

ENERGIA NUCLEAR - Relatório

O simpósio sobre a matriz energética realizado pelo Instituto de Engenharia apontou, entre outras, as seguintes conclusões:

a) Para garantir um crescimento da economia mínimo de 4% ao ano o Brasil precisa:

- *Duplicar, até 2020, a atual oferta interna de energia per capita ou mais que dobrar a produção de energia elétrica;*
- *Ampliar a utilização das fontes primárias renováveis, sazonais, (hídrica, álcool, biomassa, carvão vegetal, energia eólica e outras);*
- *Complementar a oferta com fontes primárias não renováveis (fósseis), de uso continuado (petróleo, gás natural, carvão, energia nuclear).*

b) O carvão e a energia nuclear que estão retornando ao uso corrente em todo o mundo, merecem ser considerados dentro da parcela de cerca de 30% de energias não renováveis da matriz brasileira, indispensáveis para compensar a sazonalidade e diminuição de capacidade de armazenamento das fontes renováveis na geração de energia elétrica.

Dando seqüência às recomendações do Simpósio e procurando ampliar o esclarecimento e a discussão dos temas propostos, o Instituto de Engenharia realizou, no dia 28/06/2007, um encontro sobre a Energia Nuclear ao qual compareceram especialistas nacionais e estrangeiros, que abordaram a questão nuclear em seus distintos aspectos, a saber: necessidade nuclear na geração de eletricidade, as oportunidades para o Brasil na exploração do ciclo do combustível nuclear, outros usos da energia nuclear para fins pacíficos, atualização tecnológica dos reatores nucleares, perguntas e respostas sobre a questão nuclear. Ao final do presente artigo foram transcritas as Recomendações do Instituto de Engenharia com base nas discussões realizadas durante o Simpósio em questão.

Tema I - A necessidade da Energia Nuclear

No setor elétrico os estudos do MME (Ministério de Minas e Energia) pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética) apontam para uma demanda de novas unidades geradoras num montante de 105 GW até 2030, duplicando a atual capacidade instalada no país, num programa formado de:

13.000 MW até 2010

27.000 MW entre 2010 e 2015

65.000 MW entre 2015 e 2030

ou, aproximadamente 5.000 MW/ano, de forma continuada a partir de 2007.

Em recentes eventos reunindo os dos agentes do setor elétrico (Abinee TEC 2007 – 8º. Encontro de Negócios de Energia - Fiesp/Ciesp) ficaram patentes as preocupações de todos os participantes com o acúmulo de problemas que podem afetar o suprimento das necessidades energéticas do país e o próprio modelo do setor elétrico. De um lado os investidores privados que confirmam a disposição e a disponibilidade de recursos que não podem ser aplicados pela ausência de projetos licenciados ou de regras estáveis para investir, refletidos nos resultados dos últimos leilões: pouca hidreletricidade e preços crescentes da energia. De outro lado o governo que tem dificuldades políticas e administrativas para coordenar a execução dos programas e eliminar os empecilhos gerenciais e ambientais que entram os chamados projetos estruturantes e o setor como um todo.

No curto prazo a escassez de energia que já afeta as ofertas aos consumidores livres (que hoje representam 25% do total) depende basicamente das condições meteorológicas e dos esforços despendidos pela Petrobrás para solucionar a crise de abastecimento de gás natural.

No longo prazo, o dilema do crescimento depende diretamente da energia disponível, como se depreende do conhecido quadro comparativo reproduzido a seguir e é um fato que começa a se refletir nos planos de investimentos de grandes empresas nacionais e estrangeiras estabelecidas no país.

(a) OIE=Oferta Interna de Energia em milhões de tep/ano (toneladas equivalentes de petróleo/ano)
(b) PIB=Produto Interno Bruto.

Intensidade Energética no Brasil e no mundo

	Brasil (2)	Europa (3)	América do Norte (3)	Mundo (3)
OIE(a) milhões de tep/ano	213,4	1661	2915	9622*
PIB(b) bilhões US\$/ano	605	8.906	10.202	30.299
População milhões (1)	181,6**	377,3	307,2	5.978,4***
tep/per capita	1,17	4,40	9,49	1,61
PIB/ per capita US\$	3.330	23.605	33.209	5.068

tep/1000 US\$ de PIB	0,32	0,19	0,29	0,32
Fontes:				
(1) UN-E.99 XIII9 – Population in 1999 and 2000 – All Countries				
(2) MME-BEN 2005 – Balanço Energético Nacional				
(3) EIA-International Energy Outlook 2001				

(*) (2004) Consumo mundial de energia 10.224 milhões de tep - (2006) População Estimada - (**)Brasil (IBGE)185,8 milhões - (***)Mundo 6,5 bilhões

Sem crescimento da intensidade energética não haverá crescimento sustentado do PIB/capita – salvo que a população decresça ou a eficiência aumente consideravelmente, o que é pouco provável.

Em tal situação, é indispensável que o suprimento energético seja garantido e essa é uma premissa da qual nenhum país, em qualquer foro, abre mão e muito menos o Brasil poderá fazê-lo, já que seus problemas de pobreza, êxodo rural, favelização das metrópoles, falta de saneamento básico, educação, saúde e violência, são ameaças crescentes a toldar o futuro de sua população. O Brasil que consome apenas 2% da energia primária mundial de 10,5 bilhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep)/ano) (2005) e 2 milhões de barris de petróleo por dia(b/d) contra 80,5 milhões de b/d do resto do mundo, tem relevância modesta na capacidade de influenciar diretamente na diminuição das emissões de CO₂ do planeta mas é, por outro lado, relevante no uso e eventual exportação de energias renováveis(etanol).

No Brasil, do total de sua oferta interna de energia (OIE), 56% é proveniente de fontes não renováveis (petróleo, gás natural, carvão, urânio) e 44% é originado de fontes renováveis (hidráulica, lenha, carvão vegetal e derivados da cana) contra 13,6% de média mundial e apenas 6% nos países desenvolvidos.

Na questão das emissões de gases do efeito estufa, o quadro abaixo fornece uma comparação relativa entre o Brasil e vários países, no caso do CO₂ (dióxido de carbono):

Indicadores de emissão de CO₂ (em toneladas) – Ano 2002 (MME)

Especificação	BRASIL	EUA	JAPÃO	A LATINA	MUNDO
tCO ₂ /hab	1,77	19,66	9,47	1,96	3,89
tCO ₂ /tep de OIE	1,62	2,47	2,33	1,86	2,32
tCO ₂ /10 ³ US\$ de PIB	0,27	0,61	0,40	0,33	0,56
tCO ₂ /km ² /superfície	36	615	3198	46	119

Mesmo com o quadro acima, o Brasil, por pressões internas e externas, tem sido incluído entre os países mais poluidores do planeta, sem que sejam dados à publicação com a devida transparência os dados atualizados e critérios de mensuração, cientificamente comprovados, dos parâmetros específicos de cada um dos países, tanto emergentes quanto desenvolvidos, relativos ao balanço individual de emissões e seqüestros de gases do efeito estufa, progressos

31 Maio de 2007

	NUCLEAR ELECTRICITY GENERATION 2006		REACTORS OPERABLE May 2007		REACTORS UNDER CONSTRUCTION May 2007		REACTORS PLANNED May 2007		REACTORS PROPOSED May 2007		URANIUM REQUIRED 2007
	billion kWh	% e	No.	MWe	No.	MWe	No.	MWe	No.	MWe	tonnes U
Canada*	92.4	16	18	12595	2	1540	4	4000	0	0	1836
China	51.8	1.9	11	8587	4	3170	23	24500	54	42000	1454
Czech Republic	24.5	31	6	3472	0	0	0	0	2	1900	550
Egypt	0	0	0	0	0	0	0	0	1	600	0
Finland	22.0	28	4	2696	1	1600	0	0	0	0	472
France	428.7	78	59	63473	0	0	1	1630	1	1600	10368
Germany	158.7	32	17	20303	0	0	0	0	0	0	3486
Hungary	12.5	38	4	1773	0	0	0	0	0	0	254
India	15.6	2.6	17	3779	6	2976	4	2800	15	11100	491
Indonesia	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4000	0
Iran	0	0	0	0	1	915	2	1900	3	2850	143
Israel	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1200	0
Japan	291.5	30	55	47577	2	2285	11	14945	1	1100	8872
Kazakhstan	0	0	0	0	0	0	0	0	1	300	0
Korea DPR (North)	0	0	0	0	0	0	1	950	0	0	0
Korea RO (South)	141.2	39	20	17533	1	950	7	8250	0	0	3037
Lithuania	8.0	69	1	1185	0	0	0	0	1	1000	134
Mexico	10.4	4.9	2	1310	0	0	0	0	2	2000	257
Netherlands	3.3	3.5	1	485	0	0	0	0	0	0	112
Pakistan	2.6	2.7	2	400	1	300	2	600	2	2000	64
Romania	5.2	9.0	1	655	1	655	0	0	3	1995	92
Russia	144.3	16	31	21743	5	2720	8	9600	18	21600	3777
Slovakia	16.6	57	5	2064	2	840	0	0	0	0	299
Slovenia	5.3	40	1	696	0	0	0	0	1	1000	145
South Africa	10.1	4.4	2	1842	0	0	1	165	24	4000	332
Spain	57.4	20	8	7442	0	0	0	0	0	0	1473
Sweden	65.1	48	10	9076	0	0	0	0	0	0	1468
Switzerland	26.4	37	5	3220	0	0	0	0	0	0	575
Turkey	0	0	0	0	0	0	3	4500	0	0	0
Ukraine	84.8	48	15	13168	0	0	2	1900	20	21000	2003
United Kingdom	69.2	18	19	10982	0	0	0	0	0	0	2021
USA	787.2	19	103	98254	1	1155	2	2716	21	24000	20050
Vietnam	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2000	0
WORLD**	2658	16	437	370,040	30	22,398	74	81,601	182	151,345	66,529
	billion kWh	% e	No.	MWe	No.	MWe	No.	MWe	No.	MWe	tonnes U
	NUCLEAR ELECTRICITY GENERATION 2006		REACTORS OPERATING		REACTORS BUILDING		ON ORDER or PLANNED		PROPOSED		URANIUM REQUIRED

Os principais temas e preocupações relacionados com a utilização pacífica da energia nuclear, segundo John Ritch, Diretor Geral da WNA são:

1) Proliferação nuclear – Um risco existe de que algumas nações possam utilizar suas instalações de enriquecimento de urânio para a produção de armas nucleares e este fato é inerente ao conhecimento associado com a tecnologia nuclear em geral, mas isso depende das intenções de seus governantes. Os acordos de não proliferação e os sistemas de salvaguardas existentes efetivamente cortam os liames entre os programas de uso civil e militar e ajudam a detectar e coibir atividades nucleares ilícitas, cujo risco de proliferação de qualquer forma, não seria maior pelo incremento global de uma certa quantidade de reatores, devidamente monitorados pela Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), para a produção energia elétrica não poluente.

2) Segurança Operacional – A indústria nuclear venceu o desafio da operação segura dos reatores nucleares através de avanços tecnológicos e da disseminação de uma cultura global de segurança baseada na experiência prática equivalente a 12.000 anos-reator de operação continuada. A criação da WANO (Associação Mundial dos Operadores Nucleares) – com sua rede de cooperação técnica em questões de segurança, compreendendo todos os reatores existentes no mundo, representa um feito histórico em termos de diplomacia do setor privado e mantê-la e ampliá-la, é a sua maior responsabilidade.

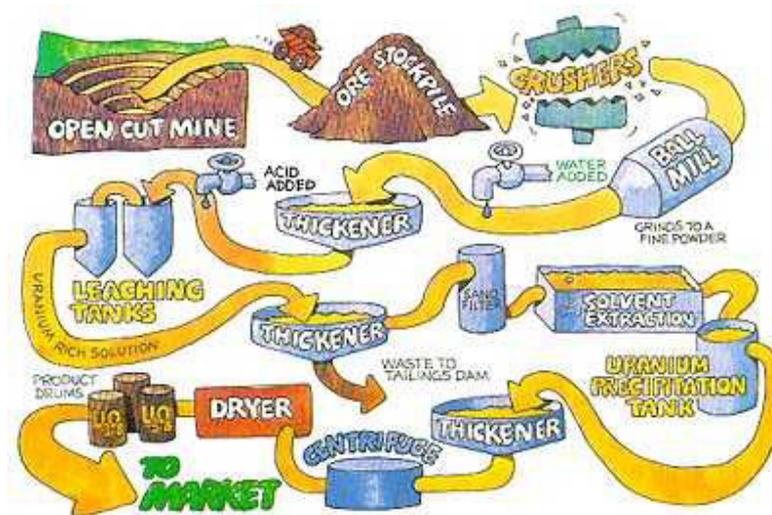
3) Redução de Custos – Os ganhos já conseguidos em custos operacionais e de capital tendem a ser maiores no futuro, ampliando a competitividade da energia nuclear, mesmo sem considerar os ganhos ambientais obtidos. Na medida em que os governos imponham penalidades realistas sobre as emissões de carbono e os danos ambientais, as vantagens serão significativamente incrementadas.

4) Disposição de rejeitos – É função da indústria e dos governos convencer a opinião pública de que os rejeitos são uma das vantagens comparativas da energia nuclear – exatamente pelo fato de serem pequenos em volume e poderem ser armazenados e manejados com segurança sem causar danos às pessoas e ao meio ambiente, comprovado pela experiência de mais de meio século de operação das usinas nucleares de todo o tipo no mundo todo. Cabe aos governos implementar o consenso da maioria dos cientistas de utilizar a tecnologia preconizada dos depósitos geológicos profundos como meio econômico e seguro de armazenagem definitiva do lixo e rejeitos nucleares.

5) Assuntos correlatos - É necessário alcançar um acordo mundial de longo prazo sobre as mudanças climáticas, pós protocolo de Kioto, com sinalizações políticas mandatórias e fortes incentivos econômicos para construir um verdadeiro e efetivo sistema de controle climático que incentive a migração global para as tecnologias limpas, baseado no princípio da igualdade de direitos e obrigações na questão das emissões “per capita” e de metas específicas para os grandes agentes poluidores onde quer que se encontrem. Além disso temas como a adoção de políticas de investimento público em energia nuclear, formação e capacitação de cientistas e engenheiros nucleares, são essenciais numa indústria que é depositária de uma tecnologia que será indispensável para a humanidade se ela quiser preservar o ambiente que permitiu o progresso da civilização. No Brasil a experiência

satisfatória e segura, acumulada em mais de 20 anos de operação de reatores nucleares, (em 2006 foram a 2ª maior fonte de geração de eletricidade) a crescente demanda de energia, as dificuldades de aprovação de novos empreendimentos hidrelétricos, mesmo os desprovidos de reservatórios de regulação, os problemas com o suprimento de gás natural, as reservas de urânio existentes, o domínio do ciclo de produção do combustível, são fatores que apontam para a ampliação do uso da energia nuclear, ao lado da utilização do bagaço de cana, carvão, energia eólica, gás natural e óleo combustível como fontes de energia complementar da hidreletricidade e de compensação de sua conhecida sazonalidade.

Tema II - O mercado do combustível nuclear



Preparação do "yellow cake", purificado U_3O_8
(Cortesia do UIC - Uranium Information Center)

O urânio, um metal pesado, radioativo, polivalente, está presente na crosta terrestre numa concentração média de 2 partes por milhão e existe em estado natural, em quantidades maiores nas rochas ígneas, fosfatadas ou nas rochas ácidas, ricas em sílica, como o granito e em menor escala nas rochas básicas ou sedimentares. A pechblenda ou uraninita (U_3O_8) é seu principal minério com teores variáveis de urânio entre 0,5% (Austrália) a 20% (Canadá) constituído basicamente de seus dois isótopos U_{238} (99,28%) – fértil e não utilizado - e o U_{235} (0,71%) que é a única porção físsil utilizável nos reatores nucleares.

As reservas conhecidas de urânio do Brasil alcançam 309.000 t (com apenas 1/3 do território prospectado) e as estimadas alcançam 800.000 t ocupando a 6ª posição no mundo. As maiores reservas se encontram no Cazaquistão, Austrália, África do Sul, EUA, Canadá que juntamente com Brasil e Namíbia respondem por 77% das atuais reservas mundiais conhecidas. Para sua utilização o minério de urânio é inicialmente, moído e concentrado para produzir o "yellow

cake” que contém óxido de urânio (U_3O_8) numa proporção superior a 80%. Em seguida o “yellow cake” é convertido em gás UF_6 com um teor de 0,7% de U_{235} que é “enriquecido” entre 3,5% e 5% e separado do U_{238} nas centrífugas e posteriormente convertido em pastilhas que alimentam o reator.

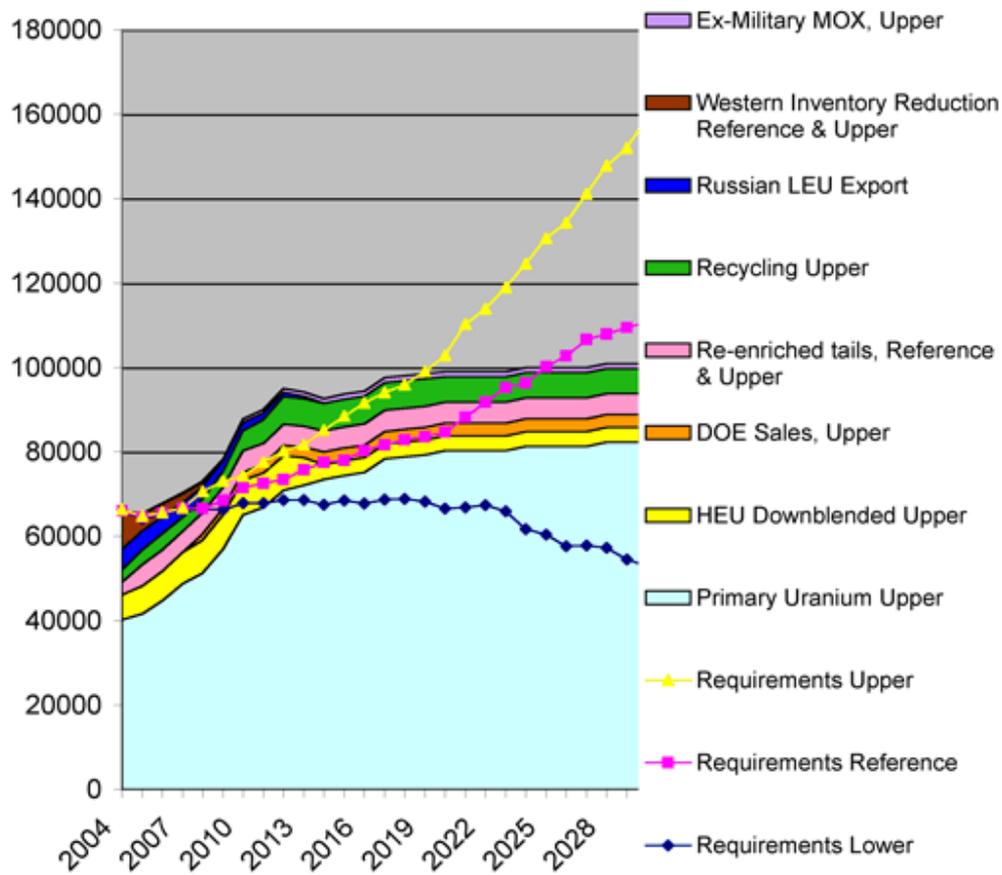
O Brasil domina o ciclo completo de enriquecimento de urânio e fabricação do combustível nuclear para fins pacíficos com centrífugas de projeto próprio construídas pelo Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) (Aramar), estando em condições de disputar um mercado em crescimento, hoje dominado por poucos concorrentes: Rússia, EUA, França, Canadá, Consórcio Urenco (Inglaterra, Alemanha, Holanda), Japão e China.

Demanda - Os 435 reatores nucleares de potência existentes no mundo que possuem uma capacidade instalada de geração de energia elétrica da ordem de 370.000 MW, requerem para seu funcionamento, anualmente, 78.000 toneladas de concentrado de óxido de urânio “yellow cake” (U_3O_8), com um conteúdo de 66.500 toneladas de urânio, extraído das minas ou de estoques existentes (hoje bastante reduzidos) ou o seu equivalente, a partir de fontes secundárias, como é o caso da reutilização de material descartado do arsenal militar.

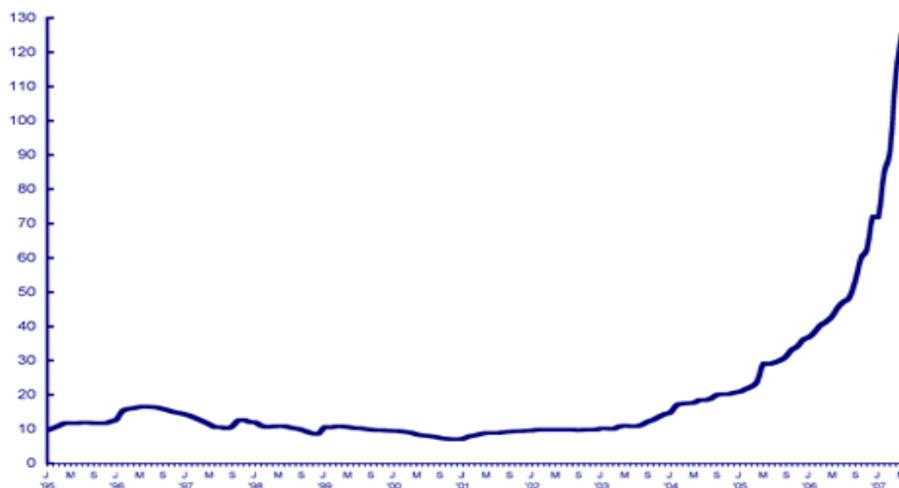
Cada bloco de 1000 MW de acréscimo de capacidade instalada de geração de energia elétrica demanda, para seu funcionamento normal, cerca de 195 toneladas de urânio por ano e o triplo deste valor para o carregamento inicial de combustível do reator. A “queima” de combustível no reator de potência é medida em MW-dias por tonelada U e o teor de enriquecimento inicial situa-se entre 3,3% a 5% U_{235} . O urânio para produção de artefatos nucleares é enriquecido a um nível muito mais elevado – cerca de 97% U_{235} e nos países que possuem arsenal militar, com o descarte desse material em virtude de acordos de limitação de armas ou atualização tecnológica, faz-se a diluição com urânio empobrecido na proporção de 25 a 30:1 para reduzir o teor a cerca de 4% e permitir a sua reutilização nos reatores de potência.

Desde 1999, por essa via, 30t/ano de urânio enriquecido de origem militar tem entrado no mercado deslocando a produção de cerca de 10.500 t/ano de concentrado a partir de minério natural. O quadro seguinte fornece uma estimativa da demanda futura de “yellow cake” em três cenários de crescimento e possíveis fontes de suprimento incluindo urânio primário e reciclado de acordo com dados da World Nuclear Association.

PREVISÃO DA DEMANDA MUNDIAL DE URÂNIO



Ux Uranium Spot Price 1995 on US\$1b U₃O₈



EVOLUÇÃO DOS PREÇOS DO URÂNIO NO MERCADO “SPOT” DESDE 1995

Preços – O quadro acima fornece a evolução recente da curva dos preços do urânio no mercado “spot” internacional em US\$/libra de concentrado de óxido de urânio U₃O₈. (yellow cake). A percepção do mercado de uma iminente escassez do produto elevou os preços no mercado “spot” a US\$ 85/libra que normalmente é o dobro ou o triplo do preço pago nos contratos de longo prazo. Note-se que esse preço representa apenas cerca de 25% do custo do combustível que é carregado no reator e o restante é derivado dos custos de enriquecimento e fabricação do mesmo conforme quadro abaixo, com dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE ou OECD em inglês) .

Em janeiro de 2007, o custo aproximado em US \$ para produzir 1 kg de combustível na forma de pastilhas de urânio UO₂ aos preços correntes de longo prazo (cerca de um terço do atual preço “spot”) seria:

Uranio:	8.9 kg U ₃ O ₈ x \$53	472
Conversão:	7.5 kg U x \$12	90
Enriquecimento:	7.3 SWU x \$135	985
Fabricação:		240
Total, aprox: por kg		US\$ 1787

Uma “queima” no reator na razão de 45.000 MWd/t produz 360.000 kWh de eletricidade e portanto, o custo do combustível será de US\$ 0.50 c/kWh ou cerca de R\$ 10/MWh. Mesmo assumindo um preço de urânio maior, ou seja, dois terços do preço “spot” ainda assim o custo do combustível seria de: 8.9 kg x 108 = 961, dando um total de \$2286/kg, ou 0.635 c/kWh (R\$ 12,70/MWh).que na OECD .equivalem a cerca de 1/3 do custo do combustível das usinas a carvão e a 1/4 a 1/5 do custo do combustível utilizado nas usinas de ciclo-combinado a gás natural.

Assim um consumo de 80.000 t/ano de “yellow cake” representa negócios de:

1) “yellow cake” $US\$ 53.000 \times 80.000 = US\$ 4 \text{ a } 5 \text{ bilhões/ano}$

2) enriquecimento e fabricação $US\$ 150.000 \times 80.000 = US\$ 12 \text{ bilhões/ano}$

Este é o mercado ao qual o Brasil poderá ter acesso se explorar comercialmente as suas reservas de urânio e a capacidade técnica e industrial no campo da energia nuclear que além da geração de eletricidade para suprir parte de sua demanda futura de energia trará confiabilidade e segurança ao sistema interligado nacional.

Tema III - Outros usos da energia nuclear

Apenas a título informativo, são mencionados a seguir alguns dos outros tipos de utilização pacífica da tecnologia nuclear:

- reatores nucleares para naves espaciais
- reatores de pesquisa
- radioisótopos na medicina
- radioisótopos na indústria e agricultura
- propulsão nuclear de navios
- transportes e produção de hidrogênio
- dessalinização da água do mar
- detectores de fumaça e de explosivos

Os radioisótopos tornaram-se integrantes importantes da vida moderna e podem ser produzidos a baixo custo por pequenos reatores de pesquisa dos quais existem cerca de 280 em 56 países segundo dados de WNA.

São usados na medicina para diagnósticos, pesquisa, radioterapia, esterilização de material e equipamentos médicos.

Na agricultura são utilizados na preservação de alimentos, produção de novas variedades de sementes, aumento da produtividade e melhoria da saúde dos animais.

Na indústria têm entre outros, emprego na radiografia de soldas, detecção de vazamentos e desgaste dos materiais, análise de fluxos, detectores de fumaça.

Na proteção do meio ambiente os radioisótopos servem para identificar e traçar poluentes, estudar o movimento das águas superficiais, medir a intensidade de chuvas e nevascas, controlar a vazão de rios e outros fluxos de água e outros efluentes.

Além da produção de eletricidade através do ciclo de vapor a energia nuclear encontra utilização na propulsão de navios e submarinos, aquecimento doméstico e calor industrial na Rússia, dessalinização da água do mar, alimentação de energia das naves espaciais e produção termoquímica do hidrogênio.

Tema IV - O debate nuclear

O tema da energia nuclear tem alimentado controvérsias entre defensores e opositores de seu uso para fins não militares, ao longo de muitos anos ocasionando mudanças de enfoques e revisão de conceitos e às vezes criando mitos e preconceitos de ambos os lados. Algumas das questões freqüentemente levantadas e respostas fornecidas por especialistas são alinhadas a seguir, a título de colaboração com o debate.

1) É verdade que não existe nível seguro de exposição às radiações nucleares?.

- Embora isso seja dito como uma forma conservadora de proteção contra as radiações, não existe evidência científica de que seja assim. Baixos níveis de radiação comparáveis aos que existem normalmente na natureza (até 50mS/ano) não são perigosos para a saúde. 85% da radiação que recebemos existe no meio ambiente desde a formação da terra e apenas 15% provém da atividade humana dos quais 14% provém das práticas da medicina, água, combustíveis, etc. que usamos e apenas 1% é relacionado com atividades nucleares militares e geração de energia.

2) As minas de urânio, inevitavelmente, poluem os seus ambientes e as barragens de rejeitos podem causar danos ambientais através de possíveis vazamentos?

-As minas de hoje buscam nível zero de emissão de poluentes. A maioria das minas da Austrália e do Canadá tem certificação ISO 14001.

3) O urânio é potencialmente perigoso para a saúde dos mineiros?

- A mineração de urânio é altamente controlada na maioria dos países e as normas asseguram que nenhum dano seja causado à saúde dos operários .

4) Os resíduos nucleares são um problema sem solução?

- Em todos os países que usam energia nuclear existem procedimentos seguros estabelecidos para o manejo, transporte e estocagem dos rejeitos, custeados pelos usuários. Os resíduos são selados e monitorados e não são disseminados no ambiente. A estocagem é segura e protegida e existem planos definidos para sua disposição final.

5) A indústria nuclear é responsável por terríveis desastres que permanecerão como um pesadelo para nossos netos?

- A energia nuclear é a única que toma a responsabilidade total pela administração de seus resíduos e assume os custos correspondentes. As demais indústrias incluindo a automobilística (CO), a geração térmica (CO₂), as bebidas (pet) usam o meio ambiente para dispersão de seus poluentes.

6) Os reatores nucleares são inseguros e Chernobyl é um exemplo típico que resultou numa infinidade de mortes?.

- A indústria nuclear tem um excelente índice de segurança, com mais de 12.000 reator-anos de operação durante mais de cinco décadas. Mesmo ocorrendo um acidente de grandes proporções com a fusão do núcleo do reator isto não traria perigo para as áreas adjacentes. Alguns reatores de projeto e fabricação russos foram objeto de preocupações com a segurança, no passado, mas hoje são muito melhores do que em 1986. O desastre de Chernobyl não teria nenhuma possibilidade de repetir-se em qualquer reator nuclear da época ou que venha a ser construído hoje. De acordo com dados confiáveis das Nações Unidas as mortes em Chernobyl foram 56 (30 no local, 16 depois e 9 de câncer da tireóide).

7) Os reatores nucleares e seus rejeitos são vulneráveis a ações terroristas como a do WTC?

Cada usina nuclear licenciada no ocidente possui uma pesada estrutura de contenção e a maioria tem vasos de pressão e estruturas internas reforçadas. Estudos feitos desde 2001 concluem que os reatores de potência estão capacitados para sobreviver a impactos daquela natureza sem causar danos radiológicos no entorno. A armazenagem dos rejeitos civis e combustível empobrecido é também resistente e muitas vezes, subterrânea.

8) Sendo a energia nuclear muito cara, não seria melhor incentivar a eficiência energética e o maior uso de energias renováveis?

A eletricidade de origem nuclear é em geral competitiva em relação ao carvão, em alguns lugares é mais barata, em outros, mais cara. Se forem considerados os custos ambientais, a nuclear é bastante competitiva. A energia hidrelétrica é a vocação natural do Brasil e será mais barata se as usinas puderem ser operadas com altos fatores de capacidade, utilizando os reservatórios de regulação que hoje estão sendo esterilizados. Fatores de capacidade baixos, com altos custos de

mitigação ambiental e de transporte, tornarão as hidrelétricas menos competitivas e dependentes de complementação térmica que no caso das usinas nucleares operam com fatores de capacidade superiores a 90%, o que reduz o custo de sua energia. A eficiência energética é vital, mas não pode substituir muita capacidade de geração e as projeções da EPE incorporam ganhos de eficiência e uso de fontes renováveis em suas projeções embora os programas de incentivos à eficiência Procel e fontes alternativas Proinfa tenham atingido apenas 25% das metas estabelecidas. A energia eólica normalmente custa mais que a nuclear dado o seu baixo fator de capacidade anual (25% a 30%) necessitando também de complementação térmica. As maiores perdas de energia não estão na transmissão que é moderna, mas na distribuição onde algumas empresas sofrem perdas de até 30% do total por problemas de investimentos, falta de medição e ligações clandestinas cuja eliminação agrega receita, mas não energia nova.

9) É verdade que no ciclo completo da energia nuclear a injeção de energia equivale à produção e o resultado final é zero?

Não é o que o resulta dos dados publicados. Na realidade e levando em consideração toda a energia injetada incluindo para a administração dos resíduos o gasto energético total é menor do que 6% da energia produzida e em geral, menos do que 2 ou 3%.

10) O transporte do urânio e de outros materiais radioativos é perigoso?

Qualquer material desse tipo é transportado em contêineres fabricados especialmente para assegurar a segurança em qualquer circunstância. Os caminhões-tanque que transportam produtos petrolíferos nas vias públicas são mais perigosos que o trânsito de material radioativo em qualquer lugar.

11) O reprocessamento de resíduos empobrecidos produz plutônio que pode ser usado para fabricação de bombas?

O plutônio resultante do reprocessamento não serve para fazer bombas, mas é um valioso combustível que pode ser misturado com urânio empobrecido para produzir o “mixed oxid fuel” (MOX) e reutilizado nos reatores para produzir mais energia.

12) A energia nuclear tem participação relevante na redução das emissões de dióxido de carbono CO₂?

Atualmente a energia nuclear evita a emissão de 2,5 bilhões t/ano de CO₂ em relação ao uso do carvão. Cada 22 toneladas de urânio utilizadas, evita a emissão de 1 milhão de toneladas de CO₂. Duplicando a produção de energia nuclear evitar-se-ia um quarto das atuais emissões de CO₂ provenientes da produção mundial de energia elétrica.

13) As usinas nucleares usam muito mais água do que as outras térmicas?

Qualquer central térmica (gás, carvão, nuclear) que utilize o ciclo de vapor convencional deve devolver ao ambiente cerca de dois terços do calor utilizado na produção de energia elétrica, e isso depende da eficiência da planta. Não existe uma diferença substancial a esse respeito entre a térmica nuclear e outras térmicas convencionais.

Recomendações do Instituto de Engenharia

De acordo com as discussões mantidas durante o Simpósio sobre Energia Nuclear e considerando:

- *Que a energia nuclear é a única não renovável que não emite os gases do efeito estufa e é hoje reconhecida como uma fonte limpa e segura de energia, com uma experiência de mais de 12.000 anos/reator durante as últimas 5 décadas*
- *Que o preço da eletricidade de origem nuclear é considerado competitivo com outras fontes fósseis, especialmente se forem computados os custos ambientais*
- *Que em relação às energias renováveis, suas vantagens, além da logística e custo favorável de abastecimento do pequeno volume de combustível utilizado, decorrem do alto fator de capacidade (acima de 90%) com que são operadas as usinas nucleares.*
- *Que o Brasil possui grandes reservas de urânio, tem o domínio do ciclo de produção do combustível e possibilidades de penetrar o grande mercado externo que se abre para o mesmo, o Instituto de Engenharia recomenda:*
 - *a ampliação do uso da energia nuclear. no país como complemento da energia hidráulica e compensação de sua sazonalidade;*
 - *a exploração integral do ciclo de produção do combustível com a alocação dos recursos necessários para o término das instalações necessárias;*
 - *a adoção de políticas de investimento público em energia nuclear e formação e capacitação de cientistas e engenheiros nucleares que são essenciais numa indústria que é depositária de uma tecnologia que será indispensável para a humanidade se ela quiser preservar o ambiente que permitiu o atual progresso da civilização.*

Miracyr Assis Marcato

04/07/2007