

16 a 19 de setembro de 2007

VITÓRIA – ES

Sessão Técnica 14: Energias Alternativas, 18 de setembro – 16:30 às 18:50 h

## RENASCIMENTO NUCLEAR: O MUNDO NÃO TEM MAIS DÚVIDAS

Marcio Soares Dias e João Roberto Loureiro de Mattos

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN/CNEN

marciod@cdtn.br, Tel (31)3069-3217

jrmattos@cdtn.br, Tel (31)3069-3206

**Abstract:** The renaissance of the nuclear option for generating electric energy is stimulated by its economic competitiveness and its socio-ambient benefits. Presently, nuclear energy is a key component to the rapid expansion of world electricity consumption. The nuclear retaken already affects the international Uranium market with records of negotiated volumes and a rise of price by a factor of 16 from 2001 up to now. Brazil as detainer of one of the biggest reserves of Uranium in the world has much to profit with this retaken. *Copyright © 2007 CBEE/ABEE*

**Keywords:** nuclear energy, electric energy, climate change, uranium, radioactive wastes.

**Resumo:** O renascimento da opção nuclear para a geração de energia elétrica é impulsionado pela sua competitividade econômica e pelos seus benefícios socio-ambientais. Atualmente, a energia nuclear constitui uma componente chave para atender o rápido crescimento do consumo mundial de energia elétrica. A retomada nuclear já produz efeitos no mercado internacional de urânio com volumes recordes negociados e com uma elevação de preço por um fator de 16 desde 2001 até agora. O Brasil detém uma das maiores reservas de urânio do mundo, tem muito a se beneficiar com esta retomada.

**Palavras Chaves:** energia nuclear, energia elétrica, variação climática, urânio, rejeitos radioativos.

---

### 1 INTRODUÇÃO

A partir de 2004, publicações especializadas na área de energia, notadamente as edições anuais do “International Energy Outlook” (IEO), consolidam a retomada da opção nuclear no quadro energético mundial. Esta retomada era tida como improvável até o ano de 2000. Num primeiro momento esta retomada foi atribuída a fatores predominantemente estratégicos, traduzidos na busca de vários países em reduzir a dependência externa e a vulnerabilidade relacionada com os combustíveis fósseis, que resultassem de crises políticas/econômicas. Entretanto, revisões das projeções para a demanda de energia elétrica indicam que a capacidade de geração instalada ao longo do século XX deve ser duplicada nos primeiros 25 anos do século XXI, o que somado ao agravamento das variações climáticas exige a consideração da componente de sustentabilidade na escolha das opções energéticas (EIA/DOE 2006a, Dias, M.S.; Mattos, J.R.L.; Jordão, E.; Vasconcelos V., 2006a e 2006b).

O renascimento nuclear deve ser analisado considerando os aspectos de impacto ambiental da geração nuclear de energia, confiança e segurança, competitividade dos custos de geração, soluções para os rejeitos radioativos e a não proliferação e, finalmente, custos do combustível.

### 2 IMPACTO AMBIENTAL

As projeções do International Energy Outlook 2006 (EIA/DOE 2006a), resumidas na Tabela 1, indicam que o consumo mundial de energia cresce de 71,4% entre 2003 e 2030. Os consumos dos combustíveis fósseis, com crescimentos superiores a 90%, constituem os suportes deste consumo de energia nos setores de transporte, indústria, comércio e residencial.

Tabela 1: Projeções de 2003 a 2030 da EIA/DOE para o consumo mundial de energia e geração de CO<sub>2</sub>.

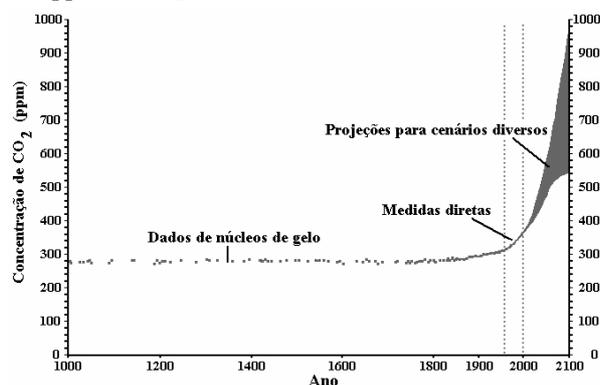
Combustíveis	Unidades	2003	2010	2020	2030	Taxas 2003-2030(%)	
						anual	total
Petróleo	milhões de barris/dia	80,1	91,6	104,1	118	1,4	47,3
Gás Natural	trilhões de m <sup>3</sup>	2,70	3,30	4,24	5,15	2,4	90,6
Carvão	bilhões de toneladas	4,94	6,31	7,84	9,58	2,5	94,1
Nuclear	trilhões de kWh	2,52	2,74	3,12	3,30	1,0	30,8
Renováveis	10 <sup>18</sup> J	34,5	47,7	56,0	65,8	2,4	90,8
<b>Total</b>	<b>10<sup>18</sup> J</b>	<b>444</b>	<b>538</b>	<b>647</b>	<b>761</b>	<b>2,0</b>	<b>71,4</b>
Eletricidade	bilhões de kWh	14781	19045	24371	30116	<b>2,7</b>	<b>103,7</b>
Emissão de CO <sub>2</sub>	bilhões de toneladas	25,03	30,35	36,73	43,66	<b>2,1</b>	<b>74,5</b>
Óleo	(%)	42,0	39,6	37,2	35,6		
Gás Natural	(%)	20,8	21,0	22,4	22,9		
Carvão	(%)	37,2	39,3	40,4	41,5		

A geração de energia elétrica demanda cerca de 41% do consumo mundial de energia e, em 2003, teve como fontes primárias 66% de combustíveis fósseis, 16% de fonte nuclear e 18% de fontes renováveis (hidrelétricas e outras). A emissão de CO<sub>2</sub>, com crescimento de 74,5% no período 2003 a 2030, acompanha o crescimento do consumo mundial de energia e constitui uma das grandes preocupações mundiais em virtude das alterações climáticas. Os efeitos destas alterações não têm fronteiras e provocam danos de forma globalizada. Sendo isenta de emissões de gases de efeito estufa, a energia nuclear retornou a agenda da matriz energética de diversos países. Não somente pelo aspecto ambiental, mas também por aspectos econômicos e estratégicos, o renascimento nuclear contém ainda (a) o crescimento da aceitação pública, em face da demonstração histórica de segurança, (b) a competitividade econômica nos custos de geração, (c) a incorporação de inovações e desenvolvimentos tecnológicos com impactos na redução das principais barreiras como custos dos investimentos de capital e destinação dos rejeitos radioativos. A face mais visível do renascimento é demonstrada pelo aquecimento no mercado internacional de urânio com os aumentos do preço e do volume negociado.

Em termos ambientais é preocupante o crescimento projetado para a emissão de CO<sub>2</sub> da Tabela 1. Na avaliação do IEO 2006 da EIA/DOE, China e EUA foram responsáveis por 37,3% das emissões de CO<sub>2</sub> em 2003 e responderão por 43,1% das emissões em 2030. Em função das projeções de custos do petróleo e gás natural, os crescimentos das matrizes energéticas de ambos os países têm forte componente baseada no carvão. Nos EUA, a redução relativa do uso do gás natural na geração de eletricidade será compensada, em grande parte, com o aumento da contribuição do carvão. Em termos do consumo de carvão, China, EUA e Índia responderão, respectivamente por 60,8%, 13,5% e 8,9%, ou seja, um total de 83,2%, do aumento no consumo mundial de carvão até 2030. China e EUA não devem ratificar o protocolo de Quioto.

Conforme John Ritch (2004), apesar de muita retórica e diplomacia, a taxa global de emissões de CO<sub>2</sub> continua a aumentar e alcançou, em 2003, 25 bilhões de

toneladas/ano (t/a) ou 793 toneladas/segundo (t/s). Em 2030, alcançará 43,7 bilhões de toneladas métricas ou 1386 t/s. Ao longo de 400.000 anos de história da Terra os níveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera flutuaram entre 200 e 300 partes por milhão (ppm), mantendo uma correlação praticamente perfeita com a variação no entorno de 15 °C da temperatura. Conforme medidas a partir de bolhas de ar aprisionadas em glaciais, a Figura 1 mostra que a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera permaneceu inalterada desde o início do século XI até o final do século XIX. Esta concentração aumenta a partir da industrialização no final do século XIX e as projeções de emissões apontam para valores entre 540 e 960 ppm de CO<sub>2</sub> ao final do século XXI. Conforme James Lovelock (2004), criador da Teoria de Gaia, o aquecimento global torna-se irreversível para um limite de concentração entre 450 a 550 ppm de CO<sub>2</sub>. Em 2006 esta concentração alcançou aproximadamente de 380 ppm de CO<sub>2</sub> (IAEA 2006a).



Fonte: IPCC 2001, conforme IAEA 2006a

Figura 1: Evolução medida da concentração atmosférica de CO<sub>2</sub>.

A distribuição de fontes primárias na geração de energia elétrica mundial mostra que 66% da eletricidade produzida em 2003 teve os combustíveis fósseis como fonte primária de energia, enquanto, a energia nuclear contribuiu com 16% da geração total. O impacto desta distribuição na emissão de gases de efeito estufa, responsáveis pelas alterações climáticas, pode ser avaliado por meio dos consumos e emissões de uma usina de 1 MWe que opere ao longo de um ano, conforme resumo da Tabela 2.

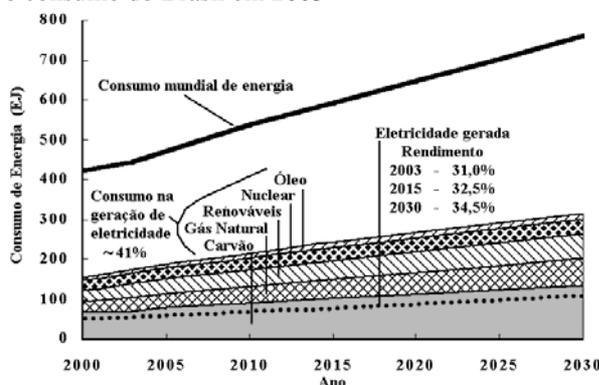
Tabela 2: Consumo e emissões na geração de 1 MWe ao longo de um ano

Combustível	Resíduos Produzidos
2.500 t de carvão	5000 t de CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , cinzas e metais pesados libertados para a atmosfera
1.500 t de óleo combustível	4800 t de CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> e outros
700 t de gás natural	2400 t de CO <sub>2</sub>
25 kg de urânio enriquecido	23 kg de resíduos (apenas 1 kg de resíduos de alta atividade)

Fonte: (Barros, 2006)

As fontes térmicas convencionais de energia lançam, para a atmosfera, toneladas de poluentes. Neste contexto, a energia nuclear, que não tem emissões atmosféricas, é considerada uma energia limpa. Como resultado da decomposição de matéria orgânica nos reservatórios, a própria geração hidrelétrica contribui com a emissão de metano, um potente gás de efeito estufa. Os resíduos da indústria nucleoeletrica são completamente confinados e selados, sendo, em termos de volume, extraordinariamente mais reduzidos que os resíduos dos combustíveis fósseis. As 443 centrais nucleares em operação no mundo podem gerar 370.000 MWe (IAEA, 2006b) e os 2523 bilhões de kWh, gerados em 2003, representam um alívio significativo da carga de gases de efeito estufa que seria lançada por igual geração de outras fontes térmicas. A maior vantagem da energia nuclear reside na densidade de energia, desde que a combustão de 1 kg de carvão ou óleo resulta em 3-4 kWh de eletricidade e 1 kg de urânio pode gerar 50.000 kWh e, com reprocessamento, 3.500.000 kWh (IAEA 1997)

A Figura 2 mostra a evolução do consumo mundial de energia expressa em 10<sup>18</sup> Joules (EJ). Deste total, 41% é destinado à geração de energia elétrica conforme as distribuições, por combustível, indicadas na Figura. A energia elétrica gerada, indicada pela linha pontilhada, representa cerca de 31% da energia consumida na geração. Na avaliação IEO 2006, o rendimento da geração de eletricidade (relação energia elétrica útil/energia primária consumida) cresce de 31% para 34,5% entre 2003 e 2030. Conforme consumo de 2030 da Tabela 1, o 3,5% de ganho no rendimento representa 1054 bilhões de kWh de energia útil, cerca de 2,8 vezes o consumo do Brasil em 2003



Fonte: IEO-2006, IEA/DOE

Figura 2: Evolução do consumo mundial de energia na geração de energia elétrica.

O consumo mundial de energia elétrica de fonte nuclear aumenta de 2523 bilhões de kWh em 2003 para 3299 bilhões de kWh em 2030 (+30,8%). A capacidade nuclear instalada, para sustentar este consumo, cresce

de 362 GW em 2003 para 437 GW em 2025 (+20,7%). De acordo com o EIA/DOE, os altos preços dos combustíveis fósseis e as preocupações, quanto à garantia no suprimento de energia, são fatores que contribuem para o crescimento das perspectivas para a energia nuclear (EIA/DOE, 2006a).

### 3 CONFIABILIDADE E SEGURANÇA

Em 2006, a energia nuclear alcançou 12.000 reatores-ano de operação com dois acidentes nucleares graves ao longo de sua história: Three Mile Island e Chernobyl. O 1º acidente em 1979 resultou no derretimento de um núcleo do reator na usina de Three Mile Island, na Pensilvânia. De acordo com Patrick Moore (2006), um dos fundadores do Greenpeace, “o que ninguém percebeu, na época, foi que Three Mile Island se converteu numa história de sucesso: a estrutura de contenção de concreto fez exatamente o que fora projetada para fazer – impedir que a radiação escapasse para o ambiente. Embora o reator ficasse avariado, não houve mortos nem feridos entre os trabalhadores do local e moradores da vizinhança”. O reator soviético de Chernobyl, envolvido no 2º acidente em 1986, não tinha vaso de contenção, era um projeto de 2ª geração e seus operadores literalmente o explodiram. Diferentemente do reator de Chernobyl, os reatores ocidentais são de 3ª geração e têm na contenção as 5ª e 6ª barreiras físicas para evitar o escape de radioatividade para o exterior.

A evolução da segurança operacional das centrais nucleares é destacada na Figura 3 que mostra o número de acidentes industriais (não-nucleares) em cada 1 milhão de homens-hora trabalhadas. É ainda enfatizado que neste período o fator de disponibilidade da geração nuclear mundial evoluiu de 73% em 1990 para 83% em 2004.

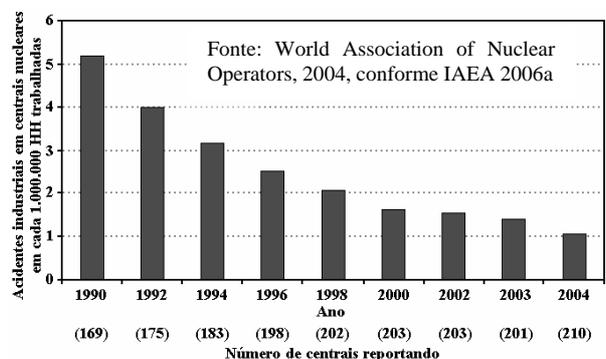


Figura 3: Evolução da segurança e confiança.

## 4 COMPETITIVIDADE E CUSTOS DA GERAÇÃO NUCLEAR

Nos EUA e em termos de valores nominais, o preço de varejo da eletricidade evolui de forma crescente desde 1970 e, conforme Figura 4, projeta-se crescente até 2030. O combustível nuclear e o carvão continuam a ser os mais baratos para as geradoras de eletricidade dos EUA (EIA/DOE 2007), conforme mostra a Fig. 5.

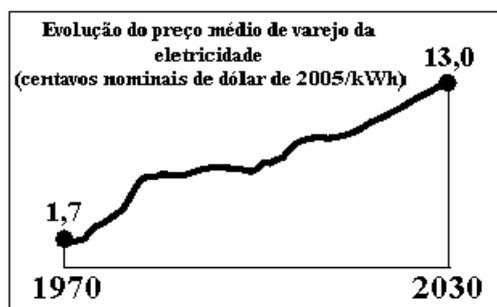


Figura 4: Evolução do preço médio de varejo da eletricidade nos EUA (Fonte: IEA/DOE-2007).

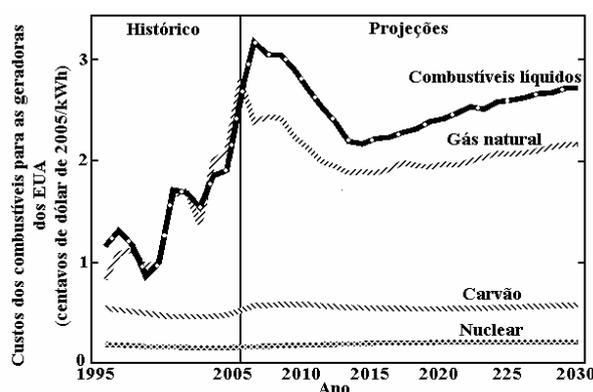
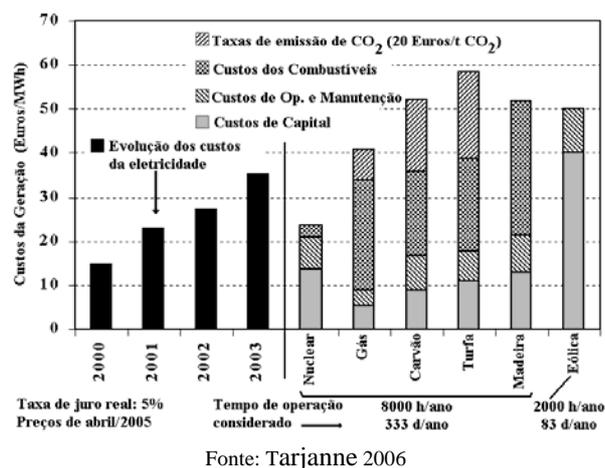


Figura 5: Custos dos combustíveis para as geradoras dos EUA (Fonte: IEA/DOE-2007).

De acordo com o “Annual Energy Outlook – 2006” (EIA/DOE 2006c), as 104 centrais nucleares americanas passarão pelo processo de renovações das licenças por mais 20 anos. O investimento de capital já foi pago e os custos da geração são altamente competitivos. O fator de capacidade do parque nuclear, que era de 56% em 1980, deve alcançar o patamar de 91% até 2010. A capacidade de geração americana é de 99,6 GW e cada ponto percentual no fator de capacidade, entre 1980 e 2010, representa o ganho de 1 GW ou 35 GW no período. A capacidade instalada americana deve crescer dos atuais 99,6 GW para 112,6 GW (+11,3%) e a geração cresce de 780 bilhões de kWh em 2005 para 896 bilhões de kWh em 2030 (+15%), (EIA/DOE 2007).

Em diversos países, uma nova central nuclear é competitiva em relação às demais fontes térmicas. Este fato já é uma realidade para a Finlândia. A Figura 6 mostra a evolução crescente dos custos de geração da eletricidade na Finlândia e as opções energéticas considerando os custos de capital, operação e manutenção, combustíveis e as taxas relativas à emissão de CO<sub>2</sub>. A alternativa nuclear foi a opção para conter a elevação dos custos da energia elétrica na Finlândia (Tarjanne, 2005, IAEA, 2006b).



Fonte: Tarjanne 2006  
Figura 6: Evolução e partição dos custos da energia elétrica na Finlândia.

## 5 REJEITOS RADIOATIVOS E NÃO-PROLIFERAÇÃO

Uma contribuição importante, para a retomada da energia nuclear, está associada com o reprocessamento do combustível queimado de centrais nucleares, de modo a alcançar os objetivos de (a) reduzir a quantidade e radiotoxicidade dos rejeitos nucleares destinados à reposição geológica, (b) ampliar o uso efetivo e reduzir os custos da reposição geológica, (c) reduzir os inventários de plutônio e, finalmente, (d) recuperar a energia ainda presente no combustível nuclear queimado de usinas comerciais (Stillman 2005, Meyer 2004). Basicamente, estes objetivos são alcançados com a reciclagem dos elementos do grupo de actínidos (plutônio, amerício, cúrio) presentes no combustível queimado de centrais comerciais. A Fig. 7 mostra que, com a remoção dos actínidos do combustível queimado, a redução da radiotoxicidade do rejeito do reator nuclear alcança valores naturais da mineração do urânio em cerca de 300 anos. De forma similar é reduzida também a carga térmica proveniente, principalmente, do decaimento radioativo de meia-vida longa dos actínidos.

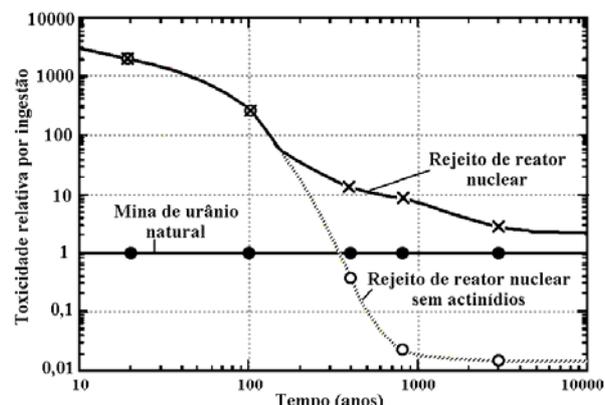


Figura 7: Evolução da radiotoxicidade do rejeito nuclear com e sem actínidos.

Em repositórios geológicos, o plutônio e outros actínidos são os responsáveis maiores pelos riscos radiológicos e carga térmica para além de 600 anos (Meyer 2004). A queima do plutônio já é uma realidade em diversos países com a utilização do combustível tipo MOX. A queima dos demais actínidos faz parte

de pesquisas avançadas envolvendo o conceito do combustível IMF (inert matrix fuel) e dos sistemas ADS (advanced driven system).

As ações americanas no cenário internacional são orientadas por aspectos de não-proliferação e envolvem a revisão de conceitos para o “Nuclear Suppliers Group” (NSG) e o Comitê Zanger. Estas ações visam a reforçar as barreiras tecnológicas para o desenvolvimento autônomo da tecnologia nuclear. Basicamente, a tecnologia nuclear disponível no âmbito do NSG será cedida a outros países membros, para fins de geração de eletricidade, desde que o país comprador abdique do desenvolvimento desta tecnologia

## 6 MERCADO DE URÂNIO

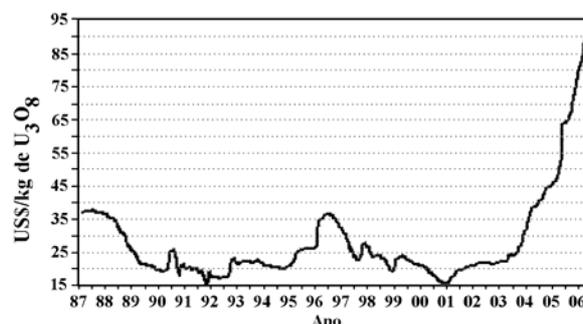
Considerando o crescimento projetado para a energia nuclear, as necessidades de urânio são analisadas, pela IAEA e NEA(OECD), na nova edição do Livro Vermelho “Uranium 2005: Resources, Production and Demand” (IAEA/NEA 2006).

Conforme o Livro Vermelho, os recursos de urânio podem ser colocados em 3 categorias. A primeira categoria define os recursos uraníferos como convencionais, onde o urânio é extraído como principal produto, e recursos não convencionais, onde o urânio constitui um subproduto. A segunda categoria tem por base no nível de conhecimento ou confiança na quantificação do recurso e divide-se entre recursos medidos e identificados, recursos inferidos e estimados e outras denominações. Finalmente, a terceira categoria é determinada pelo custo da extração. Os recursos convencionais são cotados abaixo de US\$ 130/kgU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

Os recursos uraníferos convencionais mundiais estão estimados em 14,8 milhões de toneladas (Mt), dos quais 4,7 Mt são recursos identificados e cerca de 10 Mt são recursos estimados. Os recursos não convencionais adicionais totalizam 22 Mt. Estes recursos estão associados com fosfatos e se inserem na categoria de custo menor que US\$ 130/kg (IAEA/NEA 2006). Com base na geração nuclear de eletricidade em 2004, os 4,7 Mt são suficiente para cerca de 80 anos. Considerando as atuais tecnologias e taxas de uso, os recursos totais (convencionais e não convencionais) são suficientes para 270 anos. Entretanto, considerando a reciclagem do combustível queimado estes números são alterados para 4800-5600 anos e 16000-19000 anos, respectivamente (IAEA/NEA 2006).

Desde o histórico preço baixo de 2001 (US\$ 15/kgU<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), o custo do urânio no mercado a vista alcançou US\$ 94/kgU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> em abril/2006 (Figura 8) e US\$ 249/kgU<sub>3</sub>O<sub>8</sub> em abril/2007; um aumento de 16 vezes em 6 anos. Novos investimentos na exploração é a resposta da indústria do urânio ao aumento ocorrido.

O custo do combustível é a parte menor dos custos da geração de eletricidade de fonte nuclear, cerca de 2%. Os custos dos combustíveis fósseis têm impactos da ordem de 40-70% nos custos de geração de eletricidade. Desta forma o aumento de custo do combustível nuclear tem impacto pequeno no custo final da geração.

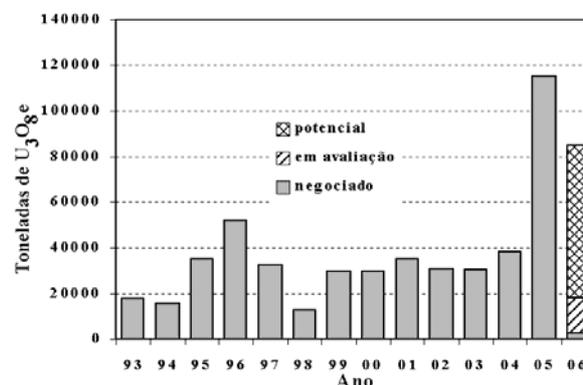


Fonte: The Ux Consulting Company, <http://www.uxc.com>

Figura 8: Evolução de preço do urânio.

Ao final de 2004, a produção mundial de urânio de 40263 toneladas atendeu cerca de 60% das necessidades mundiais de 67450 toneladas para os 443 reatores nucleares comerciais em operação. De acordo com a base de dados da IAEA, 30 reatores estão em construção em abril de 2007 (IAEA). Ao longo dos anos, as diferenças entre a produção e a demanda foram supridas por fontes secundárias e pelo urânio liberado de uso militar. A redução da contribuição das fontes secundárias tende a ampliar o déficit entre produção e necessidade, que deverá ser coberto com a expansão da exploração do urânio.

A Figura 9 mostra o volume de equivalentes de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> negociado por meio de contratos a termo. O volume de 2005 mais que dobrou o recorde histórico de 1996. O potencial em 2006 indicava a manutenção de um mercado aquecido. A negociação de suprimento de urânio entre China e Austrália, divulgado pela mídia em abril de 2006, envolve um volume de 20.000 toneladas e busca atender o parque nuclear a ser implantado pela China até 2015.



Fonte: The Ux Consulting Company, <http://www.uxc.com> (2006)

Figura 9: Volumes de equivalentes de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> negociados em contratos a termo.

As capacidades de geração de fonte nuclear até 2025 são analisadas no Livro Vermelho de acordo com dois cenários, ambos admitindo o crescimento da geração nuclear. A partir da atual capacidade de geração de 370 GWe, a projeção baixa espera alcançar 450 GWe (+22%) em 2025 (437 GW, +20,7%, conforme IEA/DOE). e a projeção alta espera alcançar 530 GWe (+44%) no mesmo período. Estes incrementos representam demandas anuais das necessidades de urânio entre 80.000 a 100.000 toneladas. De acordo com a avaliação IAEA/NEA, os recursos de urânio, atualmente medidos e identificados, são adequados para atender esta expansão.

## 7 CONCLUSÕES

Os avanços contínuos da tecnologia nuclear apontam para a melhor utilização dos recursos de urânio. Os projetos de reatores, ora em desenvolvimento e teste, serão capazes de extrair 30 vezes mais energia do urânio do que os reatores atuais e também incinerar os produtos radioativos de longa vida, reduzindo para 300 anos os requisitos de projeto dos repositórios.

As mensagens transmitidas por Mr. Yuri Sokolov, Diretor Geral da IAEA, no lançamento da nova edição do Livro Vermelho (IAEA/NEA 2006), foram:

- Existe urânio suficiente para um futuro previsível,
- Fontes diversificadas de urânio (diversos países) aumentam a segurança no suprimento,
- Os aumentos de preços do urânio aumentaram a exploração e a produção, mas têm impacto pequeno nos custos da eletricidade de fonte nuclear,
- A atual expansão da produção de urânio deve continuar,
- Prospecção, recursos não convencionais e tecnologias avançadas podem ampliar acentuadamente a longevidade dos recursos de combustíveis nucleares.

A retomada da opção nuclear e o aquecimento do mercado de urânio constitui uma oportunidade econômica para países produtores, como o Brasil. Com 1/3 de seu território prospectado, as reservas geológicas de urânio no Brasil alcançam 309 mil toneladas, conforme quantidades indicadas e inferidas. No contexto de recursos adicionais a estimativa brasileira é de 800 mil toneladas de  $U_3O_8$  (Tavares 2004) e, de acordo com esta avaliação, o país passa a ser a 3ª reserva mundial. Conforme avaliação de Mattos e Dias (2007), a operação de 13 centrais nucleares do porte de Angra II ao longo do século XXI demanda uma reserva de 220 mil toneladas de  $U_3O_8$ .

## 8 REFERÊNCIAS

Barros, P.M. *Energia Nuclear - uma opção inevitável para Portugal*, 22/fev./06. Disponível em: <http://www.ordemengenheiros.pt>. Acesso em: março/2006.

Dias, M.S.; Mattos, J.R.L.; Jordão, E.; Vasconcelos V. Retomada da energia nuclear: opção estratégica e inovação tecnológica. In: *Congresso Brasileiro de Energia*, XI, Ago. 2006, Rio de Janeiro. *Anais...*, RJ: COPPE, 2006a, v. IV, p. 2261-74.

Dias, M.S.; Mattos, J.R.L.; Jordão, E.; Vasconcelos V. Os novos paradigmas da energia nuclear. In: *Encontro Técnico-Científico da 6ª Ecolatina*, set. 2006, Belo Horizonte. *Anais...*, Belo Horizonte: IETEC, 2006b, CD.

EIA/DOE - Energy Information Administration. *International energy outlook - 2006*, June 2006a, (DOE/EIA-0484(2006)). Disponível em: [www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/).

EIA/DOE - Energy Information Administration. *Annual energy outlook - 2006*, Feb. 2006c, (DOE/EIA-0383(2006)), e *Annual energy outlook - 2007*, Feb. 2007, (DOE/EIA-0383(2007)), Disponível em: [www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/](http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/).

IAEA - International Atomic Energy Agency. *Nuclear power and sustainable development*, Apr. 2006a. Disponível em: [www.iaea.org/Publications/Booklets/Development/npsd0506.html](http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Development/npsd0506.html).

IAEA - International Atomic Energy Agency. *Data Center*, Apr. 2006b. Disponível em: <http://www.iaea.org/DataCenter>.

IAEA - International Atomic Energy Agency. *Sustainable development and nuclear power*, Jun. 1997. Disponível em: [www.iaea.org/Publications/Booklets/Development/devnine.html](http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Development/devnine.html)

IAEA/NEA *Uranium Resources: plenty to sustain growth of nuclear power*. Disponível em: [www.nea.fr/html/general/press/2006/2006-02.html](http://www.nea.fr/html/general/press/2006/2006-02.html) e [www.iaea.org/NewsCenter/Statements/DDGs/2006/sokolov01062006.html](http://www.iaea.org/NewsCenter/Statements/DDGs/2006/sokolov01062006.html). Acesso em: 05/06/2006.

Lovelock, J. Nuclear power is the only green solution, *The Independent*, 24 May 2004, Disponível em: <http://www.ecolo.org/media/articles/love-indep-24-05-04>.

Mattos, J.R.L.; Dias, M.S. *Brasil nuclear: da estagnação ao crescimento*. CDTN/CNEN, março 2007 (PCDTN-960/2007)

Meyer, M.K. Tutorial 1: Advanced Fuels, In: *Big 10 Nuclear Engineering Workshop: Enabling our Energy Security through the Nuclear Fuel Cycle*. Argonne National Lab., Jul. 2004.

Moore, P. Going Nuclear - a green makes the case, *Washington Post*, 16 April 2006. Disponível em: [www.washingtonpost.com/wp/dyn/content/article/2006/04/14/AR200604140129.html](http://www.washingtonpost.com/wp/dyn/content/article/2006/04/14/AR200604140129.html).

Ritch, J. Preparing for the Coming Nuclear Century In: *Nuclear Industry Seminar: Nuclear Energy - A Hard Look at the Future*. Feb. 2004, Canada. *Proceedings...* Disponível em: <http://www.world-nuclear.org/dgspeeches/ontario2004pint.html>. Acesso em: fev./2006.

Stillman, J.A. et al. Comparison of inert-matrix fuels for actinide recycling. In: *Workshop on Advanced Reactors with Innovative Fuels*. Oak Ridge, USA, Feb. 2005.

Tarjanne, R. The role of nuclear energy in Finland. In: *Foratom Seminar at EU, Nuclear Energy: Meeting the Challenge of Climate Change*, Bruxelas, Oct. 2005.

Tavares, A.M. Tema 1 - Aspectos econômicos e estratégicos da exploração do urânio. In: *Encontro 2004 sobre as Perspectivas da Energia Nuclear*, out. 2004, Angra dos Reis, CDTN/CNEN, 2004.

UxC, The Ux Consulting Company, LLC, Disponível em: <http://www.uxc.com>. Acesso em 04/2007.