. Refere-se a Prospectos/Depósitos tais como:  
Rio Cristalino (PA); Amarinópolis e Rio Preto/Campo Belo (GO);  
Poços de Caldas e Gandarela (MG); Figueira (PR) e Espinharas (PB)

É importante distinguir entre a existência de uma reserva de urânio e a possibilidade de produzir urânio. A existência de uma reserva de minério, por si só, não garante o fornecimento, uma vez que deve-se levar em conta os custos de produção, obedecendo aos conceitos de rentabilidade, riscos do empreendimento e período em que se pode produzir urânio de forma economicamente viável.

Os parâmetros básicos que determinam os custos são: qualidade da jazida (quantidade, teor), tipo da jazida/modelo geológico (método de lavra e tratamento), associações mineralógicas, etc.

Desta forma, importa esclarecer, somente as reservas pertinentes às Províncias de Lagoa Real (BA) e Itataia (CE) já tiveram suas viabilidades econômicas demonstradas. Atualmente apenas essas duas áreas são suficientemente conhecidas, apresentando características de reservas lavráveis de boa qualidade que permitem considerá-las para empreendimentos minero-industriais.

Ambas, já caracterizadas como jazidas, possuem condições de atender a demanda brasileira e gerar excedentes exportáveis, de uma forma competitiva. Suas reservas geológicas são da ordem de 243.000t U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, das quais cerca de 66.000t são recuperáveis a um custo inferior a 20 US\$/lb U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

Todavia, deve-se considerar as perdas que comumente ocorrem na mineração e no beneficiamento mineral, mesmo adotando-se tecnologias corretamente comprovadas e utilizadas. Assim sendo, atribuindo-se um valor de perda de 30%, obter-se-á uma “tonelagem entamborável” da ordem de 170.000t U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, suficientes para garantir o suprimento das necessidades de Angra I, Angra II e outras usinas a serem implantadas,

O aproveitamento da jazida Itataia está condicionado à associação com parceiros privados, interessados no mercado de fertilizantes.

A atratividade do empreendimento será complementada pela co-produção de urânio, obtido a baixo custo.

### III. POTENCIAL E PERSPECTIVAS

A Província Uranífera de Lagoa Real apresenta um grande potencial a ser ainda explorado, haja vista que é composta por 34 anomalias distintas cujos estudos encontram-se em diferentes níveis de detalhamento.

O indício denominado Rio Cristalino (PA) foi investigado, preliminarmente, tendo apresentado um grande potencial uranífero, constituindo-se no principal prospecto a ser devidamente avaliado.

As áreas relacionadas na tabela de reservas como outras, são consideradas ocorrências/jazimentos, não apresentando os parâmetros básicos (teor, tonelagem,

possança) otimizados a ponto de tornarem-se empreendimentos. Há de se esclarecer, ainda, que a Mina de Caldas encontra-se praticamente esaurida

Em resumo, as principais restrições técnicas e econômicas apresentadas por esses depósitos de urânio são, via de regra, decorrentes de pequena espessura mineralizada e distribuição irregular dos corpos mineralizados. Estas restrições acarretam dificuldades na lavra e na recuperação do urânio e, conseqüentemente, elevam o custo de produção.

Em se tratando de depósitos de baixo teor, que podem constituir as denominadas jazidas de qualidade inferior (tipo convencional), com freqüência o urânio apresenta-se como sub-produto. Este é o caso da Ocorrência Sinclinal do Gandarela (metaconglomerados), na qual o produto é o ouro e as concentrações uraníferas somente poderão ser complementadoras na viabilização do empreendimento.

No futuro próximo espera-se um incremento nos preços de comercialização de urânio. Essa expectativa se ampara no esgotamento dos estoques constituídos no passado e no consumo do material nuclear de origem militar, principalmente dos Estados Unidos e da ex - União Soviética. Esta suposição, se confirmada, irá possibilitar a retomada de projetos com reservas de custo mais elevado.

A urgência e a importância da avaliação dos recursos uraníferos são uma constante em diversos países. O Canadá, por exemplo, desenvolve um grande esforço para atender em tempo hábil a corrida para suprir o déficit energético crescente. Os importantes depósitos de urânio já conhecidos naquele País, longe de desencorajarem a intensificação das pesquisas, constituem estímulo a sua continuidade. Os resultados positivos obtidos, revelando ocorrências de urânio em vários ambientes geológicos, conduziram a reformulação de idéias e tecnologias [2].

Atualmente as atividades de prospecção estão concentradas em países como Austrália, Canadá, França e Índia e, em menor escala no Egito, Mongólia, Malásia, Tailândia, China, Rússia e Ucrânia.

No Brasil, nos últimos quinze anos não se fez investimentos importantes relacionados à pesquisa uranífera, necessária para garantia de reservas de urânio que possam suprir com folga a demanda requerida de combustível nuclear. Entretanto, cabe mencionar, 30% do território brasileiro já foram pesquisados em ambientes favoráveis à mineralização uranífera.

Assim sendo, boa parte do País apresenta um potencial promissor para a descoberta de novas jazidas de urânio e associados, podendo ocorrer as do tipo **discordância** (unconformity), encontradas na Austrália e Canadá, caracterizadas por baixo custo de produção e elevado teor.

#### IV. DEMANDA INTERNA

A principal aplicação do urânio é como fonte de energia para a geração de eletricidade em reatores. A quantidade de urânio, necessária para as outras finalidades, é insignificante em comparação com as necessidades de urânio previstas para centrais nucleares civis.

Entretanto, a partir do ano 2.000 a disponibilidade de fontes de urânio a baixo custo (de 10 a 15 US\$/lb  $U_3O_8$ ) deixará, provavelmente, de satisfazer, uma demanda cada vez mais crescente. Desta forma, será necessário obter quantidades progressivamente maiores de urânio, através de reservas de custo mais alto, requerendo aumentos de preços (de 15 a 25 US\$/lb  $U_3O_8$ ) e, conseqüentemente, uma adequada produção desses recursos. O custo do urânio representa apenas uma pequena porcentagem do custo total de geração nuclear de eletricidade (da ordem de 5%).

Considerando parâmetros geoeconômicos básicos, apoiados em três grandes vetores (modelo geológico/teor; lavra/rota de processo; investimento/finanças), elegeu-se a Província Uranífera de Lagoa Real para atender exclusivamente a demanda interna requerida.

Assim, decorridos vinte anos de trabalhos de prospecção e pesquisa, com alguns períodos de paralisação, o Projeto Lagoa Real encontra-se em fase de implantação do CIC para produção, a partir do próximo ano, de concentrado de urânio.

Objetivando a formação de estoques e o atendimento da demanda de pico que deverá ocorrer, provavelmente, em 2004, ocasião em que deverá estar disponível o concentrado de urânio para o primeiro núcleo de Angra III, a capacidade de produção do CIC, deverá elevar-se de 300 para 1.000t/ano, ao tempo em que começará definir a ampliação do Complexo e/ou o desenvolvimento de novo centro de produção de "Yellow-Cake".

A produção de  $U_3O_8$  é programada com 20 meses de antecedência, para recargas de combustível, e com cerca de 36 meses para entrada em operação de centrais nucleares novas [3].

A Tabela 2 apresenta a demanda anual necessária para suprir os reatores nucleares até o ano 2.010 (cerca de 6.500t  $U_3O_8$ ) considerando as prováveis datas de entrada em operação de Angra II e Angra III (estimativa dos autores).

A tendência do mercado mundial de urânio é de alta gradual, devendo haver demandas consideráveis, mas é mister que haja uma definição sobre a política nacional de urânio. O ideal seria, na primeira fase obter recursos governamentais e, posteriormente, considerando possíveis excedentes, com a venda de concentrados para o exterior, conseguir os recursos necessários para o prosseguimento do programa. Para tanto, é importante que se tenha a garantia do mercado comprador, a fim de se evitar a estocagem do material (o Brasil não participa do mercado internacional de urânio).

TABELA 2. Demanda Brasileira de  $U_3O_8$  (t)

ANO	CENTRAL NUCLEAR			TOTAL	
	ANGRA I	ANGRA II	ANGRA III	ANUAL	ACUMULADO
1999	144	-	-	144	144
2000	-	334	-	334	478
2001	144	334	-	478	956
2002	144	334	-	478	1434
2003	144	-	676	820	2254
2004	144	334	-	478	2732
2005	-	334	334	668	3400
2006	144	-	334	478	3878
2007	144	334	334	812	4690
2008	144	-	-	144	4834
2009	144	334	334	812	5646
2010	-	334	334	668	6314

#### V. CONCLUSÕES

Conforme foi demonstrado, as reservas brasileiras já asseguradas garantem o suprimento energético nuclear para as necessidades do País. Somente a Reserva Medida / Indicada em Lagoa Real, cerca de 65.000 "toneladas entamboráveis" de  $U_3O_8$ , é suficiente para abastecer seis reatores do tipo Angra II (1.200  $Mw_e$ , 40 anos de vida útil, com um consumo total de aproximadamente 9.700t  $U_3O_8$ ). Nesse caso, cabe ressaltar, os investimentos na produção do concentrado serão efetuados em moeda nacional e trarão enormes benefícios sócio-econômicos à regiões carentes.

De acordo com estudos, em escala mundial, a maior pressão sobre a disponibilidade de reservas de urânio e

sobre a capacidade de produção ocorrerá por volta do ano 2.000. Em 2.020 estará se encerrando o ciclo da utilização do petróleo para geração de energia elétrica. Vale lembrar, também, que o urânio, através da energia nuclear, é hoje a terceira maior fonte de produção de energia elétrica do mundo, e que, brevemente a núcleo-eletricidade deverá se converter na segunda fonte de geração elétrica, superada apenas pelo carvão mineral.

No contexto mundial, a partir do ano 2.000, no entanto, a capacidade nucleoeletrica instalada e a demanda anual e acumulada de  $U_3O_8$  deverão crescer continuamente, ultrapassando, por volta do ano 2.010, tanto a capacidade máxima de produção atual das unidades hoje existentes e planejadas, quanto as reservas hoje asseguradas [4].

Desta forma, possuindo o Brasil a sexta maior reserva de urânio do mundo, com cerca de 309.000 toneladas de óxido de urânio ( $U_3O_8$ ), que equivalem a 11% das reservas conhecidas, e não sendo auto-suficiente em combustíveis fósseis (petróleo e gás natural), o caminho para a solução energética brasileira passa pela “estação do átomo”.

As reservas de urânio do Brasil oferecem ao País, a curto prazo, uma alternativa para o requisito de energia e, a médio e longo prazos, a melhor solução para o seu problema energético.

Entretanto, a evolução do déficit energético brasileiro e mundial torna imprescindível a continuidade da avaliação do potencial uranífero do País. A definição de reservas conhecidas bem como a descoberta de novas reservas, além de constituírem elemento essencial no elenco de soluções energéticas poderão vir a ser um importante fator de política no plano internacional.

O grande potencial geológico do Brasil para urânio deixa prever a existência de novas jazidas. Portanto, deve-se efetuar investimentos para assegurar acréscimo de Reservas Recuperáveis. Assim, e desde que se disponha de uma legislação pertinente, o País poderá passar a exportador de combustível nuclear.

Cria-se sempre nova demanda de combustível nuclear após uma decisão de construir uma central nuclear. Como os reatores necessitam de recursos periódicos ao longo de suas vidas operacionais, o compromisso de uma instalação nuclear exige uma disponibilidade firme de combustível durante pelo menos 30 anos.

A dinâmica das relações entre a oferta e a demanda é determinada pelas taxas em que o urânio é produzido e consumido.

É improvável que a demanda mundial de urânio prevista possa ser atendida somente através de reservas de baixo custo, mesmo que novas jazidas do tipo superior venham a ser descobertas, em razão da alta taxa de crescimento que se projetam para um futuro próximo. Assim sendo, será necessária a produção a partir de reservas de maior custo, em quantidades suficientes.

Como o preço de  $U_3O_8$  constitui uma parcela muito pequena no custo total da energia nuclear, conseqüentemente não se espera que preços mais elevados de  $U_3O_8$  ocasionem declínio significativo na demanda de urânio.

Considerando o valor comercial e estratégico do urânio, segundo um cenário mundial que contempla, atualmente, cerca de 442 usinas nucleares em operação e 36 em construção, o Brasil deverá executar programas objetivando consolidar sua auto-suficiência de matéria prima.

## VI. RECOMENDAÇÕES

Conforme exposto e justificado ao longo do artigo, evidencia-se a necessidade de reativar a pesquisa de urânio no Brasil, que se constitui no caminho essencial para a consolidação da energia nuclear no País.

A atividade mineral tem um compromisso com a demanda e deve, portanto, ser fomentada e incrementada em todos os seus segmentos, partir de uma visão empresarial e de forma ecologicamente correta. Atualmente, o mercado, a nível mundial, encontra-se em desequilíbrio entre a produção e a demanda e tende-se a agravar.

O fomento, a ser adotado e implementado com critérios, deverá ocorrer de forma gradual e com dinâmica operando em horizontes quinquenais (deve-se entender, que a função Planejamento é vital para a execução de programas de pesquisa mineral). Vale lembrar, que o período de maturação de uma jazida é da ordem de dez anos.

Por outro lado, a demanda interna ou externa, por produtos e serviços com exigência de qualidade cada vez mais rigorosa, tem provocado na pesquisa e mineração (início da cadeia produtiva) maiores exigências quanto às especificações de características químicas, físicas e metalúrgicas. Baixa variabilidade levam a grande vantagem competitiva. Isto tem acarretado uma revolução no planejamento da prospecção, pesquisa e de mina, com o enfoque indo da geologia ao produto beneficiado.

Como conseqüência deve-se adotar adequados modelos técnicos e organizacionais, de modo a melhor se aliar o bom aproveitamento de recursos minerais à satisfação do lucro e da qualidade.

Ademais, é importante efetuar, periodicamente, reavaliações para se confrontar resultados com expectativas e rever metas, políticas e instrumentos à medida que novas demandas surgem (garantia da qualidade total, por exemplo).

Esta deve ser, portanto, a postura e a ação de uma Empresa que tem um grande portfólio e enorme responsabilidade.

Embora assegurando o monopólio estabelecido na legislação nuclear em vigor, a viabilidade deverá buscar, sempre que possível, a participação da iniciativa privada.

Uma das maneiras de captar recursos para o investimento nos projetos industriais é a comercialização do concentrado através da pré-venda do produto. A existência desse mercado é fator condicionante de algumas alternativas indicadas neste artigo.

A exportação deverá ser no mais alto grau de beneficiamento industrial disponível no País, embora, o

urânio seja comumente comercializado na forma de “Yellow-Cake”.

Para tanto existe um desafio a ser vencido: produzir concentrado de urânio a curto e médio-longo prazos para atender a demanda interna, em condições econômicas; processar a exportação dos excedentes, para a otimização e financiamento dessa produção.

Apesar dessas ponderações cautelosas, a implantação dos programas de produção de energia nucleoeleétrica continuam. Novas centrais estão entrando em operação, no mundo, e, segundo prognóstico da AIEA, a partir de 2.005, os estoques dos atuais países produtores estariam exauridos, em decorrência do suprimento a descoberto de 370.000t U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> que seriam necessárias para equilibrar a demanda.

## REFERÊNCIAS

[1] MATOS, E.C. - **Prospecção, Pesquisa e Beneficiamento de Urânio no Brasil**. In Anais do VI CGEN - Rio de Janeiro, RJ, Brasil, ABEN, 1996.

[2] SAAD, S. - **Alguns Aspectos Relacionados com a Pesquisa, Produção, Demanda e Mercado do Urânio no Brasil e no Mundo**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CNEN, (inédito), 1996.

[3] ELETROBRÁS TERMONUCLEAR S.A - ELETRONUCLEAR – **A Situação da Energia Elétrica no Mundo**. Eletrobrás – RJ, Dezembro de 1997.

[4] URANIUM – **Resources, Production and Demand**. A Joint. Report by the OECD and IAEA – Paris, França, 1993.

## ABSTRACT

This paper intends by stressing the Brazilian uranium resources, demonstrate its capability of supplying the internal demand and looking forward, the external market.

Up to now, Brazil does not act in the international uranium market. It is expected its participation in this market in near future supported in its Reasonable Assured Reserves (RAR) – 177.000 metric tons U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> - and Additional Estimated Resources (AER) 132.000 metric tons of U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> - ranking as 6<sup>th</sup> and 3<sup>rd</sup> in the world.

The RAR of Bahia state, NE of Brasil, which recoverable portion is estimated in 65.000 metric tons of U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, can supply six Angra II type power reactor, during its useful life.

INB is starting the construction of the Complexo Mínero Industrial de Caetié – CIC with the capacity of 300t/year U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> for commercial operation schedule to middle 1999 with production cost compatible with the international reality.

