

# ***Panorama da Energia Nuclear no Mundo***



***Edição de 2016***



## Conteúdo

- Introdução - pag. 3**
- I – Destaques - pag. 5**
- II – Geração Nuclear Mundial - pag.13**
- III – Distribuição dos reatores - pag.16**
- IV – Situação da energia nuclear em alguns países /regiões**
- Américas -- pag. 18
  - Europa -- pag. 35
  - África / Oriente Médio / Países Árabes Africanos-- pag. 90
  - Ásia -- pag. 103
  - Austrália – pag. 138
- V – Alguns Acordos Comerciais e de Cooperação Nuclear — pag.140**
- VI – Algumas Aplicações Nucleares —pag.157**
- Médicas e industriais-- pag. 157
  - Produção de Radionuclídeos – pag. 160
  - Pesquisa e desenvolvimento – pag. 161
- VII – Ambiente e sociedade —pag.132**
- VIII – Combustível**
- Urânio – pag.171
  - Tório – pag.177
  - Plutônio –pag.179
  - MOX – pag.180
- IX – Combustível Irrradiado, Radiação e Gestão de Rejeitos**
- Combustível Irrradiado –pag. 181
  - Radiação —pag. 185
  - Gestão de Rejeitos —pag. 191
- X – Proliferação e Riscos para a Segurança —pag. 196**
- XI – Descomissionamento—pag. 201**
- XII – Conclusões —pag. 204**
- XIII – Principais Fontes de Informação —pag. 207**

Nota: Comentários serão bem vindos e podem ser encaminhados a:  
Ruth Soares Alves - [ruth\\_salves@hotmail.com](mailto:ruth_salves@hotmail.com)

Permitida a reprodução total ou parcial com a devida indicação dos créditos.

## Introdução

O crescimento econômico, a prosperidade e o aumento da população levarão inevitavelmente ao aumento do consumo de energia nas próximas décadas. O mundo muda a cada dia com os desenvolvimentos da economia, as alterações climáticas e a energia trazendo novos desafios e novas oportunidades. A indústria nuclear não é diferente e também não é imune ao impacto destes desenvolvimentos.

A urgência de enfrentar a pobreza global e reduzir as emissões de gases do efeito estufa exige que consideremos a energia nuclear com todas as suas possibilidades. Os fatos básicos da tecnologia - bons e maus - devem ser confrontados.

Expandir a oferta de energia elétrica e simultaneamente reduzir os efeitos das mudanças climáticas é o desafio que se apresenta aos formuladores de políticas energéticas. A substituição de 137 reatores nucleares em término de vida útil, nos próximos 20 anos, quer por outros nucleares, quer por outras fontes energéticas, é uma questão que exigirá investimentos muito expressivos de todos os países envolvidos.

Os fatores geopolíticos que envolvem o suprimento de energia também não podem ser descartados e em muitos casos a energia nuclear é a única opção para garantir maior segurança nacional de suprimento e diminuição da exposição em relação à volatilidade do preço do petróleo e à importação de combustíveis.

Em dezembro de 2015, o acordo de Paris consolidou anos de negociações com um acordo entre 188 países para limitar as emissões de dióxido de carbono. Muitos países estão impulsionando ativamente o crescimento de seus planos de produção de energia nuclear para fazer frente aos compromissos que assumiram quanto às mudanças climáticas.

Apesar do grande número de países emergentes em energia nuclear, eles não devem contribuir muito para a expansão da capacidade nuclear no futuro previsível - o principal crescimento virá em países onde a tecnologia já está bem estabelecida, principalmente na Ásia. No entanto, a longo prazo, a tendência de urbanização em países menos desenvolvidos vai aumentar muito a demanda por eletricidade, especialmente, a fornecida por centrais geração de energia de base, como nuclear.

A disponibilidade de novas tecnologias e o progresso realizado para desenvolver sites que sejam publicamente aceitáveis, leva à construção de novas instalações nucleares. A energia nuclear tem vantagens ambientais distintas sobre os combustíveis fósseis, podendo conter e gerenciar virtualmente todos os seus resíduos sem causar qualquer tipo de poluição não controlável.

Cabe lembrar que ao longo de décadas de uso pacífico da energia nuclear, jamais houve desvio de urânio para uso militar. A energia nuclear civil não tem sido a causa ou a rota para armas nucleares em qualquer país que tenha arsenal nuclear.

Nota:

Este é um texto produzido para fins documentais, para o qual a instituição Eletrobras Eletronuclear não pode ser responsabilizada.

A menção de nomes de empresas ou produtos específicos (indicada ou não como registrada) não implica qualquer intenção de infringir direitos de propriedade, nem deve ser interpretada como um endosso ou recomendação por parte da Eletronuclear.

O conteúdo destas páginas foi cuidadosamente preparado e revisto. No entanto, a Eletronuclear não garante a precisão, integralidade ou qualidade da informação fornecida, ou que está atualizada. Responsabilidade civil contra Eletronuclear em matéria de danos materiais ou imateriais causados pela utilização ou não utilização das informações oferecidas ou por informações imprecisas ou incompletas, é, em princípio, descartada, desde que não há intenção culposa provável ou negligência grave por parte da Empresa.

# PANORAMA DA ENERGIA NUCLEAR NO MUNDO

## I – Destaques da edição de Fevereiro de 2016

- 442 reatores nucleares de potência em operação com capacidade instalada total de 384,057 GW(e)
- 66 reatores nucleares em construção (capacidade instalada total de 65,088 GW(e))

### Novas conexões à rede em 2016 - fevereiro

- SHIN-KORI-3----- (1340 MW(e), PWR, COREIA do SUL) em 15/01/2016

### Novas conexões à rede em 2015

- CHANGJIANG-1 -----(610 MW(e), PWR, CHINA) em 7 /11/2015
- FANGCHENGGANG-1----(1000 MW(e), PWR, CHINA) em 25/10/2015
- FANGJIASHAN-2 -----(1000 MW(e), PWR, CHINA) em 12 /o1/2015
- FUQING-2 -----(1000 MW(e), PWR, CHINA) em 6 /08/2015
- HONGYANHE-3 -----(1000 MW(e), PWR, CHINA) em 23 /03/2015
- NINGDE-3----- (1018 MW(e), PWR, CHINA) em 21 /03/2015
- SHIN-WOLSONG-2----- (960 MW(e), PWR, COREIA DO SUL) em 26 /02/2015
- YANGJIANG-2----- (1000 MW(e), PWR, CHINA) em 10 /03/2015
- YANGJIANG-3 ----- (1000 MW(e), PWR, CHINA) em 18/10/2015
- BELOYARSK-4----- (789 MW(e), FBR, RUSSIA em 10/12/2015

### Início de construção

- BARAKAH-4 (1345 MW(e), PWR, UAE) em 30/07/2015
- FUQING-5 (1000 MW(e), PWR, CHINA) em 7/05/2015
- FUQING-6 (1000 MW(e), PWR, CHINA) em 22/12/2015
- FANGCHENGGANG-3, (1000 MW(e), PWR, CHINA) em 24/12/2015
- HONGYANHE-5 (1000 MW(e), PWR, CHINA) em 29/03/2015
- HONGYANHE-6 (1000 MW(e), PWR, CHINA) em 24/07/2015
- TIANWAN-5 (1000 MW(e), PWR, CHINA) em 27/07/2015

## Em 2014

### Novas conexões à rede

- Fuqing-1 (1000 MW(e), PWR, CHINA) em 20/08/2014
- Ningde-2 (1018 MW(e), PWR, CHINA) em 04 /01/2014
- Atucha 2 (692 MW(e), PHWR, ARGENTINA) em 27/06/2014
- Fangjiashan-1 (1000 MW(e), PWR, CHINA) em 04/11/2014
- Rostov-3 (1100MW(e), PWR, RUSSIA) em 27/12/2014

### Início de construção

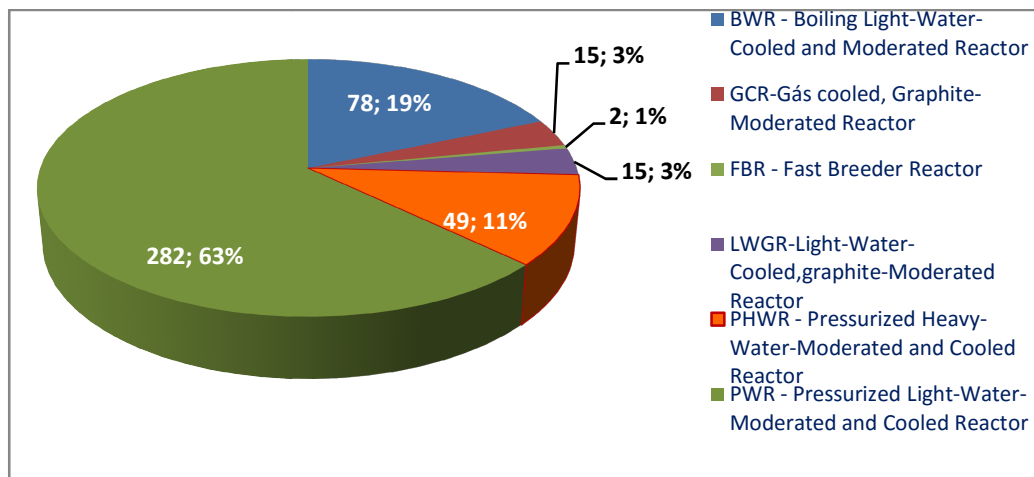
- Carem 25 (25 MW(e), PWR, ARGENTINA) em 8/02/2014

- Belarussian-2 (1109 MW, BIELORRÚSSIA) em 26/04/2014
- Barakah-3 (1345 MW, UAE em 24/09/2014

<b>Reatores Operacionais Dezembro 2015 - AIEA</b>			
<b>País</b>	<b>Numero de Reatores</b>	<b>Capacidade Eletrica Líquida Total - MW</b>	<b>Tipo do Reator</b>
AFRICA DO SUL	2	1.860	2 PWR
ALEMANHA	8	10.799	6 PWR; 2 BWR
ARGENTINA	3	1.627	3 PHWR
ARMENIA	1	375	1 PWR
BÉLGICA	7	5.921	7 PWR
BRASIL	2	1.884	2 PWR
BULGARIA	2	1.926	2 PWR
CANADA	19	13.500	19 PHWR
CHINA	31	26.635	28 PWR; 2 PHWR; 1 FBR
COREIA DO SUL	24	21.667	20 PWR; 4 PHWR
ESLOVÊNIA	1	688	1 PWR
ESLOVQUIA	4	1.814	4 PWR
ESPAÑA	7	7.121	1BWR e 6 PWR
ESTADOS UNIDOS DA AMERICA	99	98.708	34 BWR ; 65 PWR
FINLANDIA	4	2.752	2PWR e 2 BWR
FRANÇA	58	63.130	58 PWR
HOLANDA	1	482	1 PWR
HUNGRIA	4	1.889	4 PWR
INDIA	21	5.308	1 PWR; 2 BWR; 18 PHWR
IRÃ	1	915	1 PWR
JAPÃO	43	40.290	21 PWR; 22 BWR
MEXICO	2	1.330	2 BWR
PAQUISTÃO	3	690	2 PWR; 1 PHWR
REINO UNIDO	16	9.373	1 PWR; 15 GCR
REPUBLICA CHECA	6	3.904	6 PWR
ROMÊNIA	2	1.300	2 PHWR
RUSSIA	34	24.654	1FBR;18 PWR; 15 LWGR
SUÉCIA	10	9.651	7 BWR; 3 PWR
SUIÇA	5	3.333	2BWR; 3 PWR
TAIWAN, CHINA	6	5.032	2 PWR; 4 BWR
UCRÂNIA	15	13.107	15 PWR
<b>Total</b>	<b>441</b>	<b>381.665</b>	<b>2 FBR; 15 GCR; 15 LWGR; 49 PHWR; 78 BWR; 282 PWR</b>

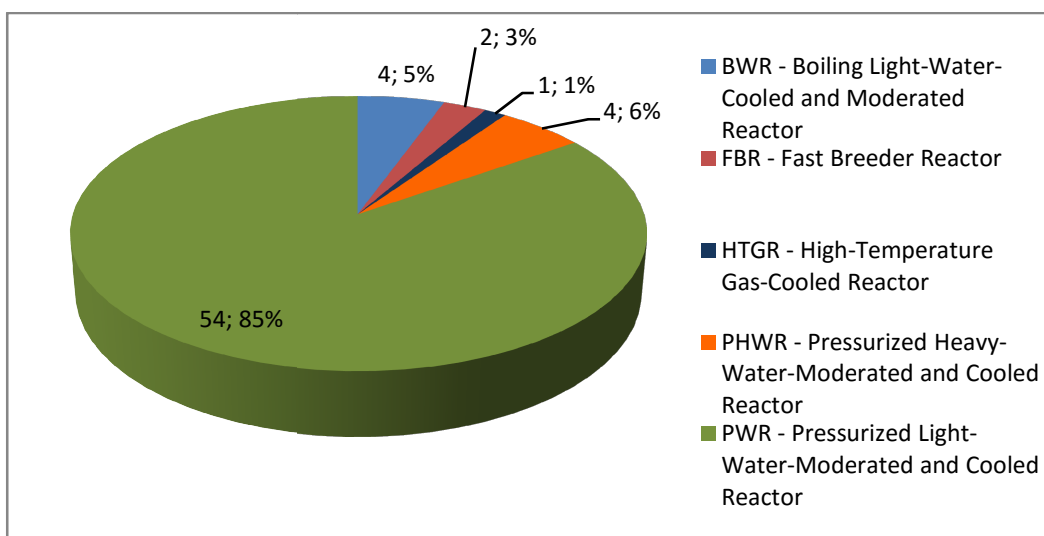
#### 441 Reatores em operação por tipo - AIEA – Dezembro 2015

Existem 16 Países que representam a metade da população mundial construindo 67 novos reatores com capacidade total líquida de 66.428 MWe. Outros 45 Países, que não possuem tecnologia nuclear expressaram junto à AIEA seu interesse nesta questão, para a construção de reatores e/ou desenvolver uma indústria neste sentido.



Reatores em Construção DEZ 2015 - AIEA			
País	Número de Reatores em construção	Capacidade nuclear Total líquida [MW]	Tipo do Reator
ARGENTINA	1	25	1 PWR;
BELARUSSIA	2	2218	2 PWR
BRAZIL	1	1245	1 PWR
CHINA	24	24128	23 PWR; 1 HTGR
FINLANDIA	1	1600	1 PWR
FRANÇA	1	1630	1 PWR
INDIA	6	3907	1 PWR; 4 PHWR; 1 FBR
JAPÃO	2	2650	2 BWR
REPUBLICA DA COREIA DO SUL	4	5420	4 PWR
PAQUISTÃO	2	630	2 PWR
RUSSIA	8	6582	8 PWR
ESLOVAQUIA	2	880	2 PWR
TAIWAN, CHINA	2	2600	2 BWR
UCRANIA	2	1900	2 PWR
EMIRADOS ÁRABES UNIDOS	4	5380	4 PWR
ESTADOS UNIDOS DA AMERICA	5	5633	5 PWR
<b>Total</b>	<b>67</b>	<b>66.428</b>	<b>57 PWR; 4 PHWR; 4 BWR; 1 FBR; 1 HTRG</b>

67 Reatores em construção por tipo do reator - Dezembro 2015



## Resumo das Análises e dos Procedimentos adotados pela maioria dos países após o acidente Fukushima

Após o acidente de Fukushima no Japão em março de 2011, toda a indústria nuclear se mobilizou para a avaliação do evento e das providências a serem tomadas de forma a garantir que os mesmos fatos não se repetissem em outras centrais. As lições advindas do evento geraram uma série de providências conforme o resultado das avaliações que cada país fez. As questões, os problemas e as soluções encontrados não são comuns a todos os reatores nem a todos os países.

Há casos em que se concluiu que era necessário mudar a estrutura regulatória do país para tornar as agências mais independentes, mas a grande maioria fez as análises voltadas à garantia de resistência dos reatores a eventos extremos (terremotos, tsunamis, enchentes, vendavais e furacões) e ao comportamento dos sistemas de segurança e desligamento seguro das centrais. Foram também avaliados os processos de resposta externa às emergências e os SAMG's (Procedimentos de Gestão de Acidentes Severos)

As avaliações realizadas pelos países e seus órgãos reguladores geram programas e procedimentos para sanar eventuais fragilidades e já foram ou estão sendo desenvolvidos. As principais ações foram concentradas nas áreas onde havia potencial para melhorias:

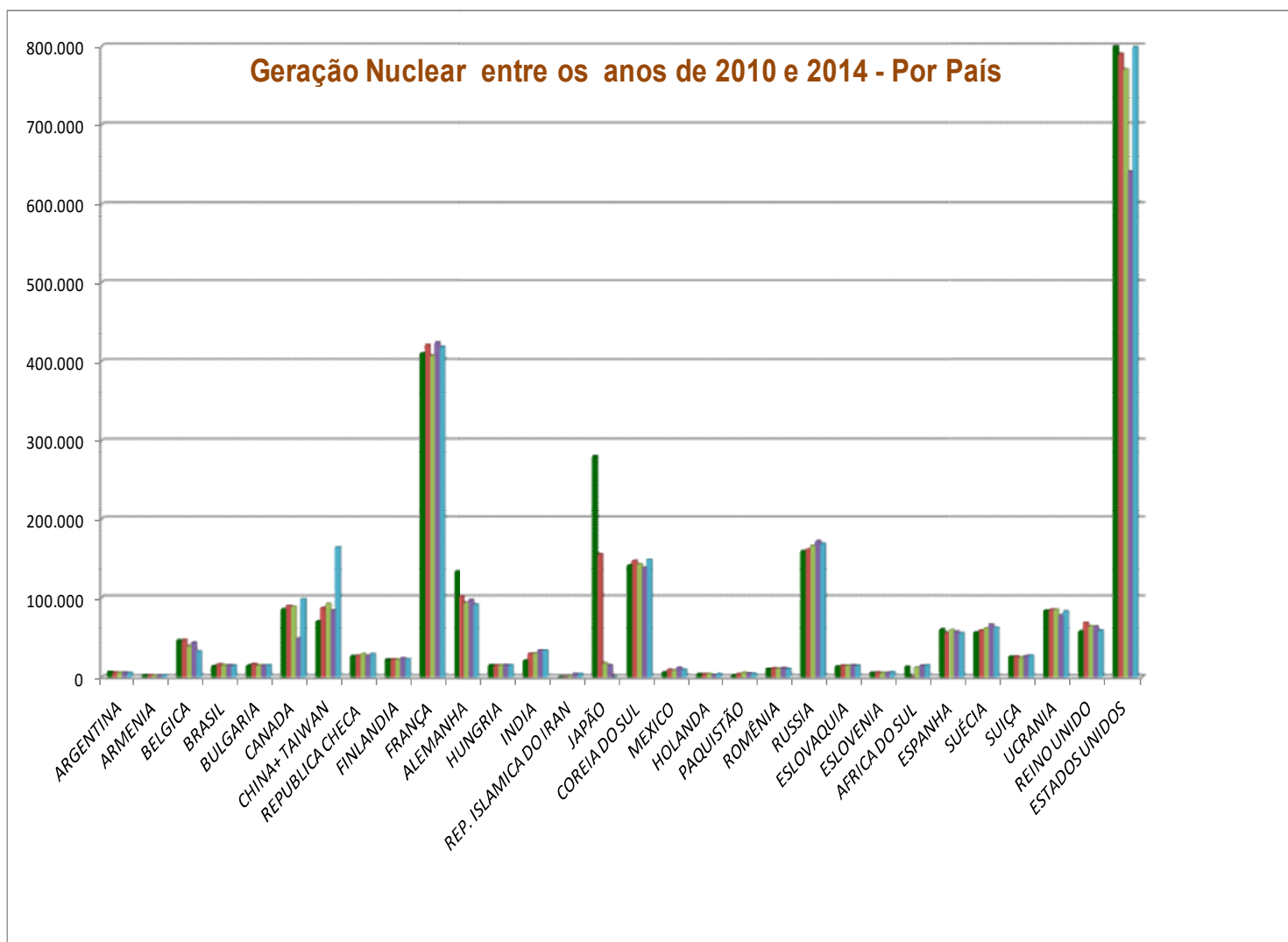
1. Estrutura Regulatória do País;
2. Avaliação da Resistência Sísmica da Central;
3. Verificação das defesas para Enchentes e Tsunamis;
4. Instalação de Geradores Diesel de Emergência, se necessário;
5. Verificação das Bombas de Refrigeração Emergência;
6. Verificação da Refrigeração da Piscina dos Elementos Combustíveis Usados;
7. Verificação Instrumentação da piscina dos Elementos Combustíveis Usados;
8. Instalação de Recombinadores de Hidrogênio;
9. Instalação de ventilação especial na contenção
10. Criar SAMG's (Procedimentos para gestão de acidentes severos)
11. Avaliação de acidentes múltiplos (para centrais com mais de um reator);



O gráfico a seguir apresenta uma comparação da geração de energia nuclear entre os anos de 2010 a 2014.

A maioria dos países aumentou energia gerada por fonte nuclear de um ano para o seguinte.

Apenas o Japão, que precisou desligar sua frota para os testes após o terremoto e tsunami de março de 2011 e a Alemanha que desligou alguns de seus reatores espontaneamente tiveram uma redução na sua geração de energia elétrica nuclear. As demais variações são decorrentes da operação normal de usinas. Os dados foram compilados a partir do "Power Reactor Information System" da AIEA.



Tradicionalmente, as usinas nucleares foram financiadas, desenvolvidas e operadas pelos governos. Durante a metade do século 20, a maioria dos países - em especial o Reino Unido, França, EUA e Rússia - que escolheram construir usinas nucleares usaram o financiamento direto do governo, em parte porque era política no momento e em parte para manter um elevado nível de controle. Hoje há uma tendência de maior envolvimento do fornecedor no financiamento de projetos com a intenção de reaver o capital com a operação da usina.

## Detalhamento de alguns dos reatores em construção ou propostos

Reatores Em Construção						
Reator	País	Mwe	Tipo	Proprietário	Operador	Financiamento
Akademik Lomonosov 1	Rússia	32	PWR	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Estatal
Akademik Lomonosov 2	Rússia	32	PWR	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Estatal
Angra 3	Brazil	1.245	PWR	Eletrobras Eletronuclear S.A.	Eletrobras Eletronuclear S.A.	Estatal
Baltic 1	Russia	1.109	PWR	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Estatal
Barakah 1	United Arab Emirates	1.345	PWR	Emirates Nuclear Energy Corporation	Emirates Nuclear Energy Corporation	Estatal
Barakah 2	United Arab Emirates	1.345	PWR	Emirates Nuclear Energy Corporation	Emirates Nuclear Energy Corporation	Estatal
Barakah 3	United Arab Emirates	1.345	PWR	Emirates Nuclear Energy Corporation	Emirates Nuclear Energy Corporation	Estatal
Barakah 4	United Arab Emirates	1.345	PWR	Emirates Nuclear Energy Corporation	Emirates Nuclear Energy Corporation	Estatal
Belarusian 1	Belarus	1.109	PWR	Republican Unitary Enterprise "Belarusian Nuclear Power Plant"	Republican Unitary Enterprise "Belarusian Nuclear Power Plant"	Estatal
Belarusian 2	Belarus	1.109	PWR	Republican Unitary Enterprise "Belarusian Nuclear Power Plant"	Republican Unitary Enterprise "Belarusian Nuclear Power Plant"	Estatal
Carem25	Argentina	25	PWR	Comision Nacional De Energia Atomica	Comision Nacional De Energia Atomica	Estatal
Changjiang 2	China	610	PWR	CNNC-China National Nuclear Corporation	Hainan Nuclear Power Company	Estatal
Chasnupp 3	Paquistão	315	PWR	CNNC-China National Nuclear Corporation	Pakistan Atomic Energy Commission	Estatal
Chasnupp 4	Paquistão	316	PWR	Pakistan Atomic Energy Commission	Pakistan Atomic Energy Commission	Estatal
Fangchenggang 2	China	1.000	PWR	Guangxi Fangchenggang Nuclear Power Company Ltd	Guangxi Fangchenggang Nuclear Power Company Ltd	joint venture between China Guangdong Nuclear Power Co (CGNPC) and Guangxi Investment Group.
Flamanville 3	França	1.600	PWR	EDF	EDF	Estatal
Fuqing 3	China	1.000	PWR	CNNC-China National Nuclear Corporation	CNNC Fujian Fuqing Nuclear Power Co Ltd	Estatal
Fuqing 4	China	1.000	PWR	CNNC-China National Nuclear Corporation	CNNC Fujian Fuqing Nuclear Power Co Ltd	Estatal
Fuqing 5	China	1.000	PWR	CNNC-China National Nuclear Corporation	CNNC Fujian Fuqing Nuclear Power Co Ltd	Estatal
Haiyang 1	China	1.000	PWR	CNNC-China National Nuclear Corporation	Shandong Nuclear Power Company Ltd	Estatal
Haiyang 2	China	1.000	PWR	CNNC-China National Nuclear Corporation	Shandong Nuclear Power Company Ltd	Estatal
Hongyanhe 4	China	1.000	PWR	Liaoning Hongyanhe Nuclear Power Co Ltd	Liaoning Hongyanhe Nuclear Power Co Ltd	Estatal
Hongyanhe 5	China	1.000	PWR	Liaoning Hongyanhe Nuclear Power Co Ltd	Liaoning Hongyanhe Nuclear Power Co Ltd	Estatal
Hongyanhe 5	China	1.000	PWR	Liaoning Hongyanhe Nuclear Power Co Ltd	Liaoning Hongyanhe Nuclear Power Co Ltd	Estatal
Kakrapar 3	Índia	630	PHWR	Nuclear Power Corporation Of India Ltd	Nuclear Power Corporation Of India Ltd	Estatal
Kakrapar 4	Índia	630	PHWR	Nuclear Power Corporation Of India Ltd	Nuclear Power Corporation Of India Ltd	Estatal
Khmelnitski 3	Ucrânia	950	PWR	Se "Nnegc "Energoatom"	State Enterprise "National Nuclear Energy Generating Company "Energoatom"	Estatal
Khmelnitski 4	Ucrânia	950	PWR	Se "Nnegc "Energoatom"	State Enterprise "National Nuclear Energy Generating Company "Energoatom"	Estatal
Kudankulam 2	India	917	PWR	Nuclear Power Corporation Of India Ltd	Nuclear Power Corporation Of India Ltd	Estatal
Leningrad 2 1	Russia	1.085	PWR	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Estatal
Leningrad 2 2	Russia	1.085	PWR	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Estatal
Lungmen 1	Taiwan	1.300	BWR	Taiwan Power Co.	Taiwan Power Co.	96.92% government-owned, 3.08% private-owned
Lungmen 2	Taiwan	1.300	BWR	Taiwan Power Co.	Taiwan Power Co.	96.92% government-owned, 3.08% private-owned

### Reatores Em Construção

Reator	País	Mwe	Tipo	Proprietário	Operador	Financiamento
Mochovce 3	Eslováquia	440	PWR	Slovenské Elektrárne, A.S.	Slovenské Elektrárne, A.S.	Estatal
Mochovce 4	Eslováquia	440	PWR	Slovenské Elektrárne, A.S.	Slovenské Elektrárne, A.S.	Estatal
Ningde 4	China	1018	PWR	China Guangdong Nuclear Power Group	Fujian Ningde Nuclear Power Company Ltd.	Estatal
Novovoronezh 2 1	Rússia	1.114	PWR	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Estatal
Novovoronezh 2 2	Rússia	1.114	PWR	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Estatal
Ohma	Japão	1.325	BWR	Electric Power Development Co.,Ltd	Electric Power Development Co.,Ltd.	Estatal
Oikiluoto 3	Finlândia	1.600	PWR -EPR	TVO -Teollisuuden Voima Oyj	Teollisuuden Voima Oyj	Finnish electricity generating public company (consortium of power and industrial companies)
Pfbr	Índia	470	FBR	Bharatiya Nabhikiya Vidut Nigam Limited	Bharatiya Nabhikiya Vidut Nigam Limited	Estatal
Rajasthan 7	Índia	630	PHWR	Nuclear Power Corporation Of India Ltd	Nuclear Power Corporation Of India Ltd	Estatal
Rajasthan 8	Índia	630	PHWR	Nuclear Power Corporation Of India Ltd	Nuclear Power Corporation Of India Ltd	Estatal
Rostov 4	Rússia	1.011	PWR	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Joint Stock Company 'Concern Rosenergoatom'	Estatal
Sanmen 1	China	1.000	PWR-AP1000	CNNC-China National Nuclear Corporation	Sanmen Nuclear Power Co.,Ltd.	Estatal
Sanmen 2	China	1.000	PWR-AP1001	CNNC-China National Nuclear Corporation	Sanmen Nuclear Power Co.,Ltd.	Estatal
Shidao Bay 1	China	200	HTGR	China Huaneng Group	Huaneng Shandong Shidao Bay Nuclear Power Company,Ltd.	Estatal
Shimane 3	Japão	1.325	BWR	The Chugoku Electric Power Co.,Inc.	The Chugoku Electric Power Co.,Inc.	holding de grupo privado
Shin Hanul	Coreia do Sul	1.340	PWR	Korea Hydro And Nuclear Power Co.	Korea Hydro And Nuclear Power Co.	Estatal
Shin Hanul 2	Coreia do Sul	1.340	PWR	Korea Hydro And Nuclear Power Co.	Korea Hydro And Nuclear Power Co.	Estatal
Shin Kori 4	Coreia do Sul	1.340	PWR	Korea Hydro And Nuclear Power Co.	Korea Hydro And Nuclear Power Co.	Estatal
Summer 2	USA	1.117	PWR - AP1000	South Carolina Electric & Gas Co.	South Carolina Electric & Gas Co.	SCE&G - 60% e Santee Cooper - (estatal) 40%
Summer 3	USA	1.117	PWR - AP1000	South Carolina Electric & Gas Co.	South Carolina Electric & Gas Co.	SCE&G - 60% e Santee Cooper - (estatal) 40%
Taishan 1	China	1.660	PWR - EPR	Guangdong Taishan Nuclear Power Joint Venture Co Ltd	Guangdong Taishan Nuclear Power Joint Venture Co Ltd	Estatal
Taishan 2	China	1.660	PWR - EPR	Guangdong Taishan Nuclear Power Joint Venture Co Ltd	Guangdong Taishan Nuclear Power Joint Venture Co Ltd	Estatal
Tianwan 3	China	990	PWR	CNNC-China National Nuclear Corporation	Jiangsu Nuclear Power Corporation	Estatal
Tianwan 4	China	990	PWR	CNNC-China National Nuclear Corporation	Jiangsu Nuclear Power Corporation	Estatal
Vogtle 3	USA	1.117	PWR - AP1000	Georgia Power Co.	Southern Nuclear Operating Company, Inc.	Georgia Power (45.7%), Oglethorpe Power Corporation (30%), Municipal Electric Authority of Georgia (22.7%) and Dalton Utilities (1.6%).
Vogtle 4	USA	1.117	PWR - AP1000	Georgia Power Co.	Southern Nuclear Operating Company, Inc.	Georgia Power (45.7%), Oglethorpe Power Corporation (30%), Municipal Electric Authority of Georgia (22.7%) and Dalton Utilities (1.6%).
Watts Bar 2	USA	1.165	PWR	Tennessee Valley Authority	Tennessee Valley Authority	Estatal
Yangjiang 4	China	1.000	PWR	China Guangdong Nuclear Power	Yangjiang Nuclear Power Company	Estatal
Yangjiang 5	China	1.000	PWR	China Guangdong Nuclear Power	Yangjiang Nuclear Power Company	Estatal
Yangjiang 6	China	1.000	PWR	China Guangdong Nuclear Power	Yangjiang Nuclear Power Company	Estatal

OUTROS REATORES PROPOSTOS					
Reator	País	Mwe	Tipo	Proprietário / Operador	Financiamento
Akkuyu 1	Turquia	1.200	VVER1200	BOO - Rosatom	Rusatom Overseas (64.96%), Rosenergoatom (30.66%), AtomStroyExport (3.17%), Atomenergoremont (0.03%) and Atomtechenergo (0.03%).
Akkuyu 2	Turquia	1.201	VVER1201	BOO - Rosatom	Rusatom Overseas (64.96%), Rosenergoatom (30.66%), AtomStroyExport (3.17%), Atomenergoremont (0.03%) and Atomtechenergo (0.03%).
Akkuyu 3	Turquia	1.202	VVER1202	BOO - Rosatom	Rusatom Overseas (64.96%), Rosenergoatom (30.66%), AtomStroyExport (3.17%), Atomenergoremont (0.03%) and Atomtechenergo (0.03%).
Akkuyu 4	Turquia	1.203	VVER1203	BOO - Rosatom	Rusatom Overseas (64.96%), Rosenergoatom (30.66%), AtomStroyExport (3.17%), Atomenergoremont (0.03%) and Atomtechenergo (0.03%).
Sinop 1	Turquia	1.150	ATMEA1	Mitsubishi Heavy + Itochu: 30%	70% loan financing, 30% equit (MHI planned to take 15%, Itochu take 15% and 21% for Engie. EUAS-state generation Co. was intending 49% equity)
Sinop 2	Turquia	1.150	ATMEA1	Mitsubishi Heavy + Itochu: 30%	70% loan financing, 30% equit (MHI planned to take 15%, Itochu take 15% and 21% for Engie. EUAS-state generation Co. was intending 49% equity)
Sinop 3	Turquia	1.150	ATMEA1	Mitsubishi Heavy + Itochu: 30%	70% loan financing, 30% equit (MHI planned to take 15%, Itochu take 15% and 21% for Engie. EUAS-state generation Co. was intending 49% equity)
Sinop 4	Turquia	1.150	ATMEA1	Mitsubishi Heavy + Itochu: 30%	70% loan financing, 30% equit (MHI planned to take 15%, Itochu take 15% and 21% for Engie. EUAS-state generation Co. was intending 49% equity)
Igneada 1	Turquia	1.250	AP1000	Indefinido	Indefinido
Igneada 2	Turquia	1.250	AP1000	Indefinido	Indefinido
Igneada 3	Turquia	1.400	CAP1400	Indefinido	Indefinido
Igneada 4	Turquia	1.400	CAP1400	Indefinido	Indefinido
Hinckley Point C	Inglaterra	1.600	EPR	EDF	Propriedade EDF, Possível participação chinesa 30-40% (CNNC e CGN) e Areva 10%

## II - Geração Elétrica Nuclear Mundial

Com o crescimento global do consumo energético, muitos esforços têm sido feitos para aumentar a oferta de energia, com a energia nuclear se configurando como uma das tecnologias mais importantes para o futuro desta indústria. A energia nuclear tem uma das melhores taxas de geração de calor entre as fontes térmicas de geração e não emite gases do efeito estufa. É uma produção de energia em larga escala, se configurando como energia de base de sistemas, concentrada em uma pequena área com um combustível potente e de preço extremamente competitivo.

Para que as funções de uma sociedade moderna sejam desempenhadas a contento (movimentar indústria, comércio, prover comunicação, saúde, serviços públicos, etc..) é indispensável dispor da energia, em especial da elétrica de forma confiável e a preço adequado. O suprimento e a segurança energética é hoje uma questão essencial para qualquer país, e estão na origem de muitas das decisões estratégicas dos governos.

Os dados de totalização da geração de energia são disponibilizados pelas empresas envolvidas, sempre anualmente. Em 2014 os Estados Unidos foram o país que mais gerou energia por fonte nuclear, sendo responsável por 33,13% da produção total deste tipo de energia no mundo.

Também se destacaram: França (17,34%), Rússia (7,01%), Coreia do Sul (6,2%), China + Taiwan (6,28%), Canadá (4,09%), Alemanha (3,81%), Ucrânia (3,44%). O Brasil foi responsável por 0,58% da geração de energia por fonte nuclear no mundo.

A França que havia diminuído a sua produção de energia nuclear em 2013 voltou a aumentar essa geração líquida em 2014 tendo atingido 418.001 GWh. No Japão não houve produção dessa energia, devido à paralisação de todos os reatores em 2014, ainda como consequência do acidente de Fukushima Daiichi.

A Alemanha produziu 91.783 GWh líquidos com pequena redução em relação ao ano de 2013 (92.141 GWh) e 2012 quando atingiu 94.098 GWh líquidos.

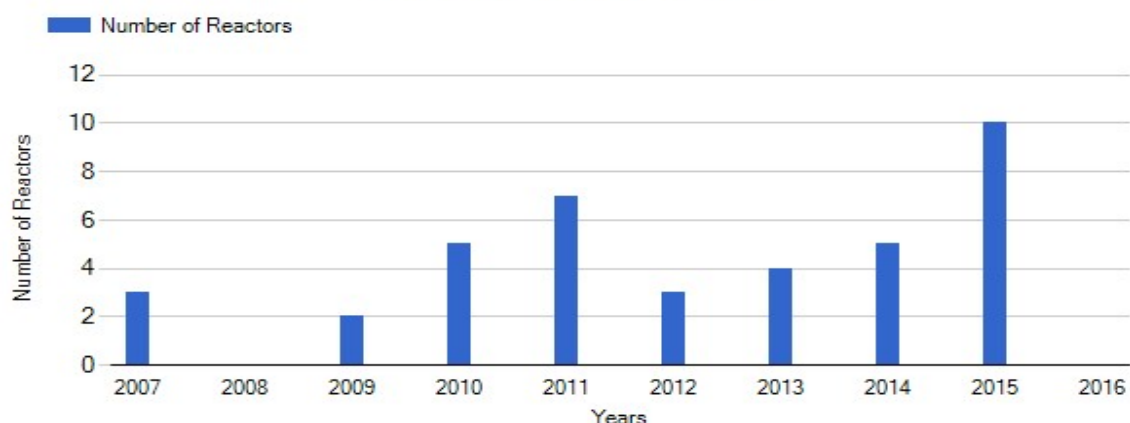
De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA) em seu relatório anual "World Energy Outlook 2012, a energia nuclear poderia crescer em 58% até 2035, mas a participação nuclear no total gerado cairia dos atuais 13% para 12%, principalmente devido às revisões efetuadas em planejamentos energéticos nacionais devido ao acidente japonês de Fukushima Daiichi. O crescimento da capacidade projetada ainda continuará, sendo liderado pela China, Coreia do Sul, Índia e Rússia.

Atualmente 65 países que não possuem tecnologia nuclear expressaram junto à AIEA seu interesse nesta questão, para a construção de reatores e/ou desenvolver uma indústria neste sentido. As potências em expansão querem multiplicar o número de usinas em seu território.

Mesmo após o acidente da central de Fukushima no Japão, muitos governos consideram a ampliação internacional da energia nuclear uma opção à mudança climática e uma alternativa às oscilações do preço dos produtos energéticos, além de ser uma proteção à incerteza sobre o suprimento dos combustíveis fósseis. A expansão da energia nuclear em todo o mundo requer que os governos atuem com responsabilidade e critérios de segurança rígidos nessa empreitada.

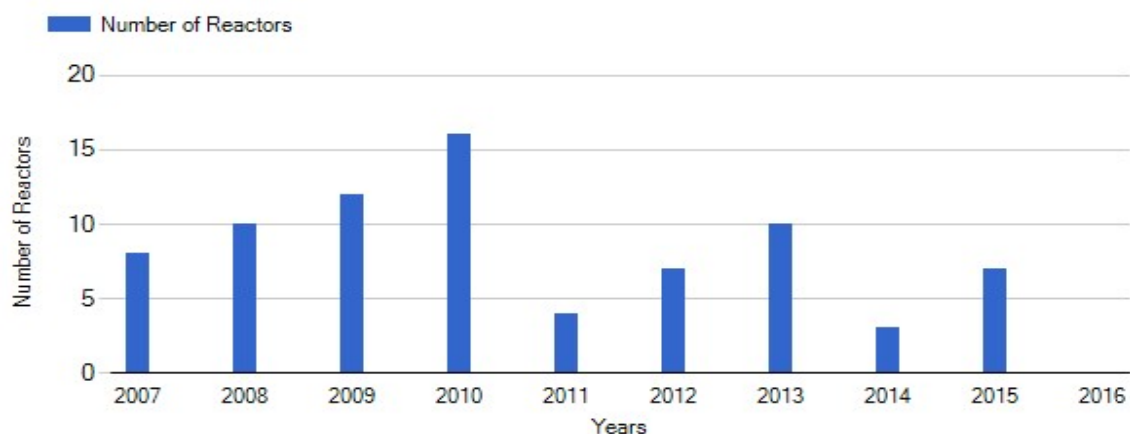
Passados quase 5 anos do acidente as tendências de início de construção de novas usinas e os novos reatores conectados às suas redes são mostrados nos gráficos da AIEA abaixo

**Trend of First Grid Connections**



**Reatores conectados às suas redes por ano - AIEA dezembro de 2015**

**Trend of Construction Starts**



**Novos Reatores que iniciaram a construção por ano - AIEA dezembro de 2015**

<b>Participação da Geração Nuclear em 2014 - AIEA</b>			
<b>País</b>	<b>Geração Nuclear - 2014 - GW.h</b>	<b>Participação em % no mundo</b>	<b>Participação em % no país</b>
<a href="#">ÁFRICA DO SUL</a>	14.762,700	0,616	6,200
<a href="#">ALEMANHA</a>	91.783,700	3,807	15,800
<a href="#">ARGENTINA</a>	5.258,170	0,218	4,000
<a href="#">ARMENIA</a>	2.265,640	0,094	30,700
<a href="#">BELGICA</a>	32.093,740	1,331	47,500
<a href="#">BRASIL</a>	14.463,390	0,600	2,900
<a href="#">BULGARIA</a>	15.866,650	0,658	33,600
<a href="#">CANADA</a>	98.588,120	4,089	16,800
<a href="#">CHINA+ TAIWAN</a>	164.608,750	6,827	2,400
<a href="#">COREIA DO SUL</a>	149.199,220	6,188	30,400
<a href="#">ESLOVAQUIA</a>	14.420,340	0,598	56,800
<a href="#">ESLOVENIA</a>	6.060,820	0,251	37,200
<a href="#">ESPANHA</a>	54.860,380	2,275	20,400
<a href="#">ESTADOS UNIDOS</a>	798.616,260	33,121	19,500
<a href="#">FINLANDIA</a>	22.645,960	0,939	34,600
<a href="#">FRANÇA</a>	418.001,400	17,336	76,900
<a href="#">HOLANDA</a>	3.873,510	0,161	4,000
<a href="#">HUNGRIA</a>	14.777,730	0,613	53,600
<a href="#">INDIA</a>	33.231,870	1,378	3,500
<a href="#">JAPÃO</a>	0,000	0,000	0,000
<a href="#">MEXICO</a>	9.311,600	0,386	5,600
<a href="#">PAQUISTÃO</a>	4.577,530	0,190	4,300
<a href="#">REINO UNIDO</a>	57.918,480	2,402	17,200
<a href="#">REP. ISLAMICA DO IRAN</a>	3.723,600	0,154	1,500
<a href="#">REPUBLICA CHECA</a>	28.636,780	1,188	35,800
<a href="#">ROMÊNIA</a>	10.753,680	0,446	18,500
<a href="#">RUSSIA</a>	169.064,840	7,012	18,600
<a href="#">SUÉCIA</a>	62.270,050	2,583	41,500
<a href="#">SUIÇA</a>	26.467,900	1,098	37,900
<a href="#">UCRANIA</a>	83.122,790	3,447	49,400
<b>Total (GW.h)</b>	<b>2.411.225,600</b>		

**Participação da geração nuclear de cada país no total nuclear gerado – 2014**

Conforme a opinião pública, as principais barreiras à opção nuclear dizem respeito à segurança das usinas, à disposição dos rejeitos radioativos e à proliferação de armas nucleares, além dos custos de construção e manutenção. Deve ser também considerada a dificuldade de fornecimento para os grandes componentes nucleares.

Adicionalmente a IEA projeta a necessidade dos governos mitigarem os riscos financeiros das construções e projetos nucleares através de políticas específicas, como a incorporação

do preço do carbono nos custos de geração, de forma que os 375 GWe de fonte nuclear, previstos para iniciar as operações ente 2020 e 2030, tanto para substituir as plantas antigas como em novos projetos de geração elétrica possam obter o adequado investimento.

### III - Distribuição dos reatores

Vendedores	Tipo do Reator
<b>General Electric - GE</b>	<b>ABWR / ESBWR</b>
<b>Westinghouse</b>	<b>AP1000</b>
<b>Areva</b>	<b>EPR</b>
<b>AECL</b>	<b>ACR 700</b>
<b>Mitsubish</b>	<b>USA PWR</b>
<b>Toshiba</b>	<b>ABWR</b>
<b>General Atomics</b>	<b>GTMHR</b>
<b>Eskon</b>	<b>PBMR</b>

Dentre os maiores parques geradores, destacam-se os Estados Unidos com 99 unidades, a França com 58 reatores e o Japão com 43. Em 2015 foram iniciadas as obras de sete novas usinas, e dez novos reatores foram conectados às suas redes. Houve ainda o fechamento definitivo de seis usinas, sendo cinco no Japão e uma na Alemanha. De acordo com a World Nuclear Association - WNA

até março de 2015 a experiência acumulada em todo o mundo pelos reatores nucleares de potência (somatório dos anos de operação de todos os reatores), foi de mais de 16.000 anos, com a geração de cerca de 11,5% da energia elétrica mundial.

A escassez de grandes forjados é um problema a ser enfrentado pelos construtores de novos reatores nucleares pelo mundo. Não existem muitos fabricantes de vasos de pressão do reator, geradores de vapor ou grandes turbinas.

O Nuclear Engineering Institute - NEI alerta que as providências não podem tardar sob o risco de impactar os cronogramas de construção de novas usinas. Outras grandes fábricas são as chinesas China First Heavy Industries e China Erzhong, a russa OMZ Izhora, a coreana Doosan, a francesa Le Creusot e a indiana JSW. Todas estão aumentando suas capacidades. Os movimentos mais recentes são na Alemanha que abriu uma nova fábrica em Völklingen e a companhia francesa Alstom que abriu uma nova fábrica nos Estados Unidos para atender as necessidades de grandes turbinas e turbo geradores e outros equipamentos para usinas a gás e nucleares no mercado norte-americano. Temos ainda novas fábricas previstas na Inglaterra, na Índia e na China.

Os consórcios “Areva/Mitsubishi; Westinghouse-Toshiba; e GE-Hitachi” são os vendedores que possuem maiores escala e tecnologia para causar impacto real na indústria nuclear. Devemos ainda considerar os coreanos e os russos. Como são poucos os concorrentes, o mercado pode passar por uma escalada nos preços em geral.

Além de pequenos reatores, a seguir estão os principais modelos que se encontram disponíveis no mercado nuclear:

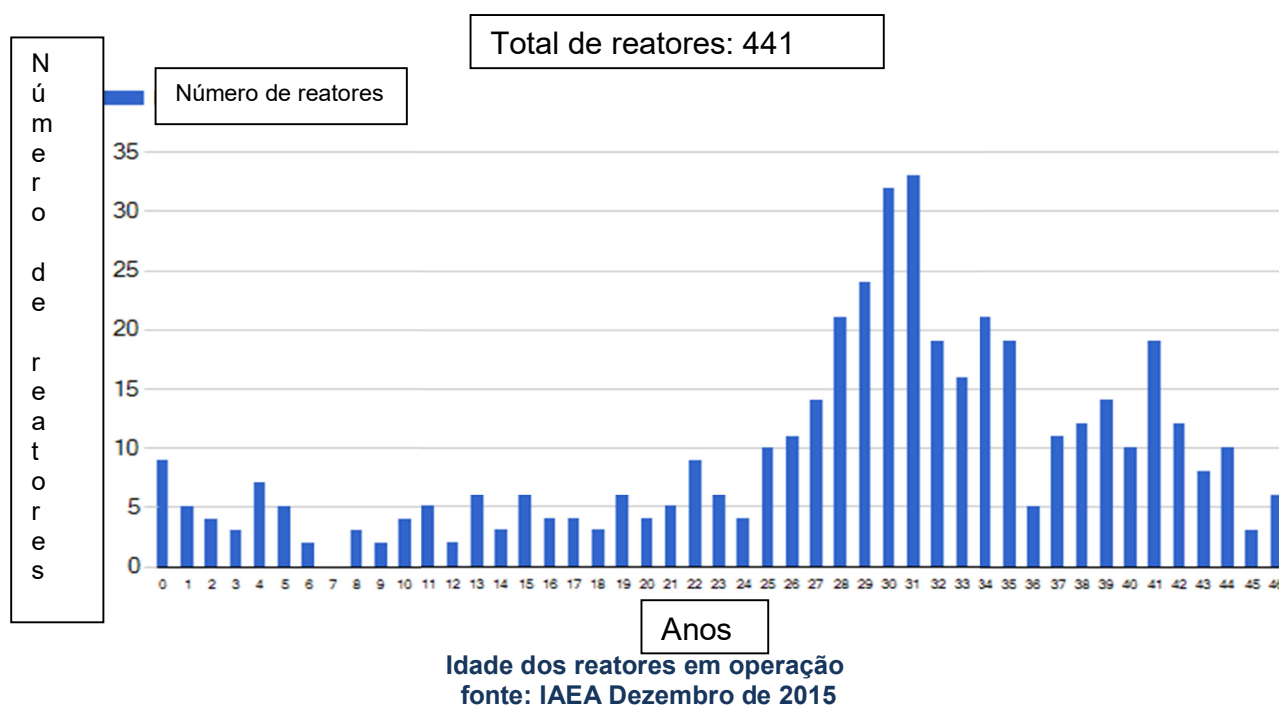
- Areva: EPR, Atmea1(PWR), Kerena (BWR)
- Westinghouse/Toshiba: AP1000, ABWR
- GE Hitachi: ABWR, ESBWR, PRISM
- KHNP: APR1400
- Mitsubishi: APWR



- Rosatom: AES-92, AES-2006, VVER-TOI etc.
- Candu: EC6
- CNNC & CGN: Hualong One (2014)
- SNPTC: CAP1400 (2014)

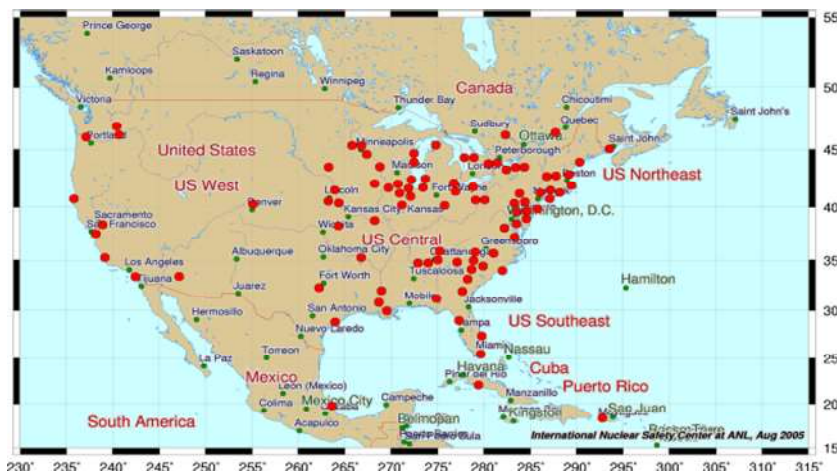
Até novembro de 2015, segundo a AIEA, 81,17% dos reatores (358) em operação no mundo tinham mais de 20 anos de atividade. Destes 140 unidades tinham entre 20 e 30 anos e 250 tem mais de 30 anos de atividade. Estas frota terão que ser substituídas por novos reatores ou por outra fonte de geração. Parte da solução é ampliar a vida útil das usinas existentes, transferindo o problema do suprimento de energia para o futuro. Nos últimos 20 anos 75 reatores fecharam e 80 entraram em operação. Segundo a WNA até 2030, 60 reatores devem ser fechados por término da vida útil.

Mesmo após o acidente na central nuclear de Fukushima, no Japão, muitos governos consideram a expansão da energia nuclear uma opção à mudança climática e uma alternativa às oscilações nos preços dos produtos energéticos, além de ser uma proteção contra as incertezas do abastecimento de combustível fóssil. A expansão mundial da energia nuclear exige que os governos ajam de forma responsável e aplicar critérios rígidos de segurança na operação de instalações nucleares.



# IV - Situação atual da energia nuclear em alguns países / regiões

## A - Américas



Localização aproximada das usinas nucleares na América do Norte

## A1 – América do Norte

### Canadá

País	Usinas em Operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em Construção	Capacidade em Construção (MW)	Energia Gerada 2014 (TWh)	% do total Gerado em 2014
<b>Canadá</b>	<b>19</b>	<b>13.500</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100,921</b>	<b>16,8</b>

A capacidade instalada nuclear total do país até 2015 foi de 13.500 MW. As demais fontes são hidráulica, térmica, nuclear, além de outras como eólica, biomassa, biogás e solar. O Canadá tem 19 usinas nucleares em operação (17 delas em Ontário) que produziram 100,921 TWh ou 16,8 % da energia elétrica do país em 2014. Todos os reatores são do tipo PHWR - Pressurized Heavy Water Reactor (CANDU).

Em setembro de 2012, seguindo processo de reforma e reconexão da Central Bruce (4 unidades), foi religada a usina Bruce 2 (772MW) que estava fechada desde 1995. As unidades 3 e 4 (730 MW cada) foram religadas em 2004 e 2003 respectivamente e a unidade 1 (772 MW) retornou ainda em 2012. A usina Point Lepreau também estava sendo reformada e em outubro de 2012 foi reconectada à rede.

O plano de energia de longa duração publicado em novembro de 2010 prevê pelo menos duas novas nucleares (capacidade total de 2.000 MW) na região de Ontário (em Darlington onde já existem outras 4 usinas) e a reforma de outras 10 até 2020. Em junho de 2013 a Ontario Power Generation (OPG) recebeu as ofertas de construção detalhadas,

cronogramas e estimativas de custos para os dois potenciais reatores nucleares em Darlington.

Ainda em 2013 foi também renovada por mais 5 anos a licença de operação dos seis reatores das usinas Pickering A e B que pertencem à Ontario Power Generation (OPG) até agosto de 2018. Em 2013 a empresa Alstom foi selecionada para a reforma dos 4 geradores de vapor das turbinas da central de Darlington (4x900 MW) em Ontario que pertencem à Ontario Power Generation's (OPG). Em 2014 a vida útil de Darlington foi estendida até o final de 2015 quando deverão começar as atividades de extensão de vida por 30 anos. Estes serviços são de longa duração e o custo aproximado será de 6,8 bilhões de euros (9,1 bilhões de dólares). As atividades compreenderão reforma de turbinas, geradores, e equipamentos auxiliares associados, substituição dos componentes da área do reator. O cronograma prevê que os trabalhos comecem na parada de manutenção em 2016 e a conclusão das atividades é esperada para 2020. Este é um dos maiores projetos de infraestrutura do Canadá e facilitará o aumento da vida útil da central.

O Canadá (em 2011) se tornou o primeiro país a se retirar do Protocolo de Kyoto para mudanças climáticas uma vez que não seria capaz de atingir as metas propostas devido à exploração das reservas de Xisto (região de Alberta) para a produção de óleo que aumentaria as emissões em 15%. Esta decisão faz parte das estratégias energéticas do país uma vez que ele é o maior fornecedor de óleo e gás para o mercado americano e pretende aumentar ainda mais este suprimento.

AECL desenvolve de reator Candu Avançado (geração III) cujo projeto utiliza urânio enriquecido ou tório, mas para o qual ainda não há unidades construídas. O país possui projeto próprio de reatores (CANDU) parcialmente suportado pelo governo que, em 2010, decidiu se afastar do negócio, após ter aportado quase 2 bilhões de dólares desde 2006 na empresa AECL, no desenvolvimento da nova geração CANDU. Essa decisão deve-se a dimensão da divisão de reatores da AECL que não é grande o suficiente para concorrer no mercado com gigantes do porte da AREVA ou Toshiba e General Electric.



NRU em Chalk River – Canadá (foto AECL)

Especialistas garantiam que sem a participação do governo canadense seria difícil a sobrevivência da tecnologia CANDU, mas em junho de 2011 o SNC-Lavalin Group assinou acordo de compra da participação do governo na divisão de reatores da AECL. De vital importância no Canadá e no mundo é o National Research Universal Reactor - NRU, reator operado pela Atomic Energy of Canada Ltd - AECL, localizado em Chalk River, entre as províncias de Quebec e de Ontário, e que produzia a metade dos isótopos médicos no mundo.

Esse reator enfrentou problemas de manutenção, tendo sido fechado em 14/05/2009 devido a falhas elétricas e vazamento de água pesada. Foram necessários 15 meses de correções e manutenção. Em 17 de Agosto de 2010, após os reparos, o órgão regulador autorizou o retorno ao serviço deste reator e o reinício da produção de radioisótopos a nível mundial. Em Outubro de 2011 este reator que produz também materiais de pesquisa nuclear usando nêutrons recebeu autorização para continuar sua produção de radioisótopos até 2016. Este é o mais antigo do mundo e se encontra em operação desde 1953.

Em 14 de janeiro de 2015 (NucNet) divulgou que os oito reatores nucleares Candu da Central nuclear de Bruce em Tiverton Ontario, estabeleceram um recorde para a empresa na produção de eletricidade em 2014, com Bruce A e B superando o recorde local previamente alcançado em 1991. A empresa geradora disse que a energia nuclear foi 30 por cento do poder de Ontario custando 30 por cento menos do que o preço médio da eletricidade em 2014.

O Canadá é um dos maiores produtores de urânio no mundo, respondendo por cerca de 22% da produção mundial, tendo sido o maior produtor mundial de urânio até 2009 quando foi ultrapassado pela República do Cazaquistão. A produção vem principalmente da mina McArthur River na província de Saskatchewan, que é a maior do mundo.

A produção está prevista para aumentar significativamente a partir de 2015 quando a nova mina Cigar Lake entrar em pleno funcionamento.

Com recursos de urânio conhecidas de 572.000 toneladas de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (485.000 tu), bem como exploração contínua, o Canadá tem um papel significativo no futuro suprimento da demanda mundial. (fonte: WNA.Org)

A empresa CAMECO é proprietária de diversas minas cuja produção é exportada para vários países. Como exemplo podemos citar o acordo de cooperação firmado com a Índia para abastecimento das centrais nucleares indianas que entrou em vigor em 2013.

### **Resíduos / Rejeitos Nucleares**

O Canadá prevê depósito geológico profundo - Deep Geologic Repository (DGR), para resíduos nucleares de baixa e media radioatividade. Os trabalhos de preparação do sítio, construção e operação estão propostos para a região de Tiverton próximo ao sítio da Central Bruce. Este depósito deverá atender a todas as usinas das centrais de Bruce, Pickering e Darlington.

Em 2007, o governo canadense decidiu que seu combustível irradiado seria selado em contêineres seguros e guardado em depósitos subterrâneos rochosos para uso no futuro.

Essas instalações serão um megaprojeto com previsão de gastos da ordem de 20 bilhões de dólares numa área de 10 hectares na superfície e galerias a 500 metros de

profundidade. Oito comunidades expressaram interesse sendo três nas regiões de Saskatchewan (Pinehouse, Patuanak e Creighton) e cinco em Ontário. Essas comunidades estão no período de aprendizado sobre resíduo nuclear, que poderá ser um legado para as futuras gerações com as novas tecnologias nucleares para recuperar e reciclar combustível que se espera desenvolver nos próximos 100 anos.

O órgão regulador do Canadá - Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) criou um plano de ação para todos os operadores de quaisquer instalações nucleares do país para que revisem suas posturas e critérios de segurança, à luz dos eventos de Fukushima, com ênfase em defesa em profundidade e mecanismos de prevenção e mitigação de consequências de eventos adversos e severos em geral. No plano os riscos externos tais como eventos sísmicos, enchentes, incêndios, furacões, etc. devem ser considerados e planos de emergência atualizados.

## Estados Unidos

País	Usinas em Operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em Construção	Capacidade em Construção (MW)	Energia Gerada 2014 (TWh)	% do total Gerado em 2014
<b>Estados Unidos</b>	<b>100</b>	<b>99.081</b>	<b>5</b>	<b>5.633</b>	<b>797,067</b>	<b>19,5</b>

U.S. Commercial Nuclear Power Reactors—Years of Operation



Source: U.S. Nuclear Regulatory Commission

Localização e idade aproximada das usinas nucleares americanas em operação

A capacidade instalada bruta se reduziu em 2013 (junho) para 99.313 MW devido ao fechamento de 4 centrais (Kewaunee em Wisconsin; Crystal River-3 na Florida e San Onofre-2 e -3 na Southern California) devido às condições econômicas das usinas (não seria econômico remodelá-las) e da região onde estão instaladas (o consumo não cresceu como esperado). A retomada da construção da usina Watts Bar-2 no Tennessee (PWR 1.160 MW) hoje emprega 3.300 trabalhadores da TVA Co. (Tennessee Valley Authority

Company). O projeto experimentou aumento de custos e atrasos de cronograma, mas a entrega do combustível nuclear de fornecimento Westinghouse já foi autorizada pelo NRC e o início de operação está previsto para 2015.

Em 2013 teve início a construção dos primeiros modelos AP1000 nos Estados Unidos (o modelo foi aprovado no país pelo NRC em fevereiro de 2012) com as usinas Vogtle 3 e 4, no estado da Geórgia, as primeiras unidades americanas novas em mais de 33 anos, com previsão de operação em 2018 e 2019 respectivamente. Segue-se neste contexto de novas construções as duas unidades novas na Central de Summer **com 2 (dois) reatores AP1000** (operador SCE&G), na Carolina do Sul. A primeira deve entrar em operação em 2017 e a segunda em 2019. Assim chega-se a 5 novos reatores em construção com capacidade instalada de bruta de 6218 MW.

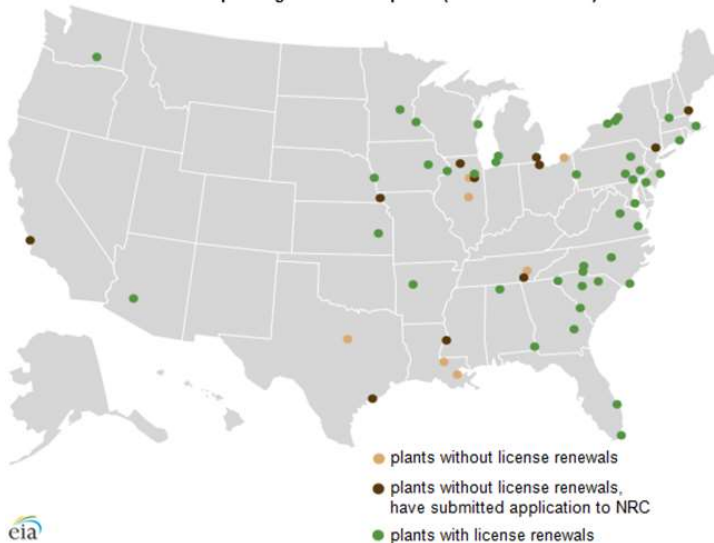
Houve nos últimos anos um grande aumento de capacidade instalada nos EUA devido à ampliação da capacidade das usinas que chegou, em maio de 2015, a 7.326 MW ainda que nenhuma nova unidade tivesse sido construída. Isto representa mais de 4 vezes a futura Angra 3 (1.405 MW) em construção no Brasil. Neste processo algumas usinas chegaram a aumentar sua potência em várias ocasiões diferentes, já tendo sido analisadas 148 solicitações. Ainda estão pendentes de análise outras 14 solicitações (1.000 MW) e outras 3 poderão acrescentar 180 MW ao sistema até 2017.

Cita-se também o programa para a escolha de novos sítios para a localização de usinas nucleares nos Estados Unidos (“Nuclear Power 2010”). Neste contexto existem 30 usinas novas em processo de licenciamento com suas COL (Construction and Operation License) em avaliação pelo órgão licenciador – o NRC.

Outro fato relevante a ser citado é o aumento da vida útil das usinas que está sendo estendida para 60 anos. Neste caso já **são 80 unidades** com vida útil ampliada, equivalente a **mais de 70.000 MW** funcionando por mais vinte anos, sem os custos de capital para a construção. Existem ainda outras usinas em processo de ampliação de vida no NRC – Nuclear Regulatory Commission, e outras que já iniciaram o processo, mas não ainda não concluíram o envio de toda a documentação necessária. Sob este ponto de vista, nos últimos 10 anos os americanos acrescentaram uma capacidade equivalente a mais de 30 novos reatores grandes operando por 40 anos.

Em 18 de agosto de 2011 a diretoria da TVA aprovou a retomada da construção da unidade 1 (1260 MW - PWR) da Central Bellefonte no estado do Alabama. A construção dos reatores Bellefonte foi suspensa nos anos de 1980 quando a unidade 1 estava a 90% completo e unidade 2 em 58% completa. Atualmente não há um cronograma válido para

License renewal status of operating U.S. nuclear plants (as of October 2014)



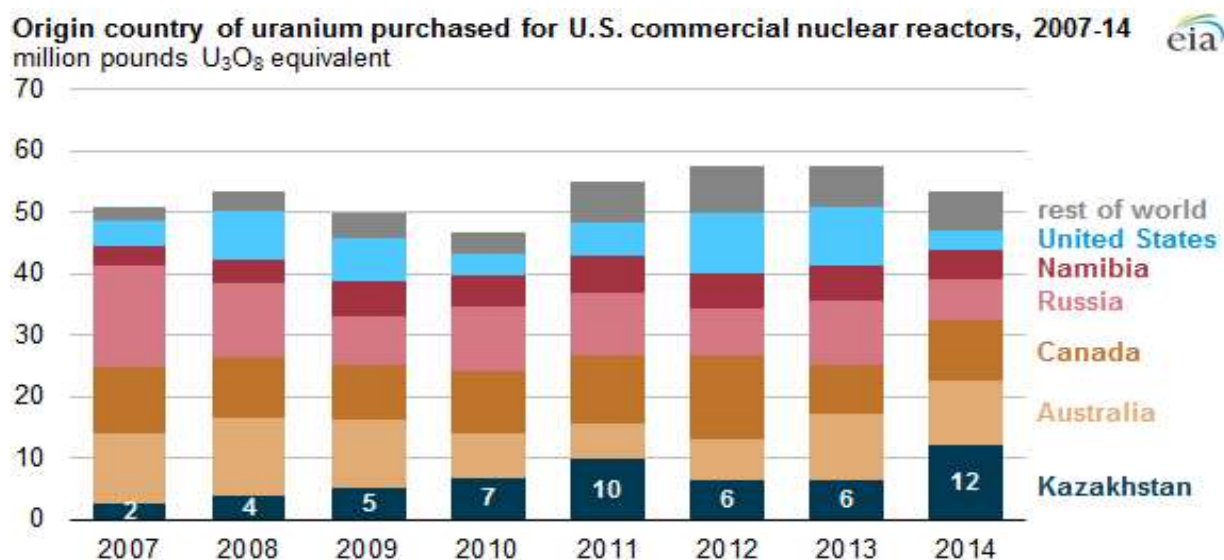
colocar as usinas em operação. A construção havia sido interrompida devido à queda na demanda por energia e aos custos. A estimativa atual de custo é de 4,9 bilhões de dólares. O reator é um PWR de fabricação do Babcock & Wilcox e os serviços de engenharia e construção já foram contratados à AREVA. A usina cujas obras estão em cerca de 50% completas deverá estar pronta entre 2018 e 2020, sendo que as atuais obras só se iniciam quando o combustível de Watts Bar-2 (atualmente em construção) estiver carregado, para não acumular construção de 2 usinas simultaneamente. Já estão trabalhando neste projeto 300 empregados da AREVA, todos baseados nos Estados Unidos.

### Central de Vogtle 3

Outra preocupação americana é com o combustível para o seu parque. Neste sentido o NRC autorizou a operação (junho 2010) das novas cascatas na fábrica da Urenco no Novo México. Este é o primeiro enriquecimento americano pelo processo de centrifugação a gás.



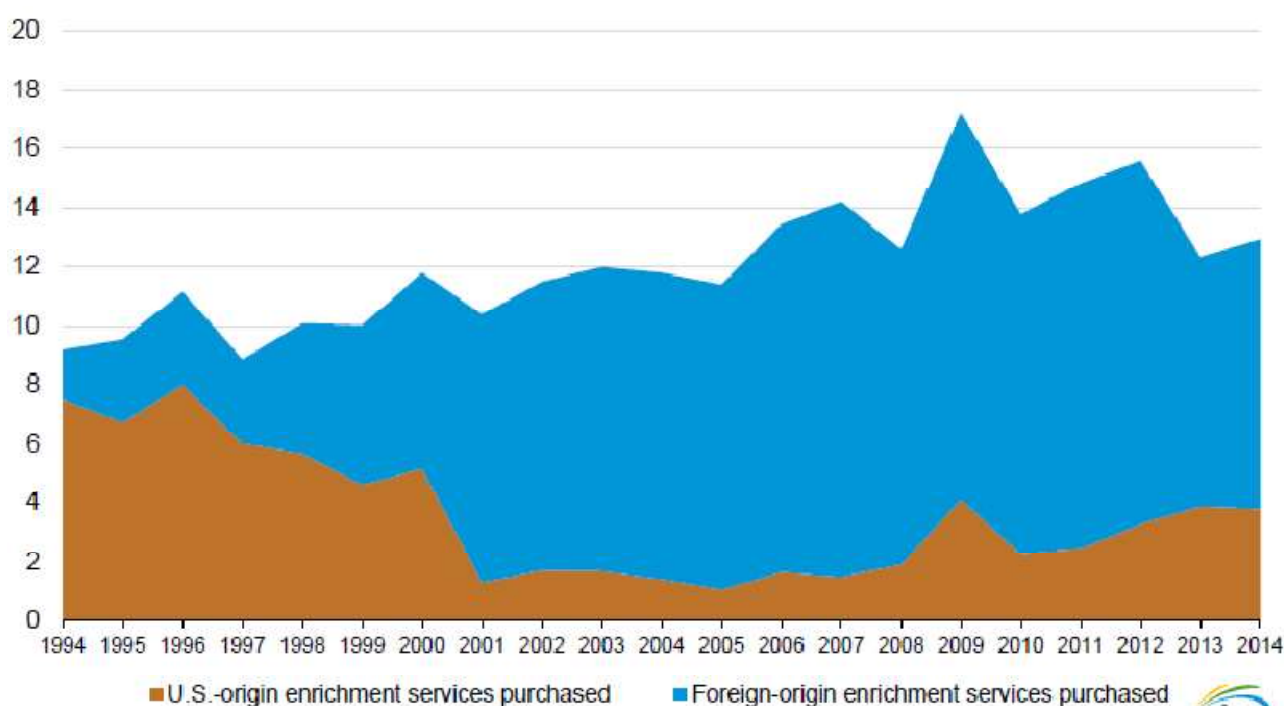
O Cazaquistão se tornou o principal fornecedor de urânio para as 99 usinas operacionais em 2014, com o fornecimento de 12 milhões de libras peso, ou 23%, dos 53,3 milhões de libras de urânio adquiridos pelos proprietários e operadores de reatores norte-americanos. Este nível é quase o dobro dos 6,5 milhões de libras de urânio origem cazaque-adquiridos em 2013. Em anos anteriores, Austrália, Canadá e Rússia foram os principais fornecedores de urânio para os Estados Unidos. A quantidade de origem norte-americana de urânio comprada em 2014 diminuiu 65% em comparação com 2013.



**Source:** U.S. Energy Information Administration, *Uranium Marketing Annual Report 2014*

Os preços médios de urânio do Cazaquistão têm sido menor do que os preços dos outros principais países fornecedores para os últimos dois anos. Urânio do Cazaquistão foi 44,47 dólares por libra em 2014, comparado com o preço médio ponderado global de 46,65 dólares por libra para os 41,3 milhões de libras de urânio comprados de produtores fora do Cazaquistão em 2014.

Houve também o uso de combustível óxido misto de urânio e plutônio retirado de ogivas nucleares desativadas (existem cerca de 7 toneladas de plutônio disponível para tal fim) e testes estão em andamento na usina Browns Ferry da TVA que recebeu subsídio do Departamento de Energia americano (DoE) para usar este material em suas usinas de potência.



Sources: U.S. Energy Information Administration: 1994-2002-Uranium Industry Annual reports. 2003-14-Form EIA-858, "Uranium Marketing Annual Survey".



### Serviços de enriquecimento de urânio adquiridos pelo operadores/proprietários de reatores de energia nuclear civil dos EUA

O governo americano prevê um aumento da participação nuclear de 50GW até 2020. O plano prevê garantias de empréstimos no valor de US\$ 54 bilhões, que se seguem ao compromisso assumido pelo presidente Obama que pediu ao Congresso que aprove uma ampla lei sobre geração de energia e mudança climática (com as emissões de gases causadores do efeito estufa caindo 28% até 2020), com incentivos para que a energia limpa se torne lucrativa.

O acidente em Fukushima parece não ter afetado muito os ânimos nos EUA indo apenas até as revisões de segurança que todos os países estão realizando. Pesquisas de opinião entre os residentes próximos a centrais continuam muito favoráveis (80% pro atividades



das centrais). Na população em geral 68% dos americanos dizem que a segurança das usinas nucleares do país é alta. Esses valores devem ainda ficar mais favoráveis quando da divulgação do relatório do NRC e do Sandia National Laboratories (em avaliação por auditores independentes) com uma nova abordagem matemática sobre a dissipação de radiação nas usinas americanas em caso de derretimento do núcleo do reator. Os dados demonstram valores muito menores de radiação (da ordem de 30 para 1) para o meio ambiente e para o público em geral devendo se concentrar na área da usina.

Construção e pré-construção para novos reatores estão em andamento em 5 sítios, esperando-se que a capacidade instalada passe dos 101 GW em 2010 para 109 GW em 2020. Outro exemplo é o acordo que The Babcock & Wilcox Company e TVA assinaram no qual se definem os planos para projeto, licença junto ao NRC e construção de até 6 reatores modulares (SMR-Small Modular Reactor) no sítio de Clinch River- Roane County até 2020.

Segundo o presidente da consultoria Lacy Consulting Group (Bruce Lacy) as ameaças principais à energia nuclear nos EUA continuam sendo o tempo de construção, os custos de financiamento e o preço muito competitivo do gás, em especial, o gás de xisto, apesar das restrições ambientais a esta tecnologia.

O presidente do Nuclear Energy Institute- Marvin Fertel divulgou estudos nos quais **não há** perspectiva de aumento maior de custos para novas usinas nos Estados Unidos em razão de Fukushima uma vez que condicionantes derivadas do ataque terrorista de 11 de setembro de 2001 já haviam trazido modificações de segurança para esta indústria, que teve de instalar barreiras e modificações físicas variadas.

### **Resíduos / Rejeitos Nucleares**

Os Estados Unidos tem previsão de um repositório definitivo de grande porte para a deposição de rejeitos radioativos de alta atividade que atenderiam, além da guarda do combustível usado nas usinas de geração de energia elétrica, todo o combustível usado pelos reatores dos submarinos, porta aviões, e de qualquer outra instalação civil ou militar com reatores nucleares. Esse repositório seria em Yucca Mountain, Nevada. Em 2010, o NRC decidiu abandonar o licenciamento do projeto (após gastos mais de 9 bilhões de dólares). O NRC já definiu que tais resíduos podem ser armazenados com segurança no próprio sítio das centrais por pelo menos mais 60 anos após o término da vida útil da usina. Isto não resolve a questão dos resíduos dos armamentos nucleares, que consumirão nos próximos 30 anos mais de um trilhão de dólares em manutenção dos artefatos, compra de sistemas de substituição e modernização das bombas e ogivas existentes.

Em agosto de 2013 a Corte de Apelações do Distrito de Columbia ordenou que o NRC retomasse a revisão do pedido de licença para construir e operar o depósito de resíduos nucleares no sítio de Yucca Mountain, conforme solicitação do DoE. Com isto continua pendente a decisão de como e quando o país resolverá a questão dos seus resíduos nucleares. A política governamental americana pode estar se encaminhando para o reprocessamento do material irradiado.

## México

País	Usinas em Operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em Construção	Capacidade em Construção (MW)	Energia Gerada 2014 (TWh)	% do total Gerado em 2014
<b>México</b>	<b>2</b>	<b>1640</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9,311</b>	<b>5,64</b>

O México possui uma central nuclear com 2 usinas em operação (Laguna Verde 1 e 2 BWR, 820 MW, cada) localizadas em Vera Cruz, cuja produção de eletricidade, em 2014, foi de 9, 311 TWh ou 5,64% da energia elétrica do país.

A matriz elétrica é bem diversificada, com o gás suprimindo aproximadamente 55%, o óleo 16%, o carvão 10,5%, a hidroeletricidade 9,4% e a nuclear 4%, conforme dados da WNA para 2013.

O proprietário e operador da central é a empresa estatal Comision Federal de Electricidad (CFE) que tem o domínio (cerca de 2/3) da capacidade instalada no sistema elétrico mexicano, inclusive a transmissão e parte da distribuição.

O país tem planos de construir mais usinas nos próximos anos, sendo que a primeira deverá estar na rede em 2021. As usinas futuras (previsão de 10) deverão ter entre 1.300 e 1.600 MW com tecnologia a ser definida. A Coreia do Sul tem planos de participar deste desenvolvimento mexicano através de acordos e joint ventures, uma vez que o México pretende alcançar 35% de capacidade em energia limpa até 2024 (aí incluídas as novas nucleares).

O consumo de energia per capita é cerca de 1.800 kWh/ano. O país é o sétimo maior exportador mundial de petróleo, mas não possui minas de urânio em operação. O país tem ainda reatores de pesquisa e assinou acordos de cooperação com o Canadá na área de pesquisa e desenvolvimento. Todo o combustível nuclear no México é propriedade do governo, que também é responsável pela gestão dos resíduos. No caso da central Laguna Verde eles estão guardados no próprio sítio das usinas.



Laguna Verde – México (Imagem CFE)

O Secretário Mexicano de Energia - José Antonio Meade, o governador do Estado de Vera Cruz Javier Duarte (onde se localizam Laguna Verde 1 e 2), e os representantes da Comisión Federal de Electricidad, juntos com os técnicos da Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas (CNSNS) realizaram uma inspeção geral nas duas usinas mexicanas. Em relatório garantiram que as condições de operação da central não inspiram maiores cuidados e que a energia nuclear no México tem futuro, mesmo não se pretendendo construir nova central imediatamente.

Segundo o Secretário a tecnologia nuclear funciona muito bem no México, mesmo com o histórico de terremotos do país que, ele argumenta, tem soluções técnicas viáveis, lembrando ser mais difícil lidar com as questões sob a perspectiva política do tema. O Ministro de Energia do país Jordy Herrera recomendou a expansão nuclear como parte do plano estratégico 2026, mas devido às grandes reservas de gás natural do país e aos seus baixos preços a expansão nuclear é agora menos atraente e deverá ser protelada por mais de 3 anos.

O congresso mexicano apóia a tecnologia em níveis variados, dependendo do partido político.

O governo do México, através do Ministério da Energia é responsável pela armazenagem e escoamento de combustíveis nucleares e resíduos radioativos, independentemente da sua origem.

## A2 – América do Sul



Localização aproximada das usinas nucleares na América do Sul

### Argentina

País	Usinas em Operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em Construção	Capacidade em Construção (MW)	Energia Gerada 2014 (TWh)	% do total Gerado em 2014
<b>Argentina</b>	<b>3</b>	<b>1627</b>	<b>1</b>	<b>25</b>	<b>5,258</b>	<b>4,05</b>

A Argentina possui 3 usinas nucleares em operação (Atucha 1- PHWR, 335 MW, Atucha 2 PHWR, 692 MW e Embalse PHWR, 600 MW), cuja produção de eletricidade, em 2014, foi de 5,258 TWh ou 4,05 % da energia elétrica do país. No mesmo sítio de Atucha 1, em Lima, a cerca de 100 km de Buenos Aires, foi construída Atucha 2 que entrou em operação em junho de 2014 e se constrói o CAREM25 (PWR25MW).

O PHWR Embalse é de fornecimento canadense (reator CANDU) e os Atucha 1 e Atucha 2 são de fornecimento da Alemanha (KWU/Siemens e sucessoras). As obras de Atucha 2 começaram em 1981, foram paralisadas em 1987 e retomadas em 2006. A construção terminou em setembro de 2011 e a usina permaneceu em fase de testes pré operacionais até junho de 2014. Em julho de 2014 Atucha 2 (rebatizada 'Kirchner') foi conectada a rede elétrica argentina.

O reator CAREM25 - Central Argentina de Elementos Modulares, protótipo de reator de design argentino proposto pela empresa de tecnologia INVAP, que poderá ser usado como gerador de eletricidade (25 MWe), reator de pesquisa com até 100MWt ou dessalinizador com potência até 8 MWe em cogeração. O protótipo Carem deverá custar 446 milhões dólares. O cronograma prevê o início dos testes a frio em 2016 e o primeiro carregamento de combustível no segundo semestre de 2017. Ele se baseia em sistemas de segurança passiva, com todo o sistema de resfriamento primário num único vaso auto-pressurizado,

utilizando a convecção livre para circular o líquido de arrefecimento.

O país possui ainda cinco reatores de pesquisa (RA0; RA1; RA3; RA4; RA6) destinados a aplicações, treinamento de mão de obra, irradiação de materiais e produção de radioisótopos. A Argentina tem ainda o projeto do RA-10 (30MW) que irá repor o RA3 (de 1967), além de produzir radioisótopos, com previsão de operação em 2018.

Em junho de 2012 o país completou a produção da água pesada (600mt) necessária a operação inicial de Atucha 2, na central de Neuquen (Neuquen Engineering Services Co), conforme informou o Ministro de Planejamento.

O governo da Argentina assinou em agosto de 2011, um contrato com o Canadá (SNS-Lavalin- Candu Energy) para as atividades de ampliação de vida em mais 30 anos da usina Embalse que começou a operação comercial em janeiro de 1984. São 7 contratos no valor de 444 milhões de dólares (US\$ 240 milhões financiados pela Corporação Andina de



Fomento-CAF) que compreendem transferência da tecnologia canadense e desenvolvimento da indústria local para fabricação de componentes nucleares. O custo total do projeto é de US\$1.366 milhões (sendo que a diferença será gasta com contratações no mercado argentino. Pretende-se ainda aumentar a capacidade de geração da usina. Nesta linha, em agosto de 2010, foi contratado (empresa canadense L-3 Mapps) um simulador de escopo total para Embalse já objetivando o aumento de vida útil.

Aparência do Reator CAREM desenvolvido pela INVAP (Imagem: Invap) [http://www.invap.net/nuclear/carem/desc\\_tec.html](http://www.invap.net/nuclear/carem/desc_tec.html)

Além disto, o país, antes de começar uma concorrência internacional, está em conversações com vários fornecedores (Canadá, França, Rússia, China, Japão e USA) para a definição da tecnologia e/ou dos prazos de mais dois reatores de geração elétrica, sendo um deles provavelmente no sítio de Atucha. A Rússia (Rosatom) informou em outubro de 2012, através de seu diretor geral, Kirill Komarov, que sem dúvida irá participar da concorrência para suprimento da nova usina Atucha 3.

A política de diversificação energética empreendida pelo país reduziu fortemente a dependência de petróleo que existia nos anos de 1970, caindo de 93% para 42% em 1994 e estando atualmente em cerca de 52%.

Há também a previsão de construção de submarino de propulsão nuclear conforme informou a ministra da Defesa Nilda Garré em junho de 2010 usando esta mesma tecnologia que poderia operar já em 2015 (5 anos antes do projeto brasileiro).

O intercambio energético, principalmente com o Brasil, ocorre conforme a disponibilidade de cada país fornecer o insumo.

Os operadores de Atucha1 recebem treinamento no simulador da Eletronuclear em

Mambucaba - Angra dos Reis e os de Embalse são treinados no simulador da Hidro-Quebec na Central Nuclear de Gentile-2 no Canadá.

Em maio de 2013 foi assinado o acordo entre Argentina (INVAP) e Brasil (CNEN) para o fornecimento de engenharia básica para o RMB (reator multi propósito brasileiro). O reator será similar ao OPAL instalado pelos argentinos na Austrália.

Em janeiro de 2014 Argentina foi escolhida para assumir a presidência do Grupo de Fornecedores Nucleares – NSG (Nuclear Suppliers Group) para o período 2014-2015. A NSG é uma organização de 48 países focada em controlar a propagação da tecnologia nuclear por meio do comércio, evitando assim a proliferação de armas atômicas.

Argentina assinou acordos com a China em Novembro de 2015 para a construção da quarta (Atucha 3 -PHWR) e quinta usinas nucleares do país latino-americano. Os projectos estão orçados em cerca de US\$ 15 bilhões e China contribuirá com 85% do financiamento necessário. Os dois países acordaram também em cooperar na construção do projeto do reator chinês - Hualong One no país sul-americano. O acordo tem como objetivo a assinatura de um contrato-padrão para o projeto entre CNNC e NASA e para um contrato comercial a ser assinado até o final de 2016, além de um acordo de financiamento também antes do final de 2016. O projeto Hualong One se constitui da fusão dos projetos do ACP1000 da CNNC e do ACPR1000 da CGN realizada em 2012 na China. Os chineses também se comprometeram em investir US\$ 5 bilhões na construção de duas hidrelétricas na Argentina.

O acidente japonês e suas consequências estão sendo cuidadosamente analisados e comparados aos projetos de centrais na Argentina como parte do processo de melhora contínua das mesmas conforme informa a Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina (ARN) que poderá incorporar alguma modificação que considere pertinente. Devido à sua localização as usinas do país não estão sujeitas aos eventos do Japão segundo a ARN.

## Brasil

Pais	Usinas em Operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em Construção	Capacidade em Construção (MW)	Energia Gerada 2014 (TWh)	% do total Gerado em 2014
<b>Brasil</b>	<b>2</b>	<b>1.990</b>	<b>1</b>	<b>1.405</b>	<b>15,385</b>	<b>2,86</b>

O Brasil é décimo consumidor mundial de energia e a oitava economia em termos de produto interno bruto, sendo o segundo não pertencente à OECD, atrás apenas da China.

O Brasil tem duas usinas nucleares em operação (Angra 1- PWR, 640 MW e Angra 2 PWR, 1350 MW) cuja produção de eletricidade, em 2014, foi de 15,385 TWh ou 2,86% da energia elétrica do país e uma usina em construção (Angra 3 PWR, 1.405 MW) com obras iniciadas em 2010, após ampla negociação com a prefeitura de Angra dos Reis com respeito à licença de uso do solo e as compensações ambientais e sociais cujo montante de investimentos chega a 317 milhões de reais. A conclusão esta prevista para 2021.

Em 28 de setembro de 2013, completaram-se 13 anos desde que a usina Angra 2 atingiu 100% de sua potência nominal. A produção de energia elétrica da usina neste período

ultrapassou 115 milhões de MWh. Toda esta energia seria suficiente para abastecer a cidade do Rio por nove anos; São Paulo, por seis; e Brasília, por mais de duas décadas.

Brasil é eminentemente abastecido por energia hidrelétrica (66,91% de capacidade instalada). Espera-se um forte crescimento econômico até 2030, da mesma forma, grande aumento do consumo de energia elétrica.

Os planos de expansão da matriz elétrica brasileira (conforme dados da Empresa de Pesquisa Energética - EPE) prevêem além da construção de usinas com outras fontes de combustível, a construção de 4 a 8 usinas nucleares num horizonte até 2030, localizadas no



nordeste e no sudeste do país. Definições de sítios, tipos de reator e outras questões estão em estudos no país através da Eletrobras Eletronuclear e da EPE.

Em termos de combustível no Brasil as estimativas das reservas de Santa Quitéria (Ceará) chegam a 142,5 mil toneladas de urânio. O país tem ainda em produção a mina de Caetité (Bahia) que está ampliando a produção. Prospectar o território é o desafio que ainda precisa ser vencido, mas as expectativas são promissoras.

### Angra 3 – status de construção

O Brasil tem ainda quatro reatores de pesquisa, dois em São Paulo, um em Minas Gerais e um no Rio de Janeiro. O maior deles é usado para produzir radioisótopos, que são usados na indústria e na medicina. Dentre as diversas aplicações médicas desses elementos, destacam-se os marcadores em exames diagnósticos e os para tratamento de tumores.

O Brasil não é autossuficiente em radiofármacos, importando parte do que necessita principalmente o molibdênio-99. O fornecimento hoje é incerto com apenas quatro produtores principais: Argentina, Canadá, a Holanda e a África do Sul. A Argentina também pode ser fornecedor do material para o Brasil, podendo chegar a 30% do necessário. O Reator Multipropósito Brasileiro - RMB cujo projeto se encontra em fase de concepção e que ficará localizado em Iperó, ao lado do Centro Experimental Aramar, conforme a CNEN, será uma solução para este problema.

Em setembro de 2010 a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) aprovou proposta da Divisão de Radiofármacos do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), no Rio de Janeiro, para estudar a viabilidade de um método alternativo e mais econômico de produção do iodo-124. O radioisótopo vem sendo pesquisado em vários países para uso na tomografia por emissão de pósitrons (PET), considerado o exame de imagem mais moderno da atualidade.

Na área de formação de pessoal especializado a USP (Universidade de São Paulo) pretendia

criar um curso de engenharia nuclear na área vizinha ao RMB, mas o processo ainda está pendente. Este seria o segundo curso de engenharia nuclear em universidade pública no Brasil, o primeiro foi criado na UFRJ em 2010. Estes cursos abrangem a tecnologia nuclear como um todo e não somente a engenharia nuclear. Na UFRJ existe ainda um curso pós-graduação em nuclear na COPPE-UFRJ. Na Universidade Federal de Pernambuco há um curso de energia no qual também é tratada a parte nuclear da geração de energia.

O Brasil e a Argentina em 2011 resolveram ampliar seu acordo de cooperação nuclear, assinado em 2008, para a construção de dois reatores de pesquisa. Esses reatores serão tipo multipropósito e serão usados para a produção de radioisótopos, testes de irradiação de combustíveis e materiais e pesquisas de nêutrons.

Em julho 2012 foi iniciado o projeto básico de engenharia do Submarino com Propulsão Nuclear Brasileiro – SN BR. Este projeto básico deve levar três anos após a qual se inicia a fase do projeto detalhado, simultaneamente com a construção do submarino, em 2016, no estaleiro da Marinha que está sendo construído em Itaguaí (RJ). O contrato chega a 21 bilhões de reais. O término da construção para a operação experimental do reator nuclear e da respectiva planta de propulsão (LABGENE) está estimado para 2014. A conclusão da construção do primeiro SNBR está previsto para 2020. O governo brasileiro aprovou em agosto de 2012 a criação da empresa estatal Amazônia Azul – AMAZUL destinada a promover, desenvolver, absorver, transferir e manter as tecnologias necessárias ao programa nuclear e as atividades relacionadas aos trabalhos da Marinha quanto à propulsão do submarino nuclear. A AMAZUL também deverá ajudar a criar novas empresas para o setor nuclear oferecendo assistência técnica se necessária.

Com respeito às consequências do acidente nuclear em Fukushima, após revisões técnicas a Eletronuclear, empresa que constrói e opera as usinas nucleares brasileiras, iniciou as ações para reduzir possíveis riscos que as usinas puderem estar submetidas no caso de acidente severo.

Com base nos conhecimentos atuais, um evento similar ao japonês não poderia ocorrer no Brasil porque o país está distante das bordas da placa tectônica que o abriga, as placas do Atlântico Sul e da África se afastam enquanto as do Japão se chocam e o tipo de sismo do Atlântico Sul não provoca tsunamis.

## **Chile**

O Chile importa 70% de sua energia sendo a maior parte produzida por hidrocarbonetos. O país não possui reatores nucleares de potência, mas tem dois reatores de pesquisa. O país tem desenvolvido estudos para verificar a possibilidade de construir uma usina de geração de energia e está cooperando com a AIEA em programas de autoavaliação para se preparar para as novas construções.

Em fevereiro de 2011 foi assinado acordo de cooperação nuclear com a França com foco em treinamento nuclear dos cientistas e profissionais chilenos, incluindo projeto, construção e operação de centrais nucleares de potência. O acordo também inclui mineração de urânio para suprir os reatores franceses.



O Ministro de Minas e Energia chileno, Laurence Golborne, atesta que o Chile dobrará sua necessidade de energia nos próximos 15 anos. O país vem tentando equilibrar suas fontes de energia que nos anos noventa era baseada em hidroeletricidade. Estas fontes precisam ser diversificadas devido, principalmente, às secas ocorridas nos últimos anos (reservatórios vazios) que gerou instabilidade de suprimento de energia elétrica. A solução do gás natural não atendeu a esta necessidade e o país está se voltando para a energia nuclear.

Após o acidente de Marçõ no Japão, o Chile não mudou de opinião sobre a energia nuclear e vem demonstrando através de seu presidente - Sebastián Piñera que energia nuclear e terremotos não são excludentes. Esta posição do governo se deve a preocupação forte com a escassez de energia no país e a experiência acumulada com a operação de 2 reatores de pesquisa (desde os anos 70) que são usados para estudos médicos. Tais reatores resistiram aos fortes terremotos que já assolaram o país. Novos estudos em energia nuclear estão em andam

A maioria da população chilena não apoia esta posição.

## **Outros Países Centro e Sul Americanos**

### **Venezuela**

A Venezuela não possui centrais nucleares, mas o campo nuclear não é completamente desconhecido pelo país. O Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, IVIC operou um reator de pesquisa de 3MWt de 1964 até 1994 para a produção de radioisótopos para a indústria, medicina e agricultura.

Em Novembro de 2010 a Assembléia Nacional do País ratificou um acordo de cooperação com a Rússia para trabalhar um reator de pesquisa e um reator de potência. O acordo prevê o desenvolvimento de pessoal com treinamentos em segurança, proteção ambiental, regulação, proteção radiológica e de salvaguardas, mas por hora o país não demonstra outros interesses na energia nuclear.

### **Bolívia**

A Bolívia instalará um centro de pesquisa nuclear com tecnologia russa e aporte argentino nos próximos quatro anos, a um custo de US\$ 300 milhões, anunciou o presidente Evo Morales em declaração de imprensa. O mandatário especificou que o complexo nuclear terá uma usina de ciclotron-radiofármacos, uma usina de radiação gama e um reator nuclear de pesquisa

O governo boliviano e a corporação estatal russa Rosatom assinaram em outubro de 2015 um acordo para desenvolver energia nuclear com fins pacíficos, um projeto que deve ser concluído até 2020. Desde 2014, quando o plano tomou forma, o governo assinou acordos com essa finalidade com seus pares França e Argentina, enquanto a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) prometeu assistência para aplicar padrões de segurança mundial exigidos.

A Corporation Mining da Bolívia (Comibol) deveria definir e desenvolver recursos de urânio

em Potosi, na província de Tomas Frias e na província de Santa Cruz. No entanto, em Novembro de 2015, o governo disse que não iria prosseguir com a mineração de urânio e iria importar combustível nuclear da França, Canadá e Austrália.

## **Cuba**

Em 1976, encorajada pela União Soviética, um par de reatores VVER-440 foi planejada em Jaraguá na costa sul. Uma pequena cidade, Ciudad nuclear foi parcialmente construída nas proximidades e aberta em 1982. Após o colapso da União Soviética, o projeto foi suspenso em 1992, após 1,1 bilhão de dólares terem sido gastos. Em 1996, Cuba e Rússia discutiram revivê-lo, e Cuba também procurou sem sucesso outros parceiros. Em 2000 os dois países abandonaram o projeto. Os reatores deviam ser V-318, com base em V-213, com a contenção completa. Siemens seria o fornecedor dos sistemas de I & C. O primeiro reator foi fornecido e 37% do equipamento foi instalado, com grande parte da construção civil completa. A principal turbina foi usada em outro lugar.

## **Peru**

O Peru tem alguns recursos de urânio. A avaliação econômica preliminar dos depósitos Macusani sugere baixos custos de produção (US\$ 17,28 por libra peso) ao longo de uma vida útil da mina de dez anos. A mineração pode ser tanto a céu aberto quanto uma pequena quantidade subterrânea de três jazidas - Colibri, Kihitian e Isivilla - que iriam alimentar uma lixívia central, produzindo cerca de 1900 tU por ano. Uranium Plateau (anteriormente Macusani yellowcake Inc) de Toronto, em meados de 2014, adquiriu a holding Recursos Adyacentes no Macusani Plateau, no sudeste do Peru e está tomando medidas no sentido de desenvolver o projeto consolidado.

Em novembro de 2014, durante uma visita do governo russo alguns acordos foram assinados na cooperação nuclear. Governo Rússia está disposto a oferecer a sua experiência e tecnologia moderna para ajudar o Peru a se desenvolver nas áreas de energia nuclear, ciência nuclear e medicina. Por seu lado Peru vai fornecer produtos agrícolas e peixes. O comércio entre os países aumentaram 2,5 vezes em volume, nos últimos 5 anos.

## **Equador**

Em agosto de 2009 o governo equatoriano assinou um acordo de cooperação nuclear com Rosatom da Rússia com vista a desenvolver um programa de energia nuclear e projetos relacionados.

## **Paraguai**

Paraguai não é conhecido por ter quaisquer ambições nucleares, mas tem algum urânio. Em maio 2015, foi concedida aprovação regulamentar para avançar no seu projeto Yuty de lixiviação de urânio in-situ no sudeste do Paraguai à empresa UEC - Uranium Texas Energy Corporation (UEC).

## B – Europa



Localização aproximada das usinas nucleares na Europa

A energia nuclear representa 30% da eletricidade suprida na União Europeia como um todo. A política nuclear difere de país para país e em alguns (ex. Áustria, Irlanda, Estônia) não há nenhuma usina de geração em operação. Em comparação a França tem grande número de usinas em 19 sítios diferentes. A Europa não tem fontes significativas de urânio e 80% de do combustível de alimentação das plantas europeias vêm da Rússia, Cazaquistão, Canadá, Austrália e Níger. A União Europeia importa 40 por cento do combustível nuclear que consome e 95 por cento do urânio necessário para a produção de combustível.

O Conselho Europeu (The European Council) adotou norma quanto à gestão de resíduos radioativos de qualquer fonte e combustível irradiado e solicitou que os estados membros informem quais são os respectivos programas nacionais para lidar com o tema até 2015. Os países terão que definir se vão guardar ou reprocessar seus resíduos e como o farão, quanto vai custar, etc., não podendo mais aplicar a política de “esperar para ver” (waiting and see) utilizada até aqui. Países poderão se unir para uma solução, mas ela terá que ser verificada e aprovada pela AIEA. Não será permitido exportar seus resíduos para países que não disponham de repositórios adequados nem para os países da África, do Pacífico, do Caribe e para a Antártica (<http://ec.europa.eu>).



A União Europeia tem 130 reatores nucleares de potência em operação em 14 países e muitos deles estão buscando a extensão de suas vidas úteis. Após o acidente de Fukushima a União Europeia (UE) através de diversas entidades estabeleceu um plano de verificação da segurança das centrais no bloco, mantendo a segurança energética. Estes testes começaram em junho e são compostos de três fases:

- 1- uma pré-avaliação é feita pelo operador ao responder a um questionário da UE,
- 2- parte as respostas são avaliadas pelo órgão regulador do país e
- 3- a avaliação é realizada por um comitê de especialistas internacionais. Existem 19 novos reatores em construção no continente.

A Europa não tem fontes significativas de urânio e 80% do material que alimenta as usinas europeias vem da Rússia, Cazaquistão, Canadá, Austrália e Níger.

As questões dizem respeito a: capacidade de resistir a desastres naturais tais como terremotos, tsunamis, enchentes ou outras condições naturais extremas; ser capaz de resistir aos eventos provocados pelo homem, sejam elas por terrorismo ou descuido (explosões, queda de avião, incêndios); e as medidas preventivas que são tomadas para evitar e/ou mitigar esses eventos.

Em junho de 2011 a Foratom- Associação da Indústria Nuclear Europeia emitiu um relatório de estudo para auxiliar a estabelecer a base de uma matriz energética segura, competitiva e de baixa emissão de gases-estufa no continente nos próximos 40 anos, no qual concluiu que qualquer seja o cenário para alcançar o objetivo de baixa emissão neste prazo, todos precisam incluir a energia nuclear. Em 4 de outubro de 2012 a Comissão Europeia Pós-Fukushima listou as principais recomendações para a melhoria da segurança das usinas na Europa decorrentes dos testes de estresse realizados. No seu relatório ao Conselho e ao Parlamento Europeu foram resumidos os resultados de 18 meses de avaliações de segurança e risco abrangentes em 145 unidades de energia nuclear na UE, e traçando planos para ações subsequentes.

Os operadores de usinas nucleares terão que investir um valor entre 10 e 25 bilhões de euros (atualmente entre 13 e 32,5 bilhões de dólares) para fazer atualizações de segurança recomendadas pelo teste de estresse pós-Fukushima da UE e do processo de revisão por especialistas. As recomendações foram as seguintes:

- A análise sísmica do sitio nuclear deve ser baseada em terremotos com uma probabilidade de menos de uma vez em 10.000 anos, levando em consideração o terremoto mais grave durante esse período.
- A mesma abordagem de 10.000 anos deve ser usada para graves inundações.
- A resistência sísmica deve ser calculada usando um pico de aceleração mínima do solo de 0,1g, e o projeto da planta deve ser capaz de resistir a um terremoto que produzir aceleração. Esta é uma recomendação da AIEA.
- Os equipamentos necessários para lidar com os acidentes devem ser armazenados em locais devidamente protegidos contra eventos externos.
- Deve ser instalada ou melhorada a instrumentação sísmica do local.
- O projeto da planta deve dar aos operadores pelo menos uma hora para restaurar as funções de segurança após a falta de energia e / ou perda de refrigeração.
- Os procedimentos operacionais de emergência devem cobrir todos os estados da planta.
- As diretrizes de gestão de acidentes severos também deve abranger todos os estados da planta.
- As medidas passivas, como recombinadores passivos de hidrogênio (H<sub>2</sub>) "ou alternativas relevantes" devem estar disponíveis no local para evitar explosões de hidrogênio ou outros gases combustíveis em caso de acidentes severos.
- Os sistemas de ventilação devem estar disponíveis para filtrar adequadamente a contenção.
- Um backup da sala de controle de emergência deve estar disponível no caso de a sala de controle principal se tornar inabitável devido à radiação, incêndio ou perigos externos

extremas.

## **Alemanha**

País	Usinas em Operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em Construção	Capacidade em Construção (MW)	Energia Gerada 2014 (TWh)	% do total Gerado em 2014
<b>Alemanha</b>	<b>8</b>	<b>10.793</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>91,78</b>	<b>15,8</b>

A Alemanha tem uma capacidade elétrica instalada total de 161.570 MW, com uma capacidade nuclear de 10.793 MW nas 8 usinas autorizadas a operar (existem 17 usinas, mas apenas 8 efetivamente geram energia, visto que nove delas- Grafenrheinfeld, Krümmel, Brunsbüttel, Biblis A e B, Isar 1, Neckarwestheim 1, Unterweser e Phillipsburg 1- se encontram desligadas por razões políticas e legais do país). Foram gerados por fonte nuclear 91,78 TWh em 2014, o que representou 15,8% da energia gerada no país.

O custo para substituir a energia elétrica gerada pelas usinas nucleares alemãs em funcionamento por energia renovável seria alto necessitando de subsídios do governo da maior economia da Europa. A matriz elétrica do país é diversificada com o carvão representando aproximadamente 50%, o gás 12%, o vento 6%, e outras fontes completam o quadro, além dos mais de 15% de nuclear.

A produção de energia a partir de fontes nucleares diminuiu devido ao desligamento permanente da usina nuclear de Grafenrheinfeld na Primavera de 2015.

De acordo com Nucnet de julho 2015 - As usinas Nucleares alemãs continuam fornecendo energia de base para o sistema de abastecimento de energia do país. As nucleares atendem cerca de 16 a 17 por cento do fornecimento de energia total e cerca de um terço do abastecimento de carga de base. No entanto, existem diferenças regionais. Na Baviera, por exemplo, a nuclear respondeu por quase 50 por cento do poder oferta total em 2014. As centrais nucleares não atingirem os seus níveis elevados de produção anteriores porque a sua geração está sendo ajustada para compensar as energias renováveis.

Também não está claro como o país cumprirá seus compromissos de reduzir as emissões nacionais de CO<sub>2</sub> se desativar todos os seus reatores. Os alemães subsidiaram fortemente a energia solar e também fizeram uma grande aposta na energia eólica, e em ambos os casos contando com o apoio, em caso de falta de sol ou vento, de eletricidade importada de fontes nucleares na França, República Checa e Rússia.

Atualmente o país planeja construir uma longa linha de transmissão desde a Suécia para importar energia de base produzida pelos reatores nucleares daquele país. Uma vez que o consumo interno é de 6.300 kWh/ano per capita (cerca de 3 vezes o brasileiro) e não diminuiu esta se tornou uma questão de difícil solução. É injusto se considerar livre de energia nuclear quando, na prática, há uma terceirização das usinas nucleares.

Em 2010, depois de demoradas discussões no congresso, foi aprovada a proposta que previa que os reatores pudessem operar por mais 8 ou 12 anos dependendo da idade da usina em vez do término previsto para 2022 das usinas existentes.

Com esta proposta algumas usinas operariam por mais de 50 anos. Após o acidente de Fukushima, mais uma vez o governo da Alemanha mudou de opinião, revertendo a posição tomada em 2010 de extensão da vida útil das usinas. Todas as usinas foram desligadas por 3 meses para testes de segurança. As 8 usinas mais antigas não foram religadas. As demais serão fechadas conforme cronograma da planilha. Com isso 10% da energia do país deixou de ser gerada e bilhões de dólares em investimentos se perderam.

Reatores Alemães							
Usina	Tipo	MWe (liq.)	operação Comercial	Operador	fechamento	Data acordada em 2010	& possível plano de fechamento
					2001 2008		
Biblis-A	PWR	1.167	fev/75	RWE	2008	2016	sim
Neckarwestheim-1	PWR	785	dez/76	EnBW	2009	2017	sim
Brunsbüttel	BWR	771	fev/77	Vattenfall	2009	2018	sim
Biblis-B	PWR	1.240	jan/77	RWE	2011	2018	sim
Isar-1	BWR	878	mar/79	E.ON	2011	2019	sim
Unterweser	PWR	1.345	set/79	E.ON	2012	2020	sim
Phillipsburg-1	BWR	890	mar/80	EnBW	2012	2026	sim
Kruemmel	BWR	1.260	mar/84	Vattenfall	2016	2030	sim
Grafenrheinfeld	PWR	1.275	jun/82	E.ON	2014	2028	2015
<i>Fechamento Total (9)</i>		<b>9.611</b>					
Gundremmingen-B	BWR	1.284	abr/84	RWE	2016	2030	2017
Gundremmingen-C	BWR	1.288	jan/85	RWE	2016	2030	2021
Grohnde	PWR	1.360	fev/85	E.ON	2017	2031	2021
Phillipsburg-2	PWR	1.392	abr/85	EnBW	2018	2032	2019
Brokdorf	PWR	1.370	dez/86	E.ON	2019	2033	2021
Isar-2	PWR	1.400	abr/88	E.ON	2020	2034	2022
Emsland	PWR	1.329	jun/88	RWE	2021	2035	2022
Neckarwestheim-2	PWR	1.305	abr/89	EnBW	2022	2036	2022
<b>Total em operação (8)</b>		<b>10.728</b>					
<b>Total (17)</b>		<b>20.339</b>					

Os operadores que tiveram suas usinas fechadas tempestivamente pelo governo alemão em março de 2011 (potência de 8.336 MWe) protestam veementemente quanto aos lucros cessantes e a incapacidade que terão de atender ao seu mercado.

Segundo a E.ON (Vice-Chairman Ralf Gueldner) o custo total desta decisão chegará a 33 bilhões de euros, isso sem considerar os custos de novas linhas de transmissão que sistemas substitutos de geração necessitarão e os custos dos possíveis racionamentos de energia que enfraquecerão a indústria do país. O conseqüente aumento das emissões de carbono (estimado em pelo menos 70 milhões de toneladas métricas) também trará conflitos com os países vizinhos na UE. Será inevitável a importação de energia de fonte fóssil e/ou mesmo nuclear, o que mina a credibilidade de tal política. A mesma opinião da E.ON é compartilhada pelo Ministro da Indústria francês Eric Besson, que declara que o

país vizinho será mais dependente de importações de energia e mais poluente, lembrando que a população alemã hoje já paga o dobro do valor pago pela francesa pela energia elétrica, será ainda mais penalizada.

A reação da Alemanha ao acidente de Fukushima em 2011 foi de extrema e sem consulta ou referência a conselho regulador independente sobre a segurança das plantas e as ordens foram executados pelos estados alemães que abrigavam os reatores.

Em 14 Janeiro de 2014 o Supremo Tribunal Administrativo alemão considerou ilegal o encerramento forçado da Central de Biblis (2 reatores), uma central nuclear da operadora RWE, após o acidente de Fukushima. A RWE agora poderá processar o estado por danos consideráveis, e a decisão pode abrir um precedente para os outros proprietários de reatores que foram igualmente desligados. A decisão do Supremo Tribunal Administrativo, em Leipzig é juridicamente vinculada e não pode ser objeto de mais nenhum recurso.

Os dirigentes das empresas pretendem acionar judicialmente o governo pelo que classificam como confisco de seus rendimentos, visto que o regulador da atividade declarou que as usinas são seguras e que a energia dos reatores ora fechados já havia sido vendida.

O custo da energia elétrica na Alemanha, após o fechamento das usinas antigas, já aumentou 12% e as emissões de carbono mais de 10%. Segundo estimativas do próprio Ministério de Meio Ambiente e Conservação da Alemanha, mesmo que a percentagem de energias renováveis dobrasse, seria ainda necessário investir 122 bilhões de euros no setor nos próximos 10 anos, sem contar os investimentos em linhas de transmissão, centrais a gás de “back up” das renováveis, subsídios variados para atração dos investidores, etc.

Segundo o Instituto de Pesquisas Econômicas da Alemanha os custos podem chegar a 200 bilhões de Euros. É esperada a perda de empregos diretos (11.000 na E.On e outros 8.000 na RWE) da indústria nuclear alemã conforme informam seus dirigentes e um corte forte nos dividendos.

As decisões políticas na Alemanha, embora importantes, são movidos por forças políticas nacionais – O dano real para as pessoas ou para o ambiente causado pela fonte nuclear tem sido extremamente baixo, especialmente se comparado com os registros de outras fontes de energia atualmente em uso generalizado.

A Voerde Aluminium, terceira maior produtora de alumínio da Alemanha, anunciou sua falência em 8 de maio de 2012, em decorrência da redução dos preços do alumínio combinada com custos de produção crescentes. Este foi "um indicador do processo gradual de desindustrialização", disse Ulrich Grillo, presidente da entidade comercial da Alemanha para a indústria metal, WirtschaftsVereinigung Metalle (WVM). "A Produção de metais, especialmente alumínio, está em risco na Alemanha devido a elevados preços da eletricidade que não são mais competitivos internacionalmente", disse Grillo.

Usuários alemães de mais de 20 GWh por ano pagam 11,95 centavos de euro por kWh, em comparação com 6,9 centavos de dólar na França, de acordo com dados do energy.eu

de novembro de 2011. Entre os 27 países da UE, apenas Chipre, Itália, Malta e Eslováquia têm preços mais altos para os consumidores pesados de eletricidade.

O WVM pediu ao governo alemão para implementar urgentemente medidas para proteger indústria intensiva de energia dos elevados de custos de eletricidade e para incentivar as empresas de metal a reduzir as emissões de dióxido de carbono de seus processos de produção. A indústria não deve ser penalizada, disse Grillo, por causa do "preço da eletricidade crescente, que resultam claramente do sistema de apoio do Estado às energias renováveis, especialmente a energia fotovoltaica."

Os subsídios têm estimulado empresas de energia e donos de imóveis a adicionar cerca de 25 GWe de capacidade solar, principalmente nos últimos cinco anos. Isso produziu 2,4% do poder de geração da Alemanha nos 12 meses até fevereiro, de acordo com estatísticas da Agência Internacional de Energia (IEA), enquanto os 12 GWe restantes da capacidade nuclear representaram 15,3%. De longe, a maior parte da energia alemã vem de combustíveis fósseis, cerca de 71%. Os dados da AIE mostra também que a exportação de energia alemã caiu 0,9% no ano até fevereiro de 2012, e a importação subiu 7,7%.

Em junho de 2012 uma pesquisa mostrou que 77 por cento dos alemães estão mais preocupados com a manutenção de eletricidade acessível do que o abandono da energia nuclear. A pesquisa foi realizada por votação grupo TNS Emnid em nome da 'Iniciativa para uma Nova Economia de Mercado Social', que é financiado principalmente pelos empregadores na indústria metal.

Os subsídios médios recebidos pelas novas plantas eólicas, de biomassa e fotovoltaica média foram de 12 centavos de euro por kWh, mas variam de acordo com a tecnologia: usinas eólicas em terra recebem o mínimo - 8,9 centavos de euro por kWh - e Eólica no mar o máximo de 19,4 centavos de euro por kWh. O ministro de Energia e Meio Ambiente da Alemanha, Peter Altmaier, admitiu que o *Energiewende* - Transição de energia em alemão - poderia eventualmente custar até 1 trilhão de euros, com as tarifas de apoio (feed-in) as energias renováveis representando, possivelmente, mais de dois terços do custo dessa energia. (NEI- 06 de agosto de 2014)

Com a decisão da Alemanha de fechar suas usinas nucleares após a crise de Fukushima, devido ao "**risco iminente de tsunamis na Baviera**", e como resultado, sua queima de "carvão limpo" - também conhecido apenas como carvão - subiu 6,5% em 2013 em relação ao valor já aumentado em 2012. Isso ocorreu apesar de um corte maciço em suas exportações de energia elétrica a outros países europeus. Uma estimativa sugere que, em 2020, a Alemanha produzirá um acréscimo de 300 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, como resultado de seu fechamento nuclear: o equivalente a quase todas as economias que serão realizadas nos 27 Estados-membros, como resultado de diretiva a eficiência energética da EU.

Enquanto isso, contraditoriamente a esta política dita de segurança, a Alemanha continua mantendo uma quantidade muito significativa de armas nucleares em seu território, operadas, em sua maior parte, pela OTAN.



## Resíduos / Rejeitos Nucleares

No que tange à política de resíduos nucleares, existem na Alemanha 2 depósitos definitivos, para resíduos de baixa e média atividade. O de Morsleben, que foi construído ainda pelo governo comunista da antiga RDA e o de Konrad licenciado em 2002 e liberado definitivamente em 2007.

O governo federal alemão e 24 estados federais do país chegaram a acordo sobre a estrutura para a elaboração de uma lei de seleção do local para resíduo nuclear de alta atividade. O ministro alemão do Meio Ambiente Peter Altmaier informou em um comunicado 9 de abril de 2013 que o governo espera que a lei de escolha do local possa ser aprovada antes do recesso do Parlamento alemão de verão, em julho 2013. O governo federal e os estados também concordaram que os novos transportes de combustível nuclear usado podem ser enviados para a mina de sal de Gorleben. O sítio de Gorleben está sendo usado como um local de armazenamento temporário, mas que o uso sofre oposição.

## Armênia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	energia gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
<b>Armênia</b>	<b>1</b>	<b>375</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2,266</b>	<b>30,7</b>

Armênia é uma ex república soviética com cerca de 3,2 milhões de habitantes. O país possui uma usina em operação - Armênia 2 (PWR, 375MW), localizada em Metsamor, em operação desde 1980. Tem também uma usina fechada permanentemente desde 1989, após um terremoto em 1988. No ano de 2014 a única usina em operação no país produziu 2,266 TWh de energia elétrica o que representou 30,7% da energia elétrica gerada no país.

O país é particularmente dependente da Rússia quanto ao seu comércio e à distribuição de energia cuja única empresa foi comprada pela empresa russa RAO-UES em 2005. O gás natural é basicamente importado da Rússia, mas a construção de um gasoduto para fornecer gás natural do Irã para a Armênia foi concluída em dezembro de 2008, e as entregas de gás se expandiram com a conclusão da Usina Térmica Yerevan em abril de 2010.

O país fez os mesmos testes que as nações da UE, mesmo não fazendo parte do Bloco.

Em maio de 2015, o Parlamento armênio aprovou a assinatura de dois acordos com a Rússia relativos à extensão da vida. Sob o acordo, a Rússia irá fornecer à Armênia um crédito de US \$ 270 milhões e uma doação de US \$ 30 milhões para essas atividades.

De acordo com NucNet (25 de janeiro 2016), a Armênia continua com planos para estender a operação comercial da sua usina nuclear Armênia-2 até 2027. O ministro da Energia e Recursos Naturais Yervand Zakaryan disse que o trabalho preparatório para a extensão operacional já tinha começado e a unidade seria tirada de operação no início do próximo ano para "uma revisão geral".

## Áustria

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2016(TWH)	% do total gerado em 2016
<b>Áustria</b>	<b>0</b>	<b>700</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

A Áustria tem aproximadamente de 8,5 milhões de habitantes e lá cerca de 60% da eletricidade vem da produção doméstica de hidrelétricas. O país também tem petróleo e gás, mas a importação de energia elétrica de fonte nuclear dos países vizinhos varia num valor que entre 5 e 10% do total do consumo.

A Áustria tem uma usina pronta que nunca operou devido à decisão apertada (50,47%) da população em plebiscito na qual se definiu que o país não teria energia nuclear para a produção de eletricidade.



Em decorrência, a Central de Zwentendorf (BWR-700 MW) foi cancelada em novembro de 1978. As empresas de projeto e construção foram dissolvidas e os contratos de fornecimento de combustível nuclear com as EXPORT (USSR) e US Department of Energy (DOE) foram cancelados assim como o contrato de reprocessamento do combustível irradiado com a francesa COGEMA.

**Nuclear Power Station Zwentendorf, Áustria (desativada)**

Oficialmente não se fala sobre isso, mas o uso de eletricidade nuclear comprada da Alemanha e da Republica Checa é indispensável para equilíbrio do sistema. O país compra energia nuclear barata ou com tarifa noturna e a usa para bombear água para os reservatórios das hidrelétricas situadas nas partes altas e depois usa a energia a energia hidráulica da água bombeada nos seus horários de pico ou até exporta para outros países.

É a mágica de transformar energia nuclear em “energia verde” conforme explica o Prof. Helmuth Böck, presidente da Austrian Nuclear Society. A formação acadêmica na área nuclear na Áustria é muito desenvolvida, destacando-se as atividades de gestão do conhecimento nuclear do Atominstitute (ATI) que desenvolve programas de pesquisa, treinamento e educação no seu reator Triga.

O país abriga também a sede da Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA e as unidades de treinamento e educação nos campos de ciência e tecnologia da mesma.

## **Bielorrússia (República da)**

País	Usinas em operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em construção	Capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2015 (TWH)	% do total gerado em 2015
<b>Bielorrússia</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2218</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

A Bielorrússia tem uma população de 9,6 milhões de habitantes, a maioria residindo em áreas urbanas. A produção de energia elétrica é mais de 99 % a partir de combustíveis fósseis. O país foi parte da União Soviética até 1991, quando se declarou independente.

Em 2011 foi assinado o acordo intergovernamental entre a Rússia e a Bielorrússia para a construção da primeira central nuclear do país. O projeto prevê 2 reatores do tipo VVER, AES-2006 de 1200 MW (modelo de geração III+) cada um na localidade de “Ostrovetskaya” na província de Grodno. A operação da primeira unidade é prevista para 2019 e a segunda em 2020.

O início oficial da construção da primeira central nuclear do país foi marcado pela concretagem da laje de base na área do reator no site Ostrovets na Bielorrússia realizada em 11 de julho de 2011. A segunda começou em abril de 2014.

A licença total de construção foi emitida em abril de 2014 para a primeira de duas unidades na planta Ostrovets na Bielorrússia, permitindo que o reator e os edifícios de planta possam ser construídos.

## **Bélgica**

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWH)	% do total gerado em 2014
<b>Bélgica</b>	<b>7</b>	<b>5627</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>32,094</b>	<b>47,5</b>

A Bélgica tem 11,15 milhões de habitantes e duas centrais nucleares, Doel com 4 usinas (PWR, 3054 MW) e Tihange com 3 unidades (PWR, 3153 MW). As usinas têm entre 30 e 41 anos de operação e estão licenciadas por 40 anos. Em julho de 2012 o governo belga ampliou a vida útil das usinas mais antigas - Doel-1 (412-MW), Doel-2(454-MW) e Tihange-1 (1.009-MW) por mais 10 anos, ou seja, até 2025 (completando 50 anos de operação).

Em 2014 foram gerados por fonte nuclear 32,094 TWh, o que representou 47,5 % da energia gerada no país. Atualmente a decisão de desligamento de todos os reatores até 2025 está sendo muito questionada e está condicionada a existência no país de fontes energéticas para atender as necessidades sem submeter a população à racionamentos. Os custos serão enormes, com prejuízos à segurança de suprimento, dependência de fontes internacionais, aumento de emissões, que diminuiriam a competitividade do país, conforme assinalado no relatório - Belgium’s Energy Challenges Towards 2030, no qual é fortemente recomendado, o retorno à geração nuclear.

<b>Bélgica - reatores de Potência Operacionais 2015</b>					
<b>Reator</b>	<b>Tipo</b>	<b>Capacidade de Líq.</b>	<b>1ª conexão</b>	<b>data prevista de desligamento</b>	
				<b>licenciado até</b>	<b>legislação de 2012 e</b>
<b>Doel 1</b>	PWR	<b>433 MWe</b>	1974	Feb 2025	2025
<b>Doel 2</b>	PWR	<b>433 MWe</b>	1975	Dec 2025	2025
<b>Doel 3</b>	PWR	<b>1006 MWe</b>	1982	2022	2022
<b>Doel 4</b>	PWR	<b>1047 MWe</b>	1985	2025	2025
<b>Tihange 1</b>	PWR	<b>962 MWe</b>	1975	2025	2025
<b>Tihange 2</b>	PWR	<b>1008 MWe</b>	1982	2022	2023
<b>Tihange 3</b>	PWR	<b>1054 MWe</b>	1985	2025	2025
<b>Total (7)</b>		<b>5943 MWe</b>			

A maioria eletricidade belga é produzida pela Electrabel, subsidiária da GDF Suez (agora Engie), que também opera todas as usinas nucleares. Electrabel é dona de metade de Tihange 1; 89,8% de Tihange 2 & 3 e Doel 3 e 4; e 100% de Doel 1 & 2. Os outros 50% de Tihange 1 é detida pela EDF, e Spec detém os restantes 10,2% de Tihange 2 & 3 e Doel 3 e 4.

As operadoras Engie e Electrabel junto com os consumidores eletro intensivos (Indústria química, gases, plásticos, aços e metais especiais) se uniram para tentar manter a operação das centrais pelo maior prazo possível. Pretendem ainda investir na construção de nova central, seguindo o modelo finlandês no qual os consumidores se unem para a construção de sua fonte de energia (modelo de Olkiluoto-3).

Na área de pesquisa o governo aprovou em março de 2010 uma resolução que autoriza o uso dos recursos do futuro reator de pesquisa Myrrha (Multi-purpose Hybrid Research Reactor for High-Tech Applications) para desenvolvimento de soluções inovativas em energia e medicina nuclear. O reator e acelerador foram concebidos por SCK-CEN, que concedeu um contrato de €24 milhões de euros (32 milhões de dólares) para o projeto de engenharia a um consórcio liderado pela multinacional Areva em outubro de 2013. Os outros participantes no consórcio são a italiana Ansaldo Nucleare e a espanhola Empresarios Agrupados.

Esse reator será usado, por exemplo, para tratamento de resíduo nuclear através de transmutação; para modificação de características de semicondutores (doped silicon) essenciais para aplicações em componentes eletrônicos, etc. Uma fábrica com grande

capacidade ainda está muito distante, porém um projeto piloto (ao custo de 1 bilhão de euros) deverá estar em operação até 2023 no Centro Belga de Pesquisas Nucleares-SCK, como parte do projeto Myrrha. O projeto poderá levar a uma grande redução na quantidade e no tamanho dos depósitos permanentes para resíduos de alta atividade.

Os belgas são favoráveis (75%) à manutenção dos parques nucleares para geração de energia elétrica no país, conforme pesquisa realizada em fevereiro de 2012. Mais de 40% são a favor da construção de novas usinas. A condição mais citada pelos entrevistados foi a segurança de operação e a gestão dos resíduos.

As atividades de descomissionamento estão agora bem avançadas em várias instalações nucleares mais antigas. Esses incluem:

- Um protótipo de reator PWR40 MWt BR3, que foi iniciado em 1962 e encerrado em 1987 está sendo desmantelada pela empresa SCK. CEN
- A usina franco-belga Chooz A, em França foi fechada em 1991 e está sendo descomissionada pela EDF.
- A usina de reprocessamento Eurochemic terminou atividades de reprocessamento em 1974 e o descomissionamento começou em 1989 pela Belgoprocess.
- Desmantelamento de combustível MOX planta de fabricação de Belgonucléaire em Dessel está em andamento

## **Bulgária**

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWH)	% do total gerado em 2014
<b>Bulgária</b>	<b>2</b>	<b>1.906</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>15,014</b>	<b>33,6</b>

A Bulgária tem 7,1 milhões de habitantes (e decrescendo desde 1988, quando eram 8,9 milhões) e 2 usinas nucleares (KOZLODUY 5 e 6 – VVER-PWR 1000 MW, cada) em operação comercial, licenciadas para operação até 2017 e 2021 respectivamente, que geraram 15, 014 TWh, cerca de 33,6% da geração elétrica em 2014.

Foram suspensas as obras das duas usinas que se encontravam em construção (Belen 1 e 2 VVER PWR 1000 MW) em 2012 e existem ainda 4 reatores que foram fechados (Kozloduy 1 a 4 – VVER 440 MW) para atender acordo de fazer parte da união europeia.

Na Bulgária, o governo já demonstrou interesse em substituir as centrais nucleares antigas por novas, mas tem problemas quanto ao financiamento das usinas.

A NEK - National Electric Company da Bulgária pretendia construir a Central Nuclear de Belene (2x 1000 MW – VVER) e assinou contrato com a russa Atomstroyexport para projeto, construção e comissionamento das usinas da central, mas o preço proposto pelos

concorrentes estava acima do que o país aceita pagar, então o governo decidiu cancelar o projeto.



Central nuclear de Kozloduy

Em março de 2012 o governo decidiu usar os equipamentos que já haviam sido fabricados para Belene em uma outra usina na Central de KOZLODUY (o reator número 7).

Em dezembro de 2013 a Westinghouse assinou um acordo exclusivo com a Bulgaria Energy Holding para a tecnologia AP1000, e fornecerá equipamentos, projeto, engenharia e combustível. A operação está prevista para 2023.

Os resultados do Stress testes de segurança realizados por toda a Europa foram analisados e as recomendações serão implementadas onde couber. O país possui um reator de pesquisa que é operado pelo Instituto de Pesquisa e Energia Nuclear da Academia Búlgara de Ciências, em Sofia. O país mantém seus planos estratégicos de ampliar sua geração de energia nuclear, fazer nova central e ampliar a vida das usinas Kozloduy para reduzir sua dependência da Rússia quanto à energia primária (gás e óleo).

### **Resíduos / Rejeitos Nucleares**

O país contratou o projeto de um depósito intermediário de baixa ao consórcio formado pelas empresas espanholas ENRESA, Westinghouse Electric Spain (WES) e a alemã DBE Technology. O depósito será construído no sítio da usina Kozloduy.

### **Eslováquia**

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
Eslováquia	4	1815	2	880	14,42	56,8

A Eslováquia tem 5,5 milhões de habitantes e 4 reatores nucleares em operação comercial, que em 2013 produziram 14,42TWh de energia elétrica, o que representou 56,8 % da energia produzida no país. As duas unidades em construção são de Mochovce 3 e 4 (VVER 440MW cada) e devem entrar em operação em 2017 e 2018 respectivamente, mas há um atraso na conclusão.

Há ainda planos de construção de outros 2 reatores entre os anos de 2020 e 2025. As emissões de gases do efeito estufa do país são em 70% derivadas da geração de energia

por combustíveis fósseis e esta é uma das razões do país para ampliar a geração nuclear que auxiliaria na redução destes gases.

Para ter acesso à Comunidade Européia em 2004 o país concordou em fechar os dois reatores mais velhos (Bohunice V1 unidade 1 e 2) o que ocorreu em 2006 e 2008. Como o consumo de energia per capita é 4.550 KWh por ano e mais de 50% da energia vem de fonte nuclear, a estabilidade e a segurança do fornecimento de combustível são primordiais para a qualidade de vida da população. Todo o combustível nuclear é contratado junto à empresa russa TVEL.



**Central Nuclear Mochovce**

Desde 2008 o país definiu que irá reprocessar os seus resíduos de alta atividade e estuda localização para repositório de baixa e média atividade. A Eslováquia faz parte do TNP desde 1993 e assinou também o tratado adicional em 1999. O país faz, também, parte do NSG - Nuclear Suppliers Group. Os trabalhos de construção de Mochovce 3 e 4 continuam. Como em toda Europa, as usinas do país passaram pelos testes de stress definidos pela UE.

## **Eslovênia / Croácia**

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
<b>Eslovênia</b>	<b>1</b>	<b>688</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6,06</b>	<b>37,2</b>



**Usina Nuclear de KRSKO**

A Eslovênia tem 2 milhões de habitantes e a sua vizinha Croácia tem 4,25 milhões. Juntos os dois países possuem 1 reator nuclear - KRSKO (PWR, 688 MW) em operação desde 1981, que em 2014 produziu 6,06 TWh de energia elétrica, o que representou 37,2 % da energia produzida na Eslovênia. Esse reator é compartilhado (50%) com a Croácia desde a sua conexão à rede elétrica. Em relação à Croácia a energia foi cerca 15% da do país.

O reator foi projetado para 40 anos de operação, mas sua vida deve ser ampliada em mais 20 anos. O país tem ainda um reator de pesquisa (TRIGA 250KW) operando desde 1966

no Josef Stefan Institute, que é um importante centro de investigação. Tem também um centro de treinamento nuclear.

A Croácia tem cerca de 4.000 MWe instalados e a central nuclear de Krsko fornece cerca de 15% da eletricidade do país. O país tem planos para a construção de uma nova usina nuclear própria na Eslavônia Oriental, perto da fronteira da Sérvia com capacidade de até 1600 MWe.

A Eslovênia faz parte ao Tratado de Não-Proliferação Nuclear desde 1992, e em 2000 assinou o Protocolo Adicional de salvaguardas com a AIEA. O país faz parte da Convenção de Paris sobre a responsabilidade civil por danos nucleares desde 2001 e da Convenção Complementar de Bruxelas desde 2003.

### **Resíduos / Rejeitos Nucleares**

Em janeiro de 2010 o país, através de sua agência para gestão de resíduos nucleares - ARAO (*Agencija za radioaktivne odpadke*, em esloveno) selecionou um sítio (Vrbina), próximo à central, para a construção do depósito intermediário de resíduos de baixa e média atividade, conforme autorizado por decreto governamental de dezembro de 2009. O repositório, composto por 2 silos, terá capacidade para 9.400 metros cúbicos de material de baixa e média atividade, o que corresponde à metade de todo o resíduo produzido ao longo da operação e descomissionamento futuro da central.

Será possível ainda armazenar resíduos nucleares de outras fontes. A capacidade do sistema pode ser ampliada no caso de crescimento do programa nuclear do país.

O país não pretende desistir da energia nuclear devido ao acidente de Fukushima segundo declarou o Ministro da Economia Darja Radic em junho 2011.

Em todos os cenários energéticos do país até 2030 a fonte nuclear está destacada. O governo anunciou ainda, aprovável construção do segundo reator em Krsko, incluído no programa nacional de energia que aguarda a aprovação final no parlamento.

### **Espanha**

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
Espanha	7	7.567	0	0	54,83	20,43

A Espanha tem 47,8 milhões de habitantes e 7 reatores nucleares (6 PWR e 1 BWR) em operação, com um total de 7.567 MW de capacidade instalada. Esta capacidade instalada representa apenas 7,32 % do total, mas devido ao alto fator de capacidade representa 20,43 % da energia gerada, que em 2014 foi 54,83 TWh.

A energia per capita é 5.200 KWh/ano.



O país tem uma matriz elétrica muito diversificada e equilibrada, com nuclear=20%, gás=20%, carvão=14,6%, eólica=19,6%, hidro=14,5%, solar=4,6 e biocombustíveis=2,1%, conforme dados de 2013).

Espanha Reatores de Potência em operação - 2015					
Reator	Tipo	Capacidade líq.	Conexão ao grid em	Proprietário (%); operador	Licenciado até
Almaraz 1	PWR	947 (1015)	1981	Iberdrola 53%, Endesa 36%, Gas Natural Fenosa 11%; CNAT	jun/20
Almaraz 2	PWR	956	1983		jun/20
Asco 1	PWR	996	1983	Endesa (100%); ANAV	out/21
Asco 2	PWR	992	1985	Endesa (85%); ANAV	out/21
Cofrentes	BWR	1063	1984	Iberdrola (100%); Iberdrola	mar/21
Trillo 1	PWR	1003	1988	Iberdrola (48%), Gas Natural Fenosa (34.5%); CNAT	nov/24
Vandellos 2	PWR	1045	1987	Endesa (78%); ANAV	jul/20
<b>Total (7)</b>	7002 MWe				

Na Espanha os reatores nucleares não têm período limite de operação, recebendo licenças de operação a cada 10 anos.



Central Nuclear de Vandellos 2 – Espanha (ao lado de praia movimentada)

Ao final de 2015 existiam 3 reatores fechados no país:

- **Vandellos 1** em 1990 e com os trabalhos de descomissionamento adiados;
- **Zorita-Jose Cabrera**, em 2006 com o descomissionamento contratado junto à Westinghouse e,
- **Garóña** (466MW BWR) fechada em 28/12/2012 pela Nuclenor. A operadora e proprietária da Central, o mais antigo reator espanhol, decidiu fechá-lo devido às novas taxas impostas ao operador que tornaram a usina inviável economicamente.

Em maio de 2013 o conselho de segurança nuclear espanhol aprovou a possibilidade de extensão da vida de Garona, através de solicitação a ser preenchida pelo operador e analisada pelo órgão regulador, que desta forma poderá retornar e operar até 2019.

Em 27 de Maio, 2014 a empresa Nuclenor operadora da Central Garona disse em um comunicado, que apresentou um pedido para renovar a licença de operação da usina para o Ministério da Indústria, Energia e Turismo.

Em novembro de 2014 a Central de Almaraz-Trillo teve sua licença renovada até 2024.

Politicamente a Espanha pretende que as usinas nucleares sejam fechadas ao término de sua vida útil, sem a reposição da capacidade instalada por outras nucleares, porém em dezembro de 2009 uma nova lei foi aprovada permitindo que as usinas operem além de seus 40 anos de vida útil originais se o Conselho de Segurança Nuclear do País as declarar seguras.

Exemplo disto foi a concessão de ampliação de vida em mais 10 anos para as Centrais de Almaraz-Trillo e para a de Vandellos 2 em junho de 2010.



Central Nuclear de Almaraz-Trillo

### **Resíduos / Rejeitos Nucleares**

O país possui um repositório final em operação desde os anos 1980 - “El Cabril”, projetado pela Westinghouse Electric Spain (WES).

Em dezembro de 2011 o governo escolheu o sítio em Villar de Canas – província de Cuenca para repositório de combustível irradiado e resíduos de alta atividade, terminando assim o processo de seleção que durou 2 anos.

O repositório conhecido como ATC - *Almacén temporal centralizado de España* tem um custo estimado de 700 milhões de euros e criará cerca de 300 empregos diretos na região. O projeto é composto de prédio para vitrificação de combustível irradiado, e um centro de tecnologia de suporte do sítio. A necessidade do repositório se justifica com o enchimento das piscinas de guarda de elementos combustíveis usados. O ATC terá capacidade para 6700 mt (toneladas métricas) de combustível irradiado e 2600 m<sup>3</sup> de resíduos de média intensidade e outros 12m<sup>3</sup> de resíduos de alta.

Em agosto de 2011 o regulador nuclear do país (Consejo de Seguridad Nuclear-CSN) aprovou unanimemente a extensão de vida das 2 unidades nucleares de Ascó (até 2021). O Ministro da Indústria Espanhol, Miguel Sebastián, solicitou uma revisão dos sistemas de segurança de todas as centrais deste país, para aplicar as lições trazidas pelo acontecimento japonês. Foi pedido também um estudo sísmico complementar, assim como um estudo sobre o risco de inundação.

Em outubro de 2012 o governo instituiu 2 novas taxas para energia nuclear, uma para o resíduo nuclear resultante da geração de energia (2190 euros por quilo de resíduo metálico produzido) e outra para o armazenamento de referido rejeito.

O CSN informou em 2011 que todas as usinas nucleares foram aprovadas no Stress-test proposto pela União Europeia e que as margens de segurança delas permitem que resistam a acidentes além de suas bases de projeto. Com isso a presidente do FORO NUCLEAR, María Teresa Dominguez, declarou que a energia nuclear precisa continuar como parte do mix energético espanhol.

O novo governo eleito em novembro de 2011 já declarou que a matriz elétrica espanhola continuará a ser um mix que garanta a diminuição de emissões de CO<sub>2</sub>.

## Finlândia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
<b>Finlândia</b>	<b>4</b>	<b>2.752</b>	<b>1</b>	<b>1.720</b>	<b>22,654</b>	<b>34,65</b>

A Finlândia tem 5,44 milhões de habitantes (2013) e possui quatro usinas em operação que, juntas, correspondem à produção de 22,654 TWh de energia elétrica ou 34,65% da total produzida em 2014 no país e uma usina em construção (Olkiluoto 3 – EPR 1600 MW) e mais duas unidades estão planejadas (Olkiluoto 4 e Hanhikivi 1).



**Simulação do sítio de Olkiluoto com 4 usinas nucleares (AREVA)**

Devido ao excelente desempenho das 4 usinas em operação, nos últimos anos a disponibilidade nuclear alcançou a média de 93,4%.

Existe ainda um pequeno reator de pesquisas localizado em Otaniemi, Espoo, modelo TRIGA Mark II construído para a Universidade de Tecnologia de Helsinque em 1962.

O país possui reservas de urânio (26.000 tU), mas não tem mina de urânio em operação.

Em julho de 2010 o parlamento finlandês aprovou o 6º reator do país. Em junho de 2011 foi ampliada a potência da usina Olkiluoto 2 para 880 MW.

Em outubro de 2011 a empresa Fennovoima anunciou que escolheu o sítio Pyhäjoki no nordeste do país para o seu reator, o sexto do país. A construção deve se iniciar em 2015.

A decisão de construção do quinto reator foi baseada em aspectos ambientais (menores impactos ao meio ambiente), político-diplomáticos em atendimento aos compromissos internacionais decorrentes do Protocolo de Kyoto e estratégicos (diminuição da dependência de outras fontes energéticas externas, principalmente da Rússia), e a estabilidade a longo prazo do custo da energia nuclear. A opinião pública altamente favorável foi outro aspecto importante na tomada de decisão.

A usina Olkiluoto 3 (1.600 MW, EPR) será a primeira usina com reator no modelo EPR, produzido pela francesa AREVA. O projeto está com um atraso de quase 9 anos em relação ao cronograma original (2009), prevista agora para operar em 2018 e o custo deve chegar a 8,5 bilhões de Euros.



**Usina Nuclear Olkiluoto 3 - Dezembro de 2015**

Problemas diversos (de construção, de subcontratação, de licenciamento, etc.), decorrentes do fato de ser o primeiro de uma série de novos reatores (first of a kind), da inexistência de mão de obra qualificada e experiente em quantidade suficiente tanto na Finlândia como nos países envolvidos no projeto estariam na raiz dos atrasos ocorridos até aqui. A previsão de perdas da Areva até o término deste projeto chega a 2,7 bilhões de euros.

Das três empresas que submeteram os estudos de impacto ambiental às autoridades para o quinto reator do país a escolhida foi a Teollisuuden Voima Oy para mais uma unidade no sítio de Olkiluoto. (unidade 4 de Olkiluoto - sem cronograma ou definição de tecnologia, mas com os estudos geológicos em andamento). Foram previstos custos entre 4 e 6 bilhões de euros. Em 7 de dezembro de 2011 a empresa TVO (Teollisuuden Voima Oyj) informou que começou as atividades para a construção do quarto reator no sítio de Olkiluoto.

A empresa Fortum (51% pertence ao governo da Finlândia) tem previsão para mais um reator no sítio da Central de Loviisa aguarda ainda possíveis autorizações.

O governo finlandês decidiu taxar os lucros das empresas que operam usinas nucleares e hidrelétricas para manter a competitividade das operações no Mercado de carbono.

Em dezembro de 2013 a empresa Fennovoima anunciou que pretende construir o reator Hanhikivi-1, no sítio em Pyhäjoki, no norte da Finlândia, e que o modelo do projeto será o russo AES-2006 PWR 1,200-MW.

A empresa está negociando com a corporação nuclear estatal russa Rosatom a participação de 34% em Fennovoima e em troca a subsidiária Rosatom - Rusatom Overseas para construir a unidade. Fennovoima e Rosatom disseram que esperam chegar a um acordo em 2015, com o imediato início da construção.



Em dezembro de 2014, o Parlamento finlandês aprovou planos por Fennovoima para construir a usina nuclear Hanhikivi-1, com operação comercial prevista para 10 anos. A aprovação carrega a condição de que pelo menos 60 por cento das ações do projeto devem estar sob propriedade finlandesa.

#### Central Nuclear de Loviisa PWR 488 MW (foto Fortum)

De acordo com uma pesquisa de opinião realizada em 2013, cerca de dois terços dos moradores, 67 por cento das pessoas em Pyhäjoki, são a favor do projeto da usina nuclear de Fennovoima.

A usina de Hanhikivi-1, a ser fornecido pela Rússia, será baseado no projeto do reator de água pressurizada Geração AES-2006, geração III +.

Em 19 de junho de 2015 (NucNet) A Finlandesa Oy Fennovoima assinou um contrato de projeto e construção com Graniittirakennus Kallio no valor de cerca de € 8.000.000 (US \$ 9 milhões) para o reator Hanhikivi-1 localizado no Pyhäjoki, oeste da Finlândia. O contrato inclui obras de terraplenagem, construção de estradas, a construção de redes de água e esgoto, bem como a construção de estruturas de canal para cabos elétricos no local do projeto, área residencial e áreas de apoio. O projeto já começou e trabalhos de construção terão início em julho de 2015, com conclusão prevista para setembro de 2016, disse a empresa.

Em 21 de janeiro de 2016 (NucNet) foi informado pela empresa estatal russa Rosatom que a escavação para a fundação do reator Hanhikivi-1 começou. A Rosatom disse rocha foi

explodida para começar a limpar a área da fundação.

O processo de licenciamento de construção para a planta está dentro do cronograma e do derramamento do primeiro concreto esperado no início de 2018, conforme informou o gerente de licenciamento Janne Liuko da Fennovoima.



**Simulação do sítio de Pyhäjoki, com central Hanhikivi-1 (ROSATOM)**

As usinas passaram pelo stress teste definido pela União Europeia e o resultado mostrou que nenhuma maior modificação será necessária nas centrais de Olkiluoto e Loviisa em decorrência da experiência de Fukushima.

### **Resíduos Nucleares**

A Finlândia foi o primeiro país a aprovar no seu parlamento, em 2001, um projeto de depósito subterrâneo profundo definitivo para resíduos radioativos nucleares provenientes de suas usinas atômicas.

Na Finlândia os rejeitos de baixa e média atividade são depositados em repositórios subterrâneos, construídos, nos sítios de Olkiluoto (desde 1992) e Loviisa (aprovado em 1992). Desde 1997 de acordo com o Radiation Act, mantém depósito central intermediário localizado nas dependências da instalação para depósito final de Olkiluoto, cuja ampliação já foi aprovada pelo parlamento finlandês.

Para as novas centrais os repositórios estão em discussão com a empresa Posiva, responsável por essa atividade, levando em conta a melhor gestão de todos os novos resíduos conforme determinou o governo, garantindo que as melhores soluções econômicas e de segurança deverão ser compartilhadas entre as centrais.

Como a Posiva pertence à Teollisuuden Voima Oy (TVO) e à Fortum, ela está desenvolvendo um repositório para estas companhias. A Fennovoima (que pretende construir o 6º reator) não possui ainda um reator e também nenhum projeto para repositório

de combustível irradiado e deverá negociar com as demais empresas espaço nos repositórios previstos.

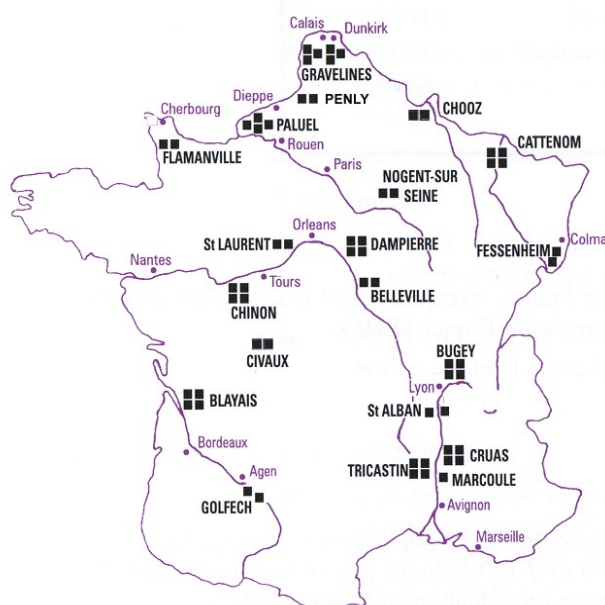
Em 15 de fevereiro de 2016 entrou em pleno funcionamento da instalação de solidificação de resíduos radioativos líquidos na usina nuclear de Loviisa. A unidade também será útil quando Loviisa for descomissionada em 2027 aos 50 anos de vida útil.

## França

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
França	58	63.560	1	1.720	415,900	76,93

O país possui 58 usinas nucleares em operação (em 19 sítios diferentes) e 11 desligadas (por término de vida útil) que produziram 415,93 TWh líquidos, o que representa 76,93% do total de energia elétrica gerada no país em 2014. A operadora de toda esta frota nuclear é a EdF.

Com 67 milhões de habitantes (estimativa de 2015), tem quase 1 GW de capacidade instalada nuclear por milhão de habitantes ou quase uma usina por milhão de habitantes. O país é o maior exportador mundial de eletricidade e o lucro líquido da EDF como geradora ultrapassou os 3 bilhões de euros em 2012.



**Mapa das instalações nucleares francesas. Fonte: WNA**

Dentre as 58 usinas existentes na França, 34 são da classe 900MW-PWR para as quais o regulador (ASN) declarou satisfatória a operação por até 40 anos de vida (as usinas francesas tem previsão de operação por 30 anos), mas que cada uma delas deverá passar

por revisão para ter esse direito. Tricastin-1 (915-MW, PWR) foi o primeiro reator revisado e autorizado para mais 10 anos.

A França produz a energia mais barata de toda a Europa, cerca da metade do valor da energia alemã. São 220.000 empregos diretos na área nuclear, ou 6,1% dos empregos industriais do país espalhados por todo o território francês. O país é ainda o líder mundial em reciclagem de resíduos nucleares (25.000 toneladas recicladas).

As emissões de gases CO<sub>2</sub> na geração de energia elétrica na França estão entre 70 e 80 gramas por kWh enquanto que no resto da Europa esse valor chega a 350g de CO<sub>2</sub> p/ kWh.

A França tem ainda outros 22 reatores de pesquisa e cerca de 50.200 fontes radioativas para uso médico, além de outras 30.600 instalações radiativas para uso industrial. As usinas nucleares na França não operam na base do sistema elétrico, como no resto do mundo, devido a sua característica de grande supridoras sendo obrigadas a acompanhar carga o que dificulta a manutenção de alto desempenho.

A AREVA, fornecedora francesa de bens e serviços nucleares, está construindo junto com a EDF o reator Flamanville-3, tipo EPR de 1720 MW, localizado ao norte da França, na região de Manche. Os demais fornecedores de equipamentos e serviços também foram definidos e contratados e o início da construção foi no final de 2007.

De acordo com o RTE - o operador do sistema francês, a França pode ter problemas de suprimento nos momentos de pico da carga se as usinas não tiverem a vida útil ampliada, uma vez que o parque gerador do país está envelhecido. Até 2022, 22 reatores franceses atingirão o término de vida útil e o país tem poucas opções para geração de eletricidade que não sejam a ampliação de vida destas usinas. A entrada do novo reator em Flamanville-3 tipo EPR de 1600 MW é tida como indispensável para atender ao aumento de demanda nos próximos anos, sem considerar reposição de velhos reatores.

As manutenções para manter o parque em ordem requerem planejamento e compras antecipadas. Por exemplo, para as trocas previstas dos geradores de vapor das centrais francesas já foram comprados 44 unidades ao custo de 2 bilhões de dólares (32 à Areva e 12 à Westinghouse). As entregas se prolongarão até 2018.

Em novembro de 2012, o Primeiro Ministro francês Jean-Marc Aryault assinou a licença que confirma a segurança da instalação do reator ITER - International Termonuclear Experimental Reactor. É o primeiro reator de fusão cujas características de segurança são avaliadas por um órgão regulador.

Os trabalhos do reator ITER em construção na região de Cadarache no Sudeste Frances, tiveram seus custos inflados passando de 6 bilhões para 15 bilhões de euros nos últimos 3 anos. A crise financeira internacional também afetou o projeto que está agora previsto para 2019. Este é um projeto desenvolvido por vários países incluindo USA, Europa, Rússia, China, Japão e Coréia do Sul que produziria energia de fonte nuclear sem produzir radiação.





Flammanville – 3 – EPR 1600 MW (foto cortesia Edf)

O governo francês declarou, em junho de 2008, que fará mais um reator EPR 1600, provavelmente no sítio de Penly (Seine-Maritime) no nordeste do país, onde já existem 2 reatores em operação. Deste mesmo modelo de reator EPR, de fabricação AREVA já existem outras 4 unidades em construção (Olkiluotto 3 na Finlândia, Flammanville 3 na França e Taishan-1 e -2 na China).

Contudo o governo do presidente socialista Francois Hollande, eleito em 2012, quer implementar uma redução parcial na geração nuclear que prevê cortar a participação nuclear de 75% para 50% até 2025 e repor a capacidade cortada por energia renovável.

Em 14 de janeiro de 2015 (NucNet) - A ministra da Energia da França Ségolène Royal, disse que o país deve se planejar para uma nova geração de reatores nucleares para tomar o lugar de unidades antigas, quando elas já não puderem ser operadas. Ségolène disse à revista 'Nouvelle Usines' que na construção de uma economia de baixo carbono, a energia nuclear é um trunfo e que o país deve pensar sobre a aplicação da energia nuclear no contexto de uma mistura inteligente de energia. De acordo com o jornal Les Echos esses comentários representam a primeira posição oficial de um membro do governo em favor de novos reatores de energia.

De acordo com um estudo do RTE – o operador do sistema francês o país, a França necessitará investir 15 bilhões de Euros (19.2 bilhões de dólares) para reforço da rede de linhas de transmissão até 2020 e o custo poderá atingir 50 bilhões de Euros até 2030 se o país mantiver a política proposta de redução da energia nuclear.

Foi autorizada em julho de 2011 a ampliação de vida por mais dez anos para a usina FESSENHEIM-1 que já opera desde 1978. Este é o mais antigo reator Frances em operação. Em abril de 2013 o mesmo foi feito para a FESSENHEIM- 2. A França tem como meta descomissionar até 2016 a usina Chooz A (310MW, PWR), cuja energia foi fornecida entre 1967 e 1995 para a Bélgica e para o próprio país. O desmonte, limpeza e demolição dos edifícios nucleares ocorreu antes de 2008. Hoje são 12 reatores experimentais e de potência sendo descomissionados. O processo vem sendo desenvolvido e estudado pela

EdF- CIDEN e deverá ser aplicado a todo o parque nuclear Frances quando do termino da vida útil das usinas.

O governo francês anunciou um plano de investimento de € 1 bilhão em pesquisa em energia nuclear e no desenvolvimento e implantação de um reator de quarta geração que será produzido pela francesa Areva e pela japonesa Mitsubishi e considera não ter outra alternativa à energia nuclear e que "não faz sentido" abandoná-la, mas em 2014 a lei de transição energética aprovada limitou a participação nuclear a 50% do total do país.

Os testes realizados após o acidente de Fukushima demonstraram um bom nível de segurança para as centrais francesas conforme relatório entregue ao órgão regulador. As margens de segurança para eventos extremos como terremotos, enchentes, e perdas simultâneas de refrigeração e energia foram verificadas sem apresentarem maiores preocupações, mas mesmo assim a operadora EdF apresentou um plano suplementar de melhorias. Em fevereiro de 2013 o governo francês promulgou uma nova portaria (texto normativo completo) que rege as principais instalações nucleares que considera as lições do acidente de Fukushima para as atividades nucleares.

A AREVA emitiu uma declaração dizendo que pretende implantar "uma série de iniciativas" destinadas a reduzir os custos operacionais com até 1 bilhão de euros anuais até 2015. A empresa está convencida de que as perspectivas para o desenvolvimento nuclear continuam a ser fortes nos próximos anos, mesmo se a expansão da base instalada mundial de reatores nucleares for adiada em comparação com as previsões antes de Fukushima-Daiichi. A energia nuclear continua sendo uma vantagem estratégica do seu país.

26 de janeiro, 2016 (NucNet): francesa EDF e da Nuclear Power Corporation of India (NPCIL) assinaram um acordo de cooperação para a construção de **seis** unidades EPR em Jaitapur, no oeste da Índia. A EDF disse em um comunicado que o acordo foi assinado durante uma visita de Estado à Índia pelo presidente francês François Hollande. O acordo significa que a EDF assume o projeto do grupo nuclear frances Areva, que vai vender seu braço de reator a EDF ainda este ano.

### **Resíduos / Rejeitos Nucleares**

O país reprocessa todo o seu combustível usado e utiliza parte do combustível resultante em outros reatores, além de também ter dois repositórios subterrâneos e laboratórios de pesquisa que estudam formas ainda mais efetivas de armazenar rejeitos.

Dentre outros sítios, Auxon e Pars-lès-Chavanges no estado de Aube estão atualmente em estudos para a instalação de repositório de resíduos de baixa atividade nuclear que poderão estar em atividade em 2019 (substituindo os que já deverão estar saturados). Estes sítios fazem parte das 40 comunidades que se ofereceram para sediar os repositórios.

A França é o único país da Europa que ainda está trabalhando com um ciclo de combustível totalmente fechado com reator de neutrons rápidos e tecnologia de

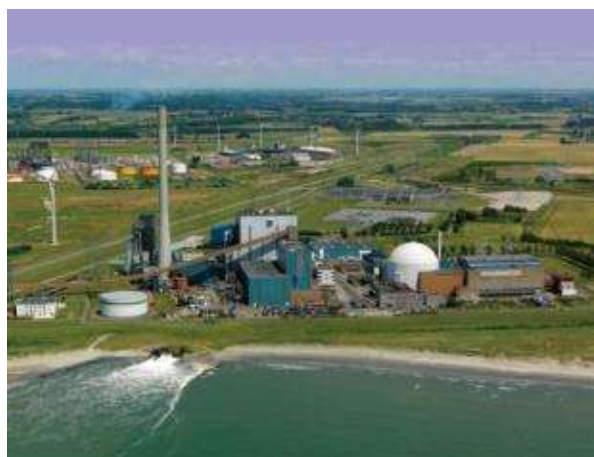
reprocessamento avançado. Outros países usam ciclos abertos. França será o único país a operar instalações de reprocessamento após 2018 (quando aquelas no Reino Unido são desligadas).

Em 18 de janeiro de 2016 - WNN - A ministra da Energia francesa Ségolène Royal assinou um decreto definindo o "custo de referência" de um repositório nacional para a eliminação de resíduos de alto e médio nível em € 25 bilhões (US \$ 27 bilhões). As partes envolvidas no projeto já haviam estimado o custo em entre € 20 bilhões e € 39 bilhões.

## Holanda

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
<b>Holanda</b>	<b>1</b>	<b>482</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3,87</b>	<b>3,95</b>

A Holanda tem 16,5 milhões de habitantes e importa mais de 20% de sua eletricidade (na maior parte da Alemanha). A energia consumida per capita é 6.500 kWh/ano.



O país possui apenas uma usina nuclear em operação (Borssele, PWR 482 MW) que, em 2014, produziu 3,87 TWh, aproximadamente 3,95 % da energia do país. Esta usina teve sua vida útil ampliada em mais 20 anos em 2006, e deverá continuar a operar até 2033. O país possui também um reator de pesquisas na localidade de Petten, o High-Flux Reactor –HFR que produz 60% dos radionuclídeos médicos necessários na Europa (30% da demanda mundial).

Central Nuclear de Borssele - Holanda (Imagem: EPZ)

Em junho de 2009 a Delta submeteu aos órgãos governamentais a solicitação para a construção da nova central de até 2.500MW. O governo holandês informou que estava iniciando o processo de licenciamento da sua segunda usina nuclear no mesmo sítio de Borssele.

Não foi definido o projeto nem o fornecedor, mas a unidade deverá ter entre 1000 e 1600 MW e provável entrada em operação em 2020, ainda em tempo para atingir as metas de redução das emissões de gases do efeito estufa. O combustível previsto é MOX e o custo estimado do projeto é de 5 a 7 bilhões de dólares conforme informou a empresa Energy Resources Holding (holding do projeto) em setembro de 2010.

A empresa holandesa Delta (proprietária de 50% da central existente) e a EDF assinaram, em novembro de 2010, acordo de colaboração para a eventual construção de uma nova

central na Holanda no sítio de Zeeland Coast. Em janeiro de 2012, devido à crise financeira na Europa e também às incertezas no mercado de carbono a central foi postergada.

A empresa ERH - Energy Resources Holding, pertencente à alemã RWE, proprietária da outra metade de Borssele, também solicitou autorização para a construção de outra central na Holanda.

Existe ainda um acordo entre a Holanda e a França que prevê a reciclagem de parte do combustível irradiado holandês na França. Após o reprocessamento o material é retornado à Holanda (COVRA Storage Facility próxima a Borssele) seguindo estritos padrões de segurança ditados pela AIEA.

A única usina holandesa passou pelo teste de stress da UE. Em Junho de 2011 foi autorizado o uso do combustível MOX e o governo da Holanda garantiu que continuaria com seu programa nuclear para construção da nova Central.

Em Janeiro de 2012 o governo holandês informou que um novo reator de pesquisas (denominado Pallas) será construído na região de Petten para repor o reator existente (High-Flux Reactor - HFR) que opera desde 1961 e está atingindo o término de sua vida economicamente útil. Prevê-se a entrada em operação do novo reator em 2022.

Em 01 de julho de 2014 Borssele começou a operar com combustível MOX fabricado pela AREVA

## Hungria

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
Hungria	4	1.889	0	0	14,777	53,6



**Central Nuclear Paks – Hungria**

A Hungria tem cerca de 9,85 milhões de habitantes e utiliza 4 usinas nucleares (Paks 1 a 4 – VVER-PWR 500 MW) cuja operação comercial começou entre 1982 e 1987 e que geraram 14,777 TWh, ou seja cerca de 53,6% da geração elétrica do país em 2014.

Esta é a energia elétrica mais barata gerada no país e, segundo fontes governamentais, o índice de aprovação à energia nuclear pela população é de 73%.

Em 2004 as usinas receberam a autorização para operar por mais 20 anos (a licença original era para 30 anos) e os trabalhos preparatórios para a ampliação de vida estão em

andamento de acordo com as autorizações do Parlamento e em 2009 o parlamento do país autorizou o governo a começar o projeto para ampliar a capacidade nuclear no sítio existente, através da construção de mais uma ou duas unidades nucleares no mesmo local da Central Paks. O custo está estimado em 10 bilhões de dólares.

<b>Hungria - Reatores de Potência em Operação - 2015</b>					
<b>Reator</b>	<b>Tipo /Modelo</b>	<b>Capac Líq. MWe</b>	<b>1ª conexão</b>	<b>de vida útil ampliada em</b>	<b>Ano de término de vida útil</b>
<b>Paks 1</b>	VVER-440/V-213	470	1982	20 anos	2032
<b>Paks 2</b>	VVER-440/V-213	473	1984	20 anos	2034
<b>Paks 3</b>	VVER-440/V-213	473	1986	aguardando	2016
<b>Paks 4</b>	VVER-440/V-213	473	1987	aguardando	2017
<b>Total (4)</b>	<b>1889 MWe (2000 MWe líq.)</b>				

Em junho de 2011 a empresa estatal MVM anunciou que pretendia expandir a capacidade de geração da sua Central Paks e aumentar sua influência nos mercados de energia da sua vizinhança nos Bálcãs (Croácia, Servia e Bósnia e na Romênia). Pal Kovacs - Ministro do Desenvolvimento do húngaro declarou que em todos os cenários de planejamento energético estudados pelo país o suprimento nuclear é indispensável.

O plano energético 2030- 2050 recomenda a extensão de vida em outros 20 anos, além da primeira extensão, das 4 unidades da sua única central (Paks), cujas vidas úteis se encerrariam entre 2032 e 2037.

Em dezembro de 2012 o reator 1 de Paks (VVER 500MW) teve sua vida útil ampliada em mais 20 anos, podendo operar agora até dezembro de 2032 (50 anos úteis). Em Novembro de 2014 a unidade 2 também ampliou a vida em 20 anos- até 2034.

Os resultados dos testes na central húngara foram satisfatórios segundo o órgão regulador governamental não requerendo nenhuma provisão adicional quanto à sua segurança.

Ainda não há uma política de disposição ou reciclagem de rejeitos nucleares, e no passado parte do combustível usado na Central retornou à Rússia para reprocessamento, mas sem a repatriação de materiais físséis separados. Estão sendo feitos preparativos para a deposição direta do combustível irradiado sem reprocessamento.

Todo o combustível nuclear é fornecido pela russa TVEL. O país faz parte do Tratado de Não-Proliferação Nuclear (TNP) desde 1969 como um Estado sem armas nucleares. É membro do Grupo de Fornecedores Nucleares e também, desde maio de 2004, da Euratom.

Em 14 de janeiro de 2014 o governo da Hungria assinou um acordo com a empresa estatal nuclear russa Rosatom para construir dois novos reatores na Central de Paks (Paks 5 e 6).

As novas unidades serão financiadas por um empréstimo entre governos da Hungria e da Rússia previsto para durar 30 anos conforme informou o diretor geral da Rosatom Sergei Kiriyenko na cerimônia de assinatura na Rússia. O tamanho do empréstimo ainda não foi finalizado, mas não será superior a 10 bilhões de euros (13,6 bilhões de dólares). A Rússia também fornecerá o combustível para as novas unidades. A Comissão Europeia está avaliando se este empréstimo atende as regras de concorrência do grupo.

### Inglaterra e Irlanda do Norte (UK)

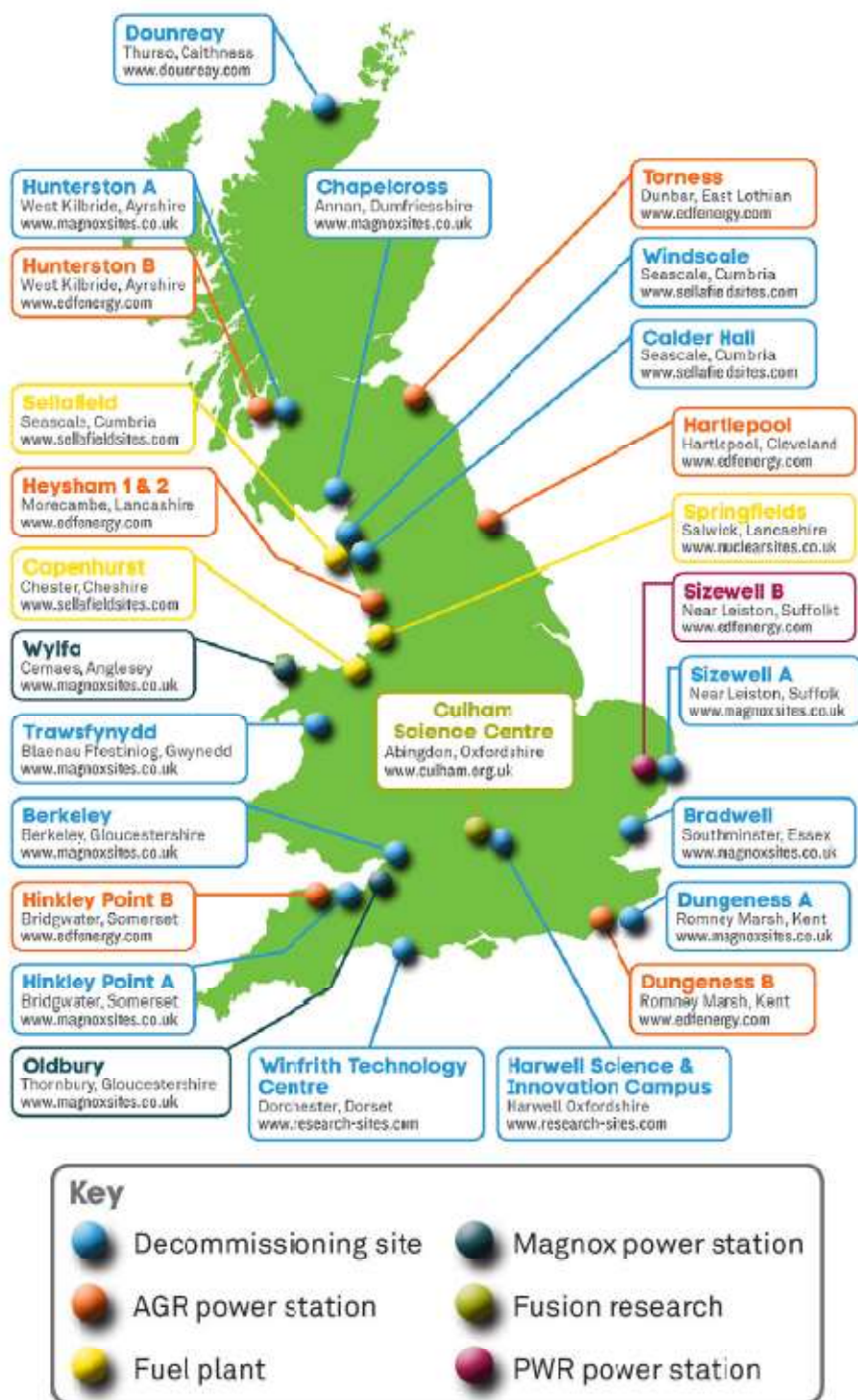
País	Usinas em operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em construção	Capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
Inglaterra	15	9.243	0	0	57,9	17,18

O Reino Unido tem 63,5 milhões de habitantes e 15 usinas nucleares em operação (10.362 MW de capacidade bruta instalada) e 29 fechadas por término de vida útil ou obsolescência. É o parque mais antigo, com usinas já fechadas, que começaram a operar na década de 1950 e 1960. Em 2014 o país produziu 57,9 TWh de energia de fonte nuclear (17,18% do total).

A maior parte da frota deve se aposentar até 2023. Esta frota precisa ser repostada nos próximos anos. O governo planeja 16 GW de capacidade nova até 2030.

Reino Unido Reatores de Potência em Operação - 2015				
Reator	Tipo /Modelo	Capac LÍq. MWe	ano da 1ª conexão	Ano de término de vida útil
Dungeness B 1&2	AGR	2 x 520	1983 & 1985	2028
Hartlepool 1&2	AGR	595, 585	1983 & 1984	2019 or 2024
Heysham I 1&2	AGR	580, 575	1983 & 1984	2019
Heysham II 1&2	AGR	2 x 610	1988	2023
Hinkley Point B 1&2	AGR	475, 470	1976	2023
Hunterston B 1&2	AGR	475, 485	1976 & 1977	2023
Torness 1&2	AGR	590, 595	1988 & 1989	2023
Sizewell B	PWR	1198	1995	2035
<b>Total: 15 units</b>	<b>8.883 MWe</b>			

O Reino Unido tem 75% da sua energia elétrica produzida por óleo e carvão e como forma de reduzir suas emissões de gases do efeito estufa lançou, em julho de 2009, seu Plano de Transição para uma Economia de Baixo Carbono.



Em 22 de julho de 2011 o Parlamento britânico aprovou a política energética nacional e listou os oito (8) sítios para as novas centrais nucleares, introduzindo ainda um planejamento para acelerar estas construções. Todo o processo faz parte da política de

baixo carbono do país, incorporando quaisquer aprendizados advindos do acidente de Fukushima.

O Plano concentra ações em transformar o setor de energia, expandindo o uso de fontes renováveis, além de aumentar a eficiência energética dos prédios, casas e do setor de transportes do país. Com o atual mix de eletricidade do Reino Unido dominado por combustíveis fósseis o aumento da participação da energia nuclear ajudaria a diversificar o risco da segurança de combustível do país.

Com isso o país deverá alcançar as metas domésticas de corte de 34% nas emissões de gases do efeito estufa até 2020, quando 40% da eletricidade consumida no Reino Unido

deverão vir de fontes de baixo carbono, com as tecnologias de energia renovável, nuclear e captura e sequestro de carbono.



A empresa Horizon Nuclear Power, responsável pelas solicitações de licença para os sítios de Wylfa Península e de Oldbury, foi vendida em outubro de 2012 para a Hitachi (Horizon era uma "joint venture" formada pelas alemãs E.ON UK e RWE Nuclear Power Plans, que se desfez devido aos problemas políticos internos na Alemanha).

#### Hinkley Point C (Provável aspecto da usina – WNA)

Para o sítio de Hinkley Point, onde já existem 2 usinas antigas, a EDF está iniciando a implantação de um EPR 1600 (Hinkley Point C), na região de West Somerset e fez as encomendas dos componentes pesados para esta central à AREVA.

As 3 principais licenças já foram solicitadas aos reguladores e já receberam sinal positivo, conforme informou a EDF. Em 26 de novembro de 2012, o órgão regulador nuclear britânico liberou a licença para o sítio de Hinkley Point e em dezembro de 2012 os reguladores ingleses aprovaram o projeto EPR. A decisão final de investimento deste projeto foi tomada em outubro de 2013. Além da EDF, integram o consórcio a China General Nuclear Corporation (CGN) e a China National Nuclear Corporation (CNNC), terão uma fatia combinada de 30% a 40% no negócio consórcio; e o grupo nuclear estatal francês Areva, com 10%. Estes 2 EPRs representam o maior investimento em projeto de infraestrutura na Inglaterra desde os anos 1950.

Em junho de 2013 o governo do Reino Unido anunciou um esforço para incentivar o investimento em energia nuclear oferecendo 10 bilhões de libras esterlinas (GBP) equivalente a 15.200 milhões dólares ou 11,6 milhões de euros de garantias a investidores para a nova usina nuclear de Hinkley Point. A Áustria recorreu ao Tribunal de Justiça da



União Europeia sobre as ajudas do governo britânico ao projeto e após análises e modificações no financiamento, a Comissão decidiu autorizar, em novembro de 2014 a continuação do projeto da central Hinkley Point.

Em 27 de Janeiro de 2016 conforme noticiou a WNN, a EDF novamente adiou a tomada de decisão final de investimento para a construção da usina nuclear de Hinkley Point C no Reino Unido. Eles sugerem uma decisão final de investimento poderia agora ser anunciado em 16 de Fevereiro de 2016. A expectativa é o fornecimento de energia corresponda a 7% do total na Inglaterra (suficiente para atender 5 milhões de residências).

Reino Unido Reatores de Potência em Operação - 2015 (planejados e propostos)						
Proponente	Sítio	Localidade	Tipo	Capac (MWe bruto)	início de operação	início de construção
EDF Energyn	Hinkley Point C-1	Somerset	EPR	1670	2023	?
	Hinkley Point C-2		EPR	1670	2024	?
EDF Energyn	Sizewell C-1	Suffolk	EPR	1670?	?	?
	Sizewell C-2		EPR	1670?	?	?
Horizon	Wylfa Newydd 1	Wales	ABWR	1380	2025	?
Horizon	Wylfa Newydd 2	Wales	ABWR	1380	2025	?
Horizon	Oldbury B-1	Gloucesters	ABWR	1380	late 2020s	?
Horizon	Oldbury B-2	Gloucesters hire	ABWR	1380	late 2020s	?
NuGeneration	Moorside 1	Cumbria	AP1000	1135	2024	?
NuGeneration	Moorside 2		AP1000	1135	?	?
NuGeneration	Moorside 3		AP1000	1135	?	?
China General Nuclear	Bradwell B-1	Essex	Hualong One	1150		?
China General Nuclear	Bradwell B-2*		Hualong One	1150		?
Total planejado e proposto	13 unidades			17,900 MWe		
GE Hitachi	Sellafield	Cumbria	2 x PRISM	2 x 311		
Candu Energy	Sellafield	Cumbria	2 x Candu EC6	2 x 740		

Por outro lado um grupo formado pela espanhola Iberdola (37,5%), a britânica Scottish & Southern (25%) e a francesa GDF Suez (37,5%), formou um consórcio- NuGeneration Ltd (NuGen), que comprou em 2009 um terreno em Sellafield (Oeste da Inglaterra) como possível local para novos reatores. Neste caso o projeto consiste na construção de uma central nuclear com potência instalada de 3600 MW, que ajudará no objetivo alterar o perfil de geração de energia no Reino Unido, fortemente baseada em carvão.

Após a Toshiba Corporation informar que concordou em comprar um 60 por cento de participação na NuGeneration Limited (NuGen, a Westinghouse Electric Company informou que fornecerá o projeto de construção dos três reatores nucleares AP1000 (capacidade combinada de 3,4 GW), em Moorside. GDF Suez também está trabalhando em parceria com a Toshiba e NuGen neste projeto.

O reuso do plutônio derivado das instalações nucleares civis é condição fundamental no plano de descarbonização do país que precisa gerenciar 112 toneladas do material em estoque (próprio e de clientes externos da usina de reprocessamento em Sellafield).

Apesar do reuso através da produção de combustível MOX não ser ainda comercialmente tão bem sucedido na Grã Bretanha quanto na França (AREVA), o material produzido poderia alimentar 2 reatores por até 60 anos.

Em outubro de 2012 foi liberada uma pesquisa na qual 63% dos residentes aprovam a manutenção e/ou construção de novas centrais nucleares. Em 2010, o suporte era de 61%. A EDF assinou acordos Franco-Britânicos para facilitar os expressivos investimentos em infraestrutura e em toda cadeia de suprimentos que serão realizados na Inglaterra com os projetos de Hinkley Point. Tais acordos (500 milhões de libras) compreendem serviços de preparação de sítio (100 milhões de libras), fornecimento de equipamentos e formação de pessoal especializado. Eles representam a criação de 1500 empregos.

Em janeiro de 2016 um estudo feito pela Instituição de Engenheiros Mecânicos alerta sobre a piora de fornecimento de energia elétrica no Reino Unido. A política do governo do Reino Unido de fechar todas as usinas de energia movidas a carvão em 2025, junto com a aposentadoria da maioria da frota nuclear por envelhecimento e crescente demanda de energia do país vai levar o Reino Unido a enfrentar uma escassez de fornecimento de eletricidade de 40-55%.

### **Resíduos / Rejeitos Nucleares**

O país reprocessa o seu resíduo nuclear em suas usinas de reprocessamento em Sellafield. Este site é composto por uma variedade de instalações nucleares, incluindo instalações redundantes associadas aos trabalhos iniciais de produção de armas nucleares. Tem ainda as instalações operacionais do programa de reprocessamento Magnox, do Thermal Oxide Reprocessing Plant (Thorp), da planta de combustível óxido misto (MOX) e uma gama de tratamento de resíduos.

04 de março, 15 (NucNet): O custo do descomissionamento e limpeza central nuclear de Sellafield, em Cumbria, no noroeste da Inglaterra, aumentou em £ 5 bilhões para £ 53 bilhões, disse o National Audit Office. Margaret Hodge MP, presidente da Comissão de Contas Públicas, que encomendou o relatório, disse que o aumento dos custos foi "surpreendente". Sellafield é o maior e mais perigosos site nuclear do Reino Unido. Ele inclui duas instalações de reprocessamento de combustível nuclear operacionais e tratamento de resíduos e instalações de armazenagem, bem como lagoas de armazenamento e silos para material de resíduos nucleares da primeira geração de usinas nucleares do Reino Unido. A Autoridade de Descomissionamento Nuclear é dona de Sellafield e 16 outras instalações nucleares civis licenciadas. A Autoridade é um organismo de plena concorrência, patrocinado pelo Departamento de Energia e Mudanças Climáticas.

Atualmente o volume acumulado de Plutônio na Inglaterra chega a 82 toneladas e é crescente. Existem conversações entre o governo britânico e a GE-Hitachi para a utilização da tecnologia do reator Fast Breeder Prism para a redução destes montantes de Plutônio utilizando-o como combustível MOX a partir de 2025.

## Itália

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2015 (TWH)	% do total gerado em 2015
<b>Itália</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Na Itália vivem cerca de 60 milhões de habitantes e o consumo per capita é de cerca de 5.400 KWh/ano por habitante. O país é um grande importador de energia primária, não sendo produtor de combustíveis em geral.

A Itália não possui usinas nucleares em operação. Suas 4 usinas - Caorso; Enrico Fermi (Trino Vercellese); Garigliano e Latina- foram fechadas até julho de 1990 (2 por decisão da população e 2 por término de vida útil). A Itália é o único país do G8 – grupo dos países mais ricos do mundo mais a Rússia – que não opera usinas nucleares. Mesmo assim, cerca de 10% da energia elétrica consumida no país são de origem nuclear, importados principalmente da França, onde 75% da energia são gerados por centrais nucleares. A Central Enrico Fermi (Trino Vercellese) está em descomissionamento.

Em 2008 o país decidiu retomar seu programa nuclear paralisado na década de 1980, libertando-se da dependência do petróleo através de um rápido desenvolvimento da energia nuclear. Segundo o Ministro da Economia e Desenvolvimento, Claudio Scajola, o custo da paralisação do programa nuclear italiano para a economia do país foi de 50 bilhões de dólares e que todo o arcabouço legal para a retomada da fonte nuclear estava sendo adotado no novo plano nacional de energia.

Em 9 de julho de 2009 o Senado italiano aprovou um pacote legislativo que deu luz verde ao retorno do uso da energia nuclear no país e que em até 6 (seis) meses seriam selecionados sítios potenciais para a instalação de novas usinas.

O modelo de reator a ser adotado deveria ser um que já fosse licenciado na Europa o que permitiria ganhar tempo de licenciamento, uma vez que o plano era construir de 8 a 10 reatores até 2030 atingindo 25 % da geração elétrica italiana. Atualmente o custo da energia elétrica na Itália (um mix de 60% em gás importado) é 30% mais alto que a média européia e 60 % maior que o francês.

Em Junho de 2011, a maioria dos italianos, através de plebiscito, decidiu que não pretendem ter energia nuclear no país. Os votos negativos à nuclear foram 94% da população que votou (57% da população que podia votar) o que corresponde a 53,58 %.

A forma como foi encaminhada a votação não foi específica contra a energia nuclear, mas uma desaprovação global ao governo de então (Silvio Berlusconi) e seus planos de ação.

A Itália é um país sujeito a terremotos de grande magnitude e isso contribuiu muito para o medo da população, fortemente explorado pelos ambientalistas. Com isso o país continuará a gerar energia nuclear, através da empresa ENEL na Eslováquia e a comprar eletricidade nuclear da francesa EDF.

A Itália, através da sua empresa de energia ENEL que possui 66% da SE-SLOVENSKE ELEKTRARNE da Eslováquia, constrói, desde novembro de 2008, as usinas Mochovce 3 e 4 (VVER-440 MW cada) que devem estar em operação comercial em 2012 e 2013 respectivamente.

O investimento previsto é de 2,77 bilhões de euros. Quando em operação, a produção destas usinas representará 22% do total de energia elétrica consumido na Eslováquia.

Outro negócio nuclear italiano foi a aquisição, através da mesma ENEL, de 12,5% das ações da usina francesa Flamanville-3 (pertencente à EdF) que se encontra em construção na Normandia. Estas ações visam não só o investimento, mas também a formação de pessoal especializado, visto que há mais de 20 anos a Itália fechou seu parque industrial nuclear.



Além disso, a AREVA e ANSALDO NUCLEARE haviam assinado acordo no qual a ANSALDO iria participar do processo de licenciamento e da construção do novo reator da AREVA (EPR) na Itália, mas com o cancelamento italiano de usinas nucleares o acordo ficou valendo para qualquer lugar do mundo conforme a

"Joint ventur" e criada em 11/10/2011. A ANSALDO também pretende fabricar super módulos para os AP1000 da Westinghouse destinados ao mercado inglês.

## Noruega

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2015 (TWH)	% do total gerado em 2015
Noruega	0	0	0	0	0	0

A Noruega tem 5 milhões de habitantes e é o sexto maior produtor mundial de energia hídrica. O país não faz parte da União Europeia. Apesar da Noruega não ter um programa de geração nuclear, o comitê criado pelo governo norueguês para estudar energia sustentável recomendou em seu relatório o reconhecimento da contribuição da energia nuclear para um futuro energético sustentável.

O país também faz pesquisas nucleares em seus Centros de Tecnologia da Energia onde foi testado o combustível nuclear que será usado no submarino nuclear brasileiro (um ensaio científico sofisticado que exigiu alta qualificação da equipe envolvida e que teve a participação de um grupo de cientistas da Marinha Brasileira do Centro de Aramar).

Em junho de 2013 começou o teste do combustível de tório no reator de pesquisa Halden, na Noruega. A carga definiu o início de um programa de teste físico que irá simular como opera este combustível em um reator de potência.

## Polônia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2015(TWH)	% do total gerado em 2015
<b>Polônia</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

O país tem 38,5 milhões de habitantes e seu consumo per capita é 3.830 KWh/ hab. com a sua matriz elétrica é calcada em carvão (94%).

Para reduzir suas emissões de CO2 a Polônia já acena com a possibilidade de construir sua primeira central até 2024, tentando desta forma iniciar a alteração de sua matriz. O governo polonês designou a sua maior empresa de eletricidade (PGE - Polska Grupa Energetyczna SA) para conduzir os projetos das duas primeiras centrais nucleares do país que deverão ter 3.000MW cada uma com dois ou três reatores em cada sítio. O Ministério da Economia da Polônia disse maio de 2014 que a Polônia planeja gerar 12 por cento de sua eletricidade a partir de fonte nuclear em 2030.



O projeto final e as licenças são esperados para estar prontas em 2018, permitindo que a construção comece em 2020. Segundo o Primeiro Ministro, Tusk, o governo está convicto que a energia nuclear constitui uma boa alternativa as necessidades energéticas da Polônia, assim como uma grande oportunidade de negócios, com a possibilidade de venda de energia para a Alemanha.

**Sítio em Zarnowiec – Polônia**

O sítio de Zarnowiec poderá ser aproveitado devido à infraestrutura que já é disponível.

Em 1986 a Rússia estava construindo 4 reatores WWER, 440MW para a Polônia em Zarnowiec ao norte de Gdansk, mas o projeto foi abandonado em 1989, após um referendun popular, fortemente influenciado pelo acidente de Chernobyl.

Os reatores que já estavam entregues foram vendidos para a Finlândia (Loviisa) e para a Hungria (Paks). O sítio existente hoje (foto) talvez seja usado pela futura central aproveitando a infraestrutura e os estudos já realizados.

Em abril de 2010 foi assinado um memorando de cooperação entre a Westinghouse e a polonesa Polska Grupa Energetyczna (PGE) para estudar a viabilidade de construção de um reator de terceira geração (Generation III+) na Polônia (AP1000).

O Parlamento polonês aprovou em julho de 2011 a última lei necessária para o começo de construção da primeira Central Nuclear do país. A tecnologia escolhida deverá estar entre os fornecedores AREVA, GE Hitachi e Westinghouse e em 9/12/11 a PGE decidiu não participar do projeto e construção de Central de Visaginas na Lituânia e também não comprar energia da central russa Baltic em construção em Kaliningrado.

Em setembro de 2012 as empresas Tauron, Enea e a mineradora de cobre KGHM assinaram acordo com a PGE, a maior distribuidora no país, para participar do projeto de 6000 MW de capacidade nuclear que a PGE pretende implementar até 2030 e em setembro de 2013 PGE disse que vai manter a equidade de 70% na PGE EJ, com 10% cada detido por ENEA, Tauron e KGHM, e todas as quatro partes rubricaram um acordo nesse sentido. O governo polonês solicitou à PGE que lidere um consorcio para a construção de 2 usinas nucleares em sítios separados, mas há dúvidas quanto ao financiamento necessário. Nenhum contrato está assinado.

Em 30 de janeiro de 2014 o governo polonês adotou programa de energia nuclear (PPEJ). O programa define, entre outros, o cronograma para a construção de duas usinas nucleares de 3.000 MW cada e preparação da regulação e da organização para estes investimentos de infraestrutura. O programa também inclui a justificação econômica para a implantação da energia nuclear na Polônia e seu financiamento, as formas de lidar com o combustível nuclear irradiado e com os resíduos radioativos. A localização das duas unidades será feita até o fim de 2016; construção está prevista para começar em 2020 e deverá ser concluída no final de 2024.

Um Instituto Polaco de Assuntos Internacionais (PISM) realizou uma pesquisa em agosto de 2014 (N = 1000) que mostrou o apoio público para a construção de primeira usina nuclear do país em 64%.

22 de janeiro de 2016 (NucNet) o ministro da Energia Krzysztof Tchorzewski da Polônia informou que o governo da Polônia pode adiar ainda mais a construção do primeiro reator nuclear do país uma vez que os custos permanecem imprevisíveis. O projeto foi anunciado pela primeira vez em 2009 pelo governo anterior da Polônia como parte de um esforço para encontrar alternativas para a geração de energia a carvão. Desde então, o projeto tem sido atingido por atrasos devido à queda dos preços de energia e ao acidente de Fukushima-Daiichi do Japão 2011, o que afetou o apoio do público. Apesar desses obstáculos, o governante Partido Lei e Justiça, que venceu uma eleição parlamentar em outubro de 2015, pretende manter o plano. "O programa vai continuar, especialmente porque há potencial de investigação na Polônia," Mr. Tchorzewski disse. "Mas nós estamos enfrentando o dilema quanto ao tempo para executar isso. Não foi decidido ainda. "Prazos oficiais do projeto são ter a primeira unidade em operação em 2025.

## República Checa

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWH)	% do total gerado em 2014
Rep. Checa	6	3760	0	0	28,636	35,8

A República Checa é rica em depósitos de carvão mineral e é a terceira maior exportadora de eletricidade da Europa. O país tem cerca de 10,5 milhões de habitantes e 6 usinas (Dukovany 1 a 4 e Temelin 1 e 2, todos VVER) em operadas pela empresa CEZ que produziram 28,636 TWh em 2014, o que representou 35,8% da energia elétrica do país.



Temelin nuclear power plant (foto ČEZ)

Foi aberta uma concorrência internacional para fornecer dois novos reatores no sítio de Temelin, onde por razões políticas somente dois dos quatro reatores originalmente previstos foram construídos. Os fornecedores que apresentaram ofertas foram AREVA (francesa), Westinghouse (americano / japonês) e Rosatom (russa).

O resultado final deveria ser anunciado em 2013, mas a AREVA foi desqualificada pela comissão julgadora da concorrência e decidiu recorrer da decisão.

Após meses de atraso no resultado da concorrência, A empresa CEZ decidiu cancelar o projeto porque o governo não dava garantia de preço para a energia que justificasse o montante de investimento.

O status atual é o governo assumir o projeto através de uma nova estatal para garantir o suprimento de energia em 2020. Foi solicitada também a extensão de vida útil dos 4 reatores da central Dukovany que já tem mais de 20 anos de operação de forma a que possam gerar até 2025 – 2028. Estão previstos grande quantidade de trabalho e muito investimento para permitir a ampliação de vida útil. As atividades devem começar em 2015 e contemplarão também o aumento de potência em até 500 MW(e). O governo checo declarou que continuará com seus planos para construção de mais reatores nucleares e que sua matriz para geração de energia elétrica será 50% desta fonte até 2040 (hoje corresponde a cerca de 1/3 do total), conforme demonstrado na sua política energética em 8 de novembro de 2012.

Em 2015 o governo declarou que a República Checa está empenhada com a energia nuclear e, em particular, com o cumprimento do Plano de Desenvolvimento de Energia Nuclear adotada pelo governo em junho de 2015.

### Republica Checa - Reatores de Potência em Operação - 2015

Reator	Tipo /Modelo	Capac Líq. MWe	ano da 1ª conexão	Ano de término de vida útil
Dukovany 1	VVER-440 V-213	468	1985	2025
Dukovany 2	VVER-440 V-213	471	1986	2026
Dukovany 3	VVER-440 V-213	468	1986	2026
Dukovany 4	VVER-440 V-213	471	1987	2027
Temelin 1	VVER-1000 V-320	1023	2000	2020
Temelin 2	VVER-1000 V-320	1003	2003	2022
<b>Total (6)</b>	6 unidades	<b>3.904</b>		

Os reatores da Central de Dukovany poderão ainda suprir aquecimento para a sua vizinhança, a cidade de Brno a 40 km de distância, segundo estudo de impacto ambiental submetido às autoridades locais pelo operador.

Em junho de 2015, o gabinete do Ministério do Comércio e Indústria aprovou um plano de longo prazo para a indústria nuclear, envolvendo uma nova unidade em Dukovany e, possivelmente, mais três em dois locais. Foi recomendado que CEZ criasse uma empresa subsidiária para preparar planos de construção e exploração de opções de financiamento dos novos reatores, embora o primeiro não possa ser aprovado até 2025.

O estudo de viabilidade para um novo reator em Dukovany está em andamento, e CEZ está se preparando para uma avaliação ambiental no local. O Pedido de autorização de construção está previsto para 2025. O ministro da Indústria e Comércio em maio/ 2015 disse que Dukovany 5 tem prioridade sobre Temelin.



Central Nuclear Dukovany – República Checa (Imagem: Petr Adamek)

A população seria beneficiada pela redução de emissões e pela estabilização do custo do aquecimento. Por solicitação do governo esta central passou, em junho de 2011, por inspeção de segurança da AIEA (Operational Safety Review Team - OSART) no qual se concluiu que a central é segura, mas que precisa algumas melhorias em suas práticas de segurança as quais foram recomendadas pelo relatório da inspeção.



Em agosto de 2015 as unidades 1 e 2 da central nuclear Dukovany foram retiradas de operação para controle da soldagem de tubos cujos testes de raios-X de solda apresentaram falhas (falhas no trabalho de subempreiteiro que fez os exames de raios-X). A CEZ informou que as inspeções levaram mais tempo do que o esperado - 167 dias para a Unidade 1 e 148 dias para a Unidade 2. As unidades retomaram a operação comercial em fevereiro de 2016.

Não há política de reprocessamento de combustível irradiado, com CEZ sendo a responsável pela guarda dos mesmos.

A República Checa faz parte do Tratado de Não-Proliferação Nuclear (TNP), desde 1993, como um Estado sem armas nucleares.

## Romênia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWH)	% do total gerado em 2014
<b>Romênia</b>	<b>2</b>	<b>1.300</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10,753</b>	<b>18,5</b>

A Romênia tem 19,8 milhões de habitantes e 2 usinas nucleares (Cernavoda 1 e 2- PHWR 650 MW) em operação comercial com 18,5% da geração elétrica suprida por reatores nucleares em 2014. Estes são os únicos reatores tipo CANDU-6 em operação na Europa. As duas usinas são operadas pela SNN- Societatea Nationala Nuclearelectrica. As unidades 3 e 4 (720 MWe Candu, cada uma) enfrentam problemas de financiamento e têm início da operação comercial indefinido, não sendo mais consideradas em construção.



Central Nuclear de Cernavoda – Romênia

Um acordo entre seis companhias investidoras - ENEL (9.15%), CEZ (9.15%), GDF Suez (9.15%), RWE Power (9.15%), Iberdrola (6.2%), and ArcelorMittal Galati (6.2%) - e a SNN-Societatea Nationala Nuclearelectrica (51%) da Romênia foi assinado em 20 de novembro de 2008 para a conclusão dos reatores de Cernavoda-3 e -4 (PHWR Candu -750 MW cada), no mesmo sítio das usinas 1 e 2 em operação. Em 2011 as empresas européias Iberdrola (6.2%), RWE Power (9.15%), GDF Suez (9.15%), CEZ (9.15%), desistiram de

participar do projeto devido às incertezas econômicas e de mercado e a SNN- Societatea Nationala Nuclearelectrica passou a deter 84,65% do investimento.

Os reatores do país são tipo CANDU (PHWR) e o projeto prevê resistência a grandes terremotos, estando localizado acima da área teoricamente atingida pela maior enchente do Rio Danúbio (num estudo de previsão para 10.000 anos), e também muito acima do nível do mar Negro, entre outros questionamentos quanto a sua segurança. Segundo as autoridades do país seria muito difícil algo similar a Fukushima acontecer. O país produz seu próprio combustível desde os anos 80 na Nuclear Fuel Plant (FCN) em Pitesti.

A água pesada necessária ao funcionamento de reatores CANDU (Canadian Deuterium Uranium) é produzida pela empresa Romanian Authority for Nuclear Activities (RAAN) no sudoeste do país, perto de Drobeta-Turnu Severin.

O Combustível irradiado é armazenado nos reatores de seis a dez anos. Em seguida, é transferido para uma instalação de armazenamento a seco (DICA) em Cernavoda, baseada no sistema Macstor concebido pela canadense AECL, onde permanecerá durante cerca de 50 anos, sob a responsabilidade de Nuclearelectrica. O primeiro módulo foi encomendado em 2003.

O repositório nacional para resíduos radioativo industrial de baixa intensidade (DNDR) tem sido operado desde 1985, em Baita Bihor, em duas galerias da antiga mina de urânio Baita. Sua capacidade é de 21.000 tambores padrão de 220 litros. Sob a lei romena, rejeitos e resíduos de rocha da mina são considerados resíduos radioativos.

A Romênia faz parte do Tratado de Não-Proliferação Nuclear (TNP) desde 1970 como um Estado sem armas nucleares. O país é membro do Grupo de Fornecedores Nucleares. É signatário do Protocolo Adicional em relação aos seus acordos de salvaguardas com a AIEA desde 2000.

<b>Romênia - Reatores de Potência em Operação - 2015</b>			
<b>Reator</b>	<b>Tipo /Modelo</b>	<b>Capac Líq. MWe</b>	<b>ano da 1ª conexão</b>
<b>Cernavoda 1</b>	<b>Candu 6</b>	<b>655</b>	<b>1996</b>
<b>Cernavoda 2</b>	<b>Candu 6</b>	<b>655</b>	<b>2007</b>
<b>Total</b>	<b>2 unidades</b>	<b>1310 MWe</b>	

A empresa SNN disse que a China através da China Nuclear Power Engineering Co. - CNPEC estaria interessada no projeto das duas novas Cernavoda, e também a Coréia do Sul. A concorrência internacional aberta em novembro de 2011 não recebeu ofertas.

Em outubro de 2012 o governo romeno solicitou que as empresas que desistiram de participar do projeto reconsiderassem sua decisão e retomassem as discussões. Devido a dificuldades de financiamento o governo romeno não forneceu os fundos prometidos e a SNN não foi capaz de arcar com os custos do projeto. O grande problema enfrentado pelo país é a falta de recursos para terminar suas construções.

Em outubro de 2014, Nuclearelectrica disse que tinha escolhido China General Nuclear Power Corporation (CGN) como o investidor final para a construção das unidades 3 e 4 em Cernavodã. A construção da Unidade 5 foi oficialmente cancelada. Foi informado que as estruturas de concreto já estão construídas. Unidade 3 é relatada como estando 53% completada e a unidade 4 é de 30%. Elas terão uma vida útil de 30 anos, com a possibilidade de extensão de mais 25 anos.

## Rússia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
Rússia	35	26.053	8	7104	169,064	18,6

A Rússia tem 146 milhões de habitantes e 35 usinas (26.053 MW) em operação, sendo 18 PWR (VVER); 15 RBMK ou LWGR– (o mesmo modelo da usina ucraniana Chernobyl) e 2 FBR. Existem ainda mais 8 reatores em construção (8 VVER) com capacidade de 6.582 MW líquidos e 22 planejadas (25.200MW líquidos), já com local escolhido e data de início de operação prevista (até 2030).

### **Rússia - Reatores de Potência em construção - 2015**

Reator	Tipo /Modelo	Localização	Capac Líq. MWe	Capac bruta MWe
AKADEMIK LOMONOSOV-1	PWR	PEVEK	32	38
AKADEMIK LOMONOSOV-2	PWR	PEVEK	32	38
BALTIC-1	PWR	Neman	1109	1194
LENINGRAD 2-1	PWR	SOSNOVYY BOR	1085	1170
LENINGRAD 2-2	PWR	SOSNOVYY BOR	1085	1170
NOVOVORONEZH 2-1	PWR	NOVOVORONEZH	1114	1199
NOVOVORONEZH 2-2	PWR	NOVOVORONEZH	1114	1199
ROSTOV-4	PWR	VOLGODONSK	1011	1100
<b>Total</b>	8 unidades		6582	7108

Existem ainda mais 24 unidades (24.180MW) previstas para futuro, porém com datas ainda incertas. As usinas em operação produziram em 2014 mais de 169 TWh de energia ou 18,6% da energia do país. O consumo per capita do país é quase 3 vezes maior que o brasileiro, para uma população de cerca de 143 milhões de habitantes.

A Rússia também opera uma frota de seis grandes quebra-gelos de propulsão nuclear e um navio de carga de 62.000 toneladas que são mais civis do que militar. Rússia e EUA

também já descomissionaram muitos de seus submarinos nucleares da época da Guerra Fria.

Em Outubro de 2015 De a Rosenergoatom, estatal russa de energia nuclear, declarou que a produção de energia nuclear será maior neste ano graças a paradas de manutenção



mais eficientes, bem como o custo favorável da produção de energia nuclear em comparação com usinas a gás devido a preços mais elevados do gás natural. Tal geração também compensará a queda na geração hidrelétrica no período. O recorde aguardado será devido também à operação anual da nova usina Rostov 3, de 1011 MWe.

**Central Nuclear Kursk composta de 5 reatores - tipo LWGR - foto: Atomenergoproekt**

Até 2030, 24 usinas deverão encerrar sua vida útil e muitas das novas serão as reposições das que se aposentam. Os RBMK devem terminar sua vida útil até 2024.

A Rússia vem firmando uma série de acordos comerciais e de cooperação com diversos países para construção de novos reatores, desenvolvimento e exploração de combustíveis nucleares e pesquisa em geral na área nuclear.

Estas atividades formaram uma grande rede de influência mundo afora, que segundo seus dirigentes permitirá ao país ser fornecedor de 30% dos novos negócios na área nuclear, podendo chegar a 38% do mercado de reatores e serviços nucleares em 2030.

O futuro é de otimismo para a estatal russa Rosatom que com novos contratos para operações nucleares em todo o mundo e já soma uma carteira de encomendas superior a US\$ 110 bilhões até 2025. A empresa se consolida hoje como um dos principais nomes do mercado e traça metas para ampliar seus projetos em mais US\$ 50 bilhões nos próximos três anos.

Atualmente, a companhia detém contratos para a construção de 30 reatores de energia nuclear, distribuídas em 12 países, além de outros dez acordos em processo de negociação. No total, a carteira somada da estatal chega à marca dos US\$ 300 bilhões.

O crescimento nas encomendas externas vem impulsionando o crescimento da Rosatom, e a tendência é de que as demandas aumentem nos próximos anos, uma vez que mais países aderem à geração de energia nuclear. Até 2030, a empresa, liderada pelo CEO Sergei Kiriyenko, espera superar o pedido para construção de mais de 80 reatores.

O foco no mercado internacional já rende frutos sobre o faturamento da companhia. As receitas com exportações subiram 28% em 2015, chegando a US\$ 6,4 bilhões frente aos US\$ 5 bilhões registrados no último ano.

<b>Rússia - Reatores de Potência em Operação - 2015</b>				
<b>Reator</b>	<b>Tipo /Modelo (V=PWR)</b>	<b>Capac Líq. MWe</b>	<b>ano da 1ª conexão</b>	<b>Ano de término de vida útil</b>
Balakovo 1	V-320	988	mai/86	2045
Balakovo 2	V-320	1028	jan/88	2033
Balakovo 3	V-320	988	abr/89	2034
Balakovo 4	V-320	988	dez/93	2023?
Beloyarsk 3	BN-600 FBR	560	nov/81	2025
Beloyarsk 4	BN-800 FBR	789	-2016	
Bilibino 1-4	LWGR EGP-6	11	4/74-1/77	2019-22
Kalinin 1	V-338	950	jun/85	2025?
Kalinin 2	V-338	950	mar/87	2032
Kalinin 3	V-320	988	nov/05	2034
Kalinin 4	V-320	950	set/12	2042
Kola 1-2	V-230	432, 411	12/73, 2/75	2019, 2020
Kola 3-4	V-213	411	12/82, 12/84	2026, 2039
Kursk 1&2	RBMK	1020, 971	10/77, 8/79	2022, 2024
Kursk 3	RBMK	971	mar/84	2029
Kursk 4	RBMK	925	fev/86	2030
Leningrad 1	RBMK	925	nov/74	2019
Leningrad 2	RBMK	971	fev/76	2021
Leningrad 3	RBMK	971	jun/80	2025
Leningrad 4	RBMK	925	ago/81	2026
Novovoronezh 3	V-179	385	6/72,	2016?
Novovoronezh 4	V-179	385	mar/73	2017?
Novovoronezh 5	V-187	950	fev/81	2035 potential
Smolensk 1	RBMK	925	set/83	2028
Smolensk 2	RBMK	925	jul/85	2030
Smolensk 3	RBMK	925	jan/90	2034
Rostov 1	V-320	990	mar/01	2030?
Rostov 2	V-320	990	out/10	2040
Rostov 3	V-320	1011	set/15	2045
<b>Total</b>	<b>35 unidades</b>	<b>26.053 MWe</b>		

O foco da política energética russa é a geração nuclear que visa permitir a exportação de seu gás natural para a Europa – mais lucrativa do que seu uso para a geração doméstica de eletricidade – e a substituição de seu parque gerador, já no fim de sua vida útil.

As usinas russas são licenciadas para uma vida útil de 30 anos. Atualmente estão em andamento processos de extensão de vida para 10 usinas de reatores de primeira geração

(Kursk 1&2, Kola 1&2, Bilibino 1-4, Novovoronezh 3&4) totalizando 4,7 GWe a serem revitalizados por 15 a 25 anos, após investimentos para reformá-los. Três reatores RBMK receberam licença para operar por mais 15 anos (Leningrad 1, 2 e 3), podendo operara até 2018, 2022 e 2024, respectivamente, após melhorias no projeto original.



A crise econômico-financeira do final de 2008 atingiu fortemente a economia russa com a produção industrial caindo mais de 7% e, conseqüentemente, diminuindo o consumo de energia. Apesar disso, seus dirigentes afirmam que os planos nucleares serão apenas “alongados” no tempo, permitindo que as novas usinas sejam conectadas mais tarde, em 2020.

**Sala de controle de um dos reatores da Central de Leningrad - (RBMK ou LGWR)**

A reposição de reatores antigos por outros novos continua como parte dos planos de redução de emissões de carbono em 25 % até 2020.

Em novembro de 2011 o órgão regulador russo – Rosetekhnadzor forneceu a licença para a central Baltic Nuclear Power Plant em Kaliningrad composta de dois reatores VVER 1.200MW e a Rosatom, estatal nuclear russa, iniciou em fevereiro de 2012 a construção da central, na fronteira com a Lituânia (apenas 10 Km de distância) que é vista como concorrente a central de Visaginas que iria repor a energia de Ignalina (reator RBMK lituano fechado em 2009). Em 13/06/2013, o projeto da usina nuclear Báltico foi parado, temporariamente, devido redução de consumo de energia na região. Cerca de oito Reatores de menor (unidades de 40 MW (e)) estão sob consideração para atender sistema de energia elétrica da região de Kaliningrado.

Outra novidade russa é a usina nuclear flutuante que a população de Pevek, localidade russa situada na região ártica de Chukotka aprovou, após descartar que esta ameace o entorno da região. A proposta foi aceita em debate popular convocado pelas autoridades do município de Chaunski, onde fica Pevek, com a participação de funcionários, deputados e ativistas, segundo informou a agência oficial "RIA Novosti".

As autoridades locais organizaram uma exposição na biblioteca municipal sobre o projeto para informar aos habitantes da região sobre o impacto ecológico da central. As unidades estão previstas para operar em 2016 e 2018 respectivamente, o projeto também inclui a linha de transmissão que distribuirá e energia pelos vizinhos (BRELL - Belarus Rússia Estônia Latvia e Lituânia). Em 11 de novembro de 2013 a Rússia aprovou um plano para a construção de 21 novos reatores nucleares no país até 2030. As novas unidades terão uma capacidade combinada instalada total de 25.280 MW.

O plano, assinado pelo primeiro-ministro Dmitry Medvedev que foi publicado no dia 21 de novembro de 2013, foi incluído em um "esquema de planejamento energético regional e territorial", que inclui três desenvolvimentos para o setor de energia nuclear do país:

- construção de cinco as novas centrais nucleares de dois reatores cada, a serem chamados de Kostroma, Nizhny Novgorod, Seversky, South Ural e Tatar;
- construção de capacidade de substituição em três usinas nucleares existentes se aproximam do final de sua vida operacional, Kola, Kursk e Smolensk; e
- construção de uma Geração IV BN-1200 reator rápido refrigerado a sódio a Beloyarsk usina nuclear.



Com relação aos eventos de Fukushima, o país fará os mesmos testes que as nações da UE, mesmo não fazendo parte do Bloco.

Um programa de inspeções está em andamento nas centrais russas com relação aos possíveis riscos quando o operador se depara com falta de água e energia de emergência para os sistemas de refrigeração.

**Central nuclear de Volgodonsky (tipo PWR) na Rússia - Foto: Energoatom**

Em sequência em meados de junho de 2011 foi anunciado um programa de melhorias de segurança no valor de 15 bilhões de rublos (530 milhões de dólares) destinado a energia e água de emergência composto de 66 novos motores Diesel e 35 estações de bombeamento móveis e outras 80 bombas fixas, além da instrumentação e controle destes equipamentos.

Desde o evento de Fukushima, a Rússia manteve a construção da usina de Leningrado 2 (segunda fase), também construindo mais 2 usinas na China e 1 na Índia e já assinou contratos para construção de mais 12 usinas (4 na Turquia, 2 na Belarus, 2 em Bangladesh, 2 no Vietnã e mais 2 na Índia), que deverão ser iniciadas entre 2013 e 2015).

6 de janeiro de 2015 (NucNet): As especificações técnicas do reator russo de Geração IV-BN-1200, um reator nuclear rápido, refrigerado a sódio foram desenvolvidos e enviados para análise de peritos, pelo desenvolvedor do projeto- Afrikantov Experimental Design Bureau de Engenharia Mecânica (OKBM). O próximo passo do projeto é ter na documentação examinada por uma comissão de peritos técnicos do conselho científico e técnico da corporação nuclear estatal Rosatom e pelo operador nuclear, Rosenergoatom, informou OKBM. O BN-1200 é um reator refrigerado à sódio Geração IV, que será construído no local do Beloyarsk na Rússia central, perto de Yekaterinburg.

Em 14 de setembro de 2015, começou a construção do MBIR-Research Reactor, reator multiuso de Pesquisas da Rússia (NucNet): A Construção de MBIR foi considerada iniciada com a colocação de fundações de concreto da unidade, disse a corporação nuclear estatal Rosatom. O MBIR está sendo construído no local do Instituto de Pesquisa de reatores atômicos (NEAR) em Dimitrovgrad na região de Ulyanovsk da Rússia ocidental.

A construção está prevista para ser concluída em 2020. O reator de 150 megawatts vai usar principalmente sódio como um refrigerante e vibropacked-óxido misto (VMOX) como combustível. VMOX é uma variante russa de combustível MOX em que os pós de óxido de urânio-plutônio

misturados e pó de urânio-óxido fresco são carregados diretamente no tubo de revestimento do conjunto de combustível em vez de primeiro a ser fabricado em pelotas.



**Novovoronezh na Rússia 3 unidades em operação, 2 em Construção**

O MBIR irá ser utilizado para o desenvolvimento de materiais para a geração IV reatores de nêutrons rápidos, informou a Rosatom. Os cientistas vão usá-lo para realizar experimentos em os parâmetros de funcionamento de componentes do núcleo em condições normais e de emergência quando se utiliza de sódio, chumbo, chumbo e bismuto, refrigerantes gasosos e sal fundido.

### **Resíduos / Rejeitos Nucleares**

A Rússia reprocessa o combustível nuclear irradiado, tendo uma central de reprocessamento em Mayak nos Montes Urais.

Na área de descomissionamento a Rússia (Rosatom e Tvel) terminou o primeiro descomissionamento de uma instalação civil e a experiência adquirida será usada no futuro na indústria nuclear. O trabalho foi realizado em uma fábrica de pellets de urânio enriquecido que foi retornada ao estado sem atividade nuclear (greenfield status). O custo do projeto foi equivalente a 21 milhões de dólares e devido à complexidade do trabalho (desmonte de equipamento, demolição de estruturas, remoção de solo contaminado, etc.) levou quase 4 anos.



## Suécia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
<b>Suécia</b>	<b>10</b>	<b>9.388</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>62,270</b>	<b>41,5</b>

A Suécia possui 10 reatores nucleares em operação que produziram 62,270 TWh de energia em 2014, ou 41,5% da energia gerada no país no ano. Existem 3 reatores fechados, sendo 1 por término de vida útil (Agesta) e 2 (Barsebäck) por decisão política.

O aumento de capacidade dos reatores existentes no país atingiu cerca de 1150 MW e conseguiu praticamente equivaler à capacidade dos 2 reatores Barsebäck-1 (BWR-600MW) e 2 (BWR-615 MW), fechados prematuramente em 2004 e 2005.

Com uma população de cerca de 9 milhões de habitantes tem 1 reator nuclear por milhão de residentes.

Reatores Nucleares na Suécia - 2015					
Reator	Tipo	MWe liq.	operação Comercial	fechamento (aprox.)	Operador
Oskarshamn 1	BWR	473	1972	2022?	OKG
Oskarshamn 2	BWR	638	1974	2034	OKG
Oskarshamn 3	BWR	1400	1985	2035	OKG
Ringhals 1	BWR	859	1976	2026	Vattenfall
Ringhals 2	PWR	866	1975	2025	Vattenfall
Ringhals 3	PWR	1045	1981	2041	Vattenfall
Ringhals 4	PWR	950	1983	2043	Vattenfall
Forsmark 1	BWR	987	1980	2040	Vattenfall
Forsmark 2	BWR	1000	1981	2041	Vattenfall
Forsmark 3	BWR	1170	1985	2045	Vattenfall
<b>Total</b>	10 unidades	9388			

A produção de energia elétrica na Suécia é dominada por duas formas de geração- a hidrelétrica com cerca de 50% da capacidade e a nuclear com 45%. A expansão destas produções era limitada por legislações que protegiam os rios e proibiam a construção de novos reatores.

Em junho de 2010, a legislação que baniu a construção de novos reatores foi oficialmente abolida pelas autoridades do país e desde janeiro de 2011 novos reatores poderão ser construídos para substituir os mais antigos quando do término de vida útil ou para aumentar a capacidade de geração e garantir a segurança energética do país.

Em 2013 a empresa sueca Vattenfall informou que está procurando áreas de terra ao lado da Central Ringhals para aquisição objetivando a construção de um novo reator, que pela lei vigente no país só pode ser instalado ao lado dos reatores existentes e em substituição.



**Central Nuclear de Ringhals (4 reatores- 3560MW)**

Até 2025 pelo menos 4 reatores atingirão o término da vida útil e serão fechados ocasionando a perda de mais de 22 TWh de energia firme no país.

A energia nuclear enfrenta um futuro incerto na Suécia. Os principais partidos políticos, incluindo o Partido Verde da coalizão do governo recentemente defendeu fortemente uma política de desmantelamento prematuro da frota nuclear sueca.

Ao examinar os impactos que encerrar Barsebäck gerou no ambiente, na saúde e (em menor grau) os impactos econômicos da implementação desse plano, estima-se que a decisão política de resultou em cerca de 2.400 mortes relacionadas com a produção de energia que seriam evitáveis e em um aumento das emissões globais de CO<sub>2</sub> de 95 milhões de toneladas até a data de Outubro de 2014.

A operadora de Oskarshan 1 informou em fevereiro de 2016 que a usina encerrará a operação em julho de 2017, após 45 anos de atividades.

A frota de reatores suecos como um todo atingiu até agora apenas seu ponto intermediário



da produção, e tem um potencial de produção remanescente de até 2.100 TWh. Os reatores têm o potencial de prevenir 1,9 a 2,1 gigatoneladas de emissões futuras de CO<sub>2</sub>, se autorizados a operar nos seus tempos de vida completos. O potencial para a prevenção de futuros óbitos relacionados com a geração de energia varia entre 50.000-60.000.

**Central Nuclear de Forsmark maior central do país**

Estima-se a perda de 800 bilhões de coroas suecas (120 bilhões de dólares) para queda da receita fiscal produzida por uma política de eliminação rápida da energia nuclear no país. Em suma, a evidência mostra que a implementação de uma política de "livre de usinas nucleares 'para a Suécia (ou países em situação similar) constituiria um passo altamente retrógrada para o clima, saúde e proteção econômica.

O processo já foi iniciado através do encerramento antecipado da central Barsebäck, porém o governo Sueco, através de seu Primeiro Ministro, declarou que manterá a decisão de repor os reatores nucleares ao final de sua vida útil por novas nucleares.

## Resíduos / Rejeitos Nucleares

Com um parque gerador nuclear em que todos os reatores têm entre vinte e dois e quarenta anos de operação a segurança de operação e os processos de guarda de resíduos são uma preocupação constante.

A Companhia de Gerenciamento de Combustível e Rejeitos - SKB, uma empresa independente de propriedade dos operadores de usinas nucleares da Suécia, escolheu, em junho de 2009, um sítio (Östhammar) localizado próximo à Central Forsmark para sediar o depósito final de combustível irradiado do país.



A população é incentivada a conhecer as soluções propostas como política de esclarecimento geral.

Anualmente mais de 10.000 pessoas visitam a área de cavernas de teste do laboratório Aspo Hard Roch, um modelo onde o combustível usado de centrais nucleares poderá ser armazenado.

**Östhammar – Suécia - Local selecionado para construção de depósito definitivo de rejeitos nucleares**

Em 1 Fevereiro de 2016 (NucNet) - A Autoridade Sueca de Segurança para a radiação (SSM) declarou que a solicitação de permissão para construir um repositório geológico profundo para o combustível nuclear gasto em Forsmark, ao norte de Estocolmo, feita pela Companhia de Gerenciamento de Combustível e Rejeitos SKB é "suficientemente completa" para ser examinada. De acordo com o SSM, as partes interessadas, públicas ou privadas têm até 30 de abril 2016 para apresentarem as suas observações sobre o processo de candidatura do local.

A decisão final por parte do governo é esperada em 2017. Em novembro de 2015, após uma avaliação preliminar, SSM disse que a escolha da SKB do site Forsmark foi o mais adequado, mas considerações adicionais foram necessárias antes de enviar um parecer final para o governo. SKB espera que a construção e o comissionamento do repositório possa ser concluídos até 2028, quando as operações em teste começariam. A operação comercial está prevista para 2030.

O pedido incluía um pedido separado para construir uma instalação de encapsulamento para combustível nuclear irradiado na instalação provisória existente Clab perto de Oskarshamn, sul da Suécia.

## Suíça

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWH)	% do total gerado em 2014
<b>Suíça</b>	<b>5</b>	<b>3.308</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>26,467</b>	<b>37,9</b>

A Suíça possui 7,6 milhões de habitantes e 5 reatores nucleares em operação (3.252 MW de capacidade instalada líquida distribuída em 3 PWR e 2 BWR) que produziram 26,467 TWh de energia em 2014, o que representa 37,9% da energia elétrica produzida no país. Isso representa cerca de um reator para cada milhão e meio de habitantes.

<b>Suíça- Reatores de Potência em Operação - 2015</b>				
Reator	Tipo /Modelo	Capac Líq. MWe	ano da 1ª conexão	Ano de término de vida útil
<b>Beznau 1</b>	<b>PWR</b>	<b>365</b>	<b>1969</b>	<b>2019</b>
<b>Beznau 2</b>	<b>PWR</b>	<b>365</b>	<b>1971</b>	<b>2021</b>
<b>Gösgen</b>	<b>PWR</b>	<b>985</b>	<b>1979</b>	<b>2019</b>
<b>Mühleberg</b>	<b>BWR</b>	<b>372</b>	<b>1971</b>	<b>2022</b>
<b>Leibstad</b>	<b>BWR</b>	<b>1165</b>	<b>1984</b>	<b>2034</b>
<b>Total</b>	<b>5 unidades</b>	<b>3.252</b>		

Esses reatores foram projetados para operar por 50 anos, e atualmente têm licença para operar por tempo que varia de 2019 a 2034 quando do término de vida útil dos reatores.

As autoridades federais suíças analisavam três pedidos de construção de novas usinas nucleares quando ocorreu o acidente de Fukushima Daiichi e como consequência estes processos foram suspensos. As leis propostas de abandono da energia nuclear não são rígidas e incluem avaliação periódica da situação energética do país e do desenvolvimento tecnológico mundial de forma a permitir mudanças políticas quanto à energia. Em pesquisa realizada em outubro de 2013 foi verificado que era forte o apoio ao uso continuado da energia nuclear com 68% de opiniões favoráveis. No contexto geral o posicionamento é que energia nuclear é essencial ao mix energético do país e que mais debates são necessários antes de abandonar a tecnologia.

A câmara parlamentar Suíça votou contra a limitação vidas operacionais reactor- O Conselho dos Estados da Suíça concordou em não colocar limites legais sobre o tempo útil de operação dos reatores nucleares do país. O Conselho também rejeitou uma proposta que foi apoiada pela Inspeção Federal de Segurança Nuclear, de exigir que os operadores a apresentassem um conceito operacional de longo prazo a cada 10 anos, uma vez que o reator atingisse 40 anos de serviço.

No suprimento de combustível para os reatores o urânio necessário é produzido pelo mercado mundial, o enriquecimento e a fabricação é feita por diversos contratos internacionais.

No tange ao evento de Fukushima o país fez os mesmos testes que as nações da UE, mesmo não fazendo parte do Bloco. As conclusões dos testes são de que as centrais têm altos níveis de segurança.

#### Central Nuclear de Leibstad - BWR 1.165 MW

A Federação de Inspeção da Suíça para a Segurança Nuclear (ENSI) informou que o operador da central nuclear de Mühleberg- implementou todas as recomendações feitas por um time de revisão de segurança Operacional (OSART) em missão da Agência Internacional de Energia Atômica realizada em outubro de 2012.



#### Resíduos Nucleares

A Suíça procura há tempos um local adequado para construir um depósito final dos rejeitos atômicos.

Por enquanto, ele é transportado para depósitos intermediários em Sellafield (Inglaterra) e La Hague (França), mas deverá retornar ao país quando houver esta definição. A previsão da entrada em operação dos depósitos para rejeitos é até 2024. Os cinco reatores suíços produzem anualmente cerca de 75 toneladas de combustível irradiado que ao final da vida útil totalizarão de 3.000 a 4.300 toneladas (cerca de 7.300m<sup>3</sup>), dependendo das condições operacionais de cada planta.

A empresa responsável pelo gerenciamento dos resíduos nucleares em geral calcula também que os de baixa e média atividade e os provenientes das áreas médicas farão um total de 93.000 m<sup>3</sup>. Os custos gerados pelo descomissionamento das usinas, pela guarda e transporte, repositório intermediário e depósito geológico profundo destes materiais, além da necessária pesquisa e desenvolvimento, já é pago pelos consumidores nas suas contas de energia. Os produtores de resíduos médicos pagam uma taxa ao governo que é o responsável por todo este serviço.

## Ucrânia

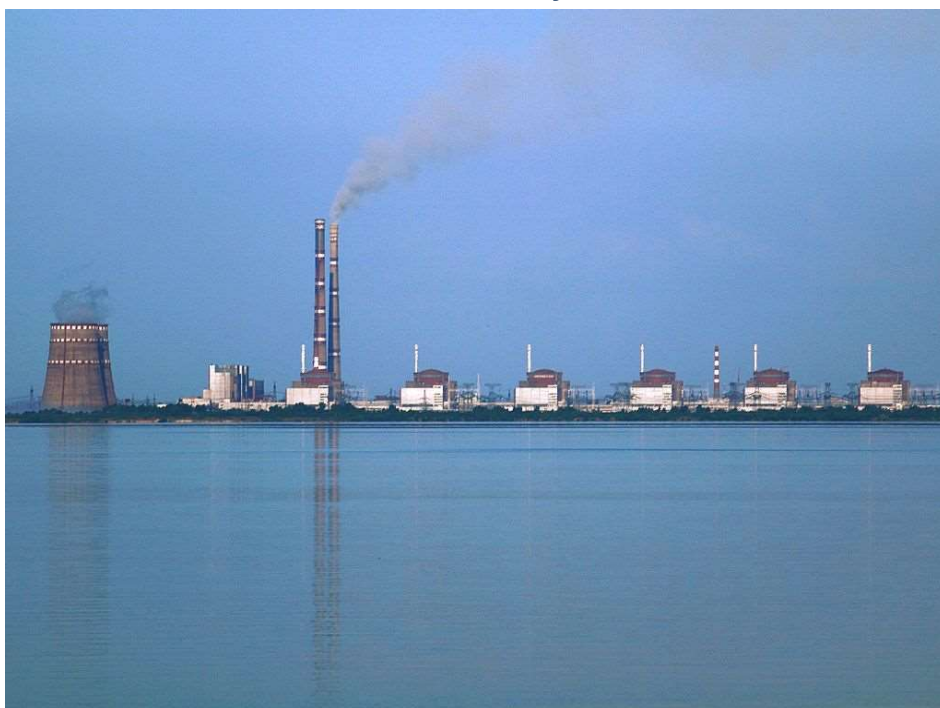
País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
<b>Ucrânia</b>	<b>15</b>	<b>13.107</b>	<b>2</b>	<b>2.000</b>	<b>83,122</b>	<b>49,4</b>

Com cerca de 45,5 milhões de habitantes (censo 2013) e as dimensões do Estado de Minas Gerais, no Brasil, o país tem um reator para cada 3 milhões de habitantes e consome quase o dobro da energia per capita dos brasileiros. A Ucrânia tem 15 reatores em operação com capacidade instalada de 13.107 MW (13 VVER 1000MW e 2 VVER 400 MW) e 4 unidades fechadas (a central de Chernobyl – 3 RBMK 925 MW e 1 RBMK 725 MW). A central nuclear de Zaporizhia, no leste da Ucrânia, é a maior da Europa com 6 reatores tipo VVER de 950 MW cada um. Em 2013 as usinas nucleares ucranianas produziram 83,122 TWh que representaram 49,4% da energia elétrica do país.

As fontes principais de energia da Ucrânia são o carvão, o gás e o urânio, mas o gás não é explorado e junto com o petróleo são importados da Rússia, que também fornece o combustível nuclear.

Essa dependência energética tem criado problemas políticos para o país que gostaria de encontrar substitutos para os fornecimentos energéticos.

Em 2004 a Ucrânia terminou a construção comissionou e colocou em operação comercial a



**Central Nuclear Zaporizhia (6 reatores VVER 950 MW, cada)**

unidade 2 da central Khmel'nitski (1000MW – VVER), e também a unidade 4 (1000MW – VVER) da central Rovno foi comissionada e entrou em operação.

A empresa russa Atomstroyexport irá terminar a construção das unidades 3 e 4 da central Khmel'nitski (1000MW – VVER, cada), conforme aprovado em outubro de 2008.

A construção havia sido suspensa em 1990. A usina 3 está com 75% dos trabalhos

concluídos e a usina 4 com 28%. Em dezembro de 2010 o órgão regulador da Ucrânia (State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine-SNRI ou SNRC) autorizou a extensão de vida útil, por mais 20 anos, dos reatores Rovno 1&2. Conforme dados da World Nuclear Association – WNA existem 14 reatores planejados na Ucrânia, sendo que 9 se destinam a reposição dos antigos que sairão de operação até 2035 e os outros são novos para atender as necessidades futuras de consumo do país.

Reatores em operação na Ucrânia				
Reator	Tipo (V=PWR)	MWe liq.	Início operação Comercial	Data provável de fechamento
<b>Região</b>				
<b>Khmelnitski 1</b>	V-320	950	Aug 1988	2018, 2032
<b>Khmelnitski 2</b>	V-320	950	Aug 2005	2035, 2050
<b>Rivne/Rovno 1</b>	V-213	381	Sep 1981	2030
<b>Rivne/Rovno 2</b>	V-213	376	Jul/82	2031
<b>Rivne/Rovno 3</b>	V-320	950	May 1987	2017, 2032
<b>Rivne/Rovno 4</b>	V-320	950	late 2005	2035, 2050
<b>Região Sul</b>				
<b>South Ukraine 1</b>	V-302	950	Oct 1983	2023, 2033
<b>South Ukraine 2</b>	V-338	950	Apr 1985	2015, 2025
<b>South Ukraine 3</b>	V-320	950	Dec 1989	2019, 2034
<b>Zaporozhe 1</b>	V-320	950	Dec 1985	2015, 2030
<b>Zaporozhe 2</b>	V-320	950	Feb 1986	2016, 2031
<b>Zaporozhe 3</b>	V-320	950	mar/87	2017, 2032
<b>Zaporozhe 4</b>	V-320	950	Apr 1988	2018, 2033
<b>Zaporozhe 5</b>	V-320	950	Oct 1989	2019, 2034
<b>Zaporozhe 6</b>	V-320	950	Sep 1996	2026, 2041
<b>Total</b>	<b>15 unidades</b>	<b>13,107 Mwe</b>		

Em Outubro de 2012 a Agência Internacional de Energia liberou uma revisão da política de energia da Ucrânia onde informam que o país irá necessitar entre 3 e 5 GW novos de capacidade de geração nuclear e que existe uma lista de possíveis sítios para estas construções. A decisão sobre novas centrais é esperada entre 2015 e 2018 com investimentos atingindo de 12 a 15 bilhões de dólares. O relatório considera a energia nuclear como um pilar principal da estratégia energética do país até 2030.

Em dezembro de 2013 a unidade 1 da central South Ukraine de 950 MW recebeu licença para extensão de vida de mais 10 anos do seu órgão regulador State Nuclear Regulatory

Inspectorate of Ukraine (SNRI) e vai operar até 2023. Também as usinas South Ukraine 2 e 3 estão no processo de extensão de vida que deve terminar em 2019.

### **Resíduos / Rejeitos Nucleares**

A Ucrânia não reprocessa seus resíduos e eles são mantidos nas próprias usinas. Os 4 reatores Chernobyl estão sendo descomissionados. A unidade 4 que foi destruída em 1986 por acidente nuclear, com explosão e liberação de radiatividade, está encapsulada em um sarcófago e uma nova estrutura de proteção está sendo construída sobre ele.

Após a queda da União Soviética a Ucrânia negociou a repatriação das ogivas nucleares que estavam no país (em 1991 havia 1.900 ogivas e 176 mísseis balísticos intercontinentais- terceiro arsenal no mundo) e a sua transformação em combustível nuclear, livrando-se também do risco de qualquer acidente com armas atômicas e podendo, então, assinar o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares - TNP.

Em 1991, a Ucrânia tinha no seu território de 1.900 ogivas nucleares estratégicas, com 176 mísseis balísticos intercontinentais (ICBMs) e 45 bombardeiros estratégicos. Isso constituía o terceiro maior arsenal nuclear do mundo. Ucrânia concordou em abrir mão dessas armas quando aderiu ao Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares - NPT, e da garantia de ter respeitada a sua integridade territorial e sua soberania, conforme o Memorando de Budapeste de 1994, assinado com a Rússia, os Estados Unidos e a Inglaterra.

### **Outros países europeus**

#### **Países Bálticos (Lituânia, Estônia, Latvia)**

Por serem muito pequenos para assumir os custos da construção de uma usina nuclear os países bálticos querem se consorciar para a construção de uma usina. Em conjunto também podem se beneficiar de linhas de crédito a que têm direito junto ao Nordic Investment Bank. O projeto poderia incluir a Polônia, mas esta desistiu de participar no final de 2011.

#### **Lituânia**

Em dezembro de 2009 foi fechado o último reator (RBMK) da Lituânia que estava em operação no país conforme o termo de adesão do país à União Europeia. A Lituânia vinha tentando manter em funcionamento até 2012 a usina nuclear Ignalia 2 (1.300-MW RBMK) em operação, mas não conseguiu reverter o parecer das autoridades europeias.

Será construído um repositório intermediário no próprio sítio da usina (contrato AREVA a ser pago pela União Europeia) para guardar os rejeitos de média e baixa atividade resultantes do descomissionamento da usina. Em março de 2010 foi assinado um acordo com a Suécia para construção de uma linha de transmissão para fornecer eletricidade ao país, enquanto não são disponíveis outras nucleares.



Como consequência do fechamento do reator o preço da energia elétrica no país subiu 31% em 2010. Já existe a proposta para um reator (Visaginas) na Lituânia, em consórcio com a Estônia e a Latvia, que os governos classificam como de implantação imediata para garantir segurança energética e aliviar a dependência do gás importado da Rússia, além de ajudar no cumprimento de metas europeias de redução de emissões de gases do efeito estufa.

A Lituânia decidiu em 14 de julho de 2011 que o fornecedor para o novo reator Visaginas será a Hitachi-GE com o reator tipo ABWR 1340 MW que deverá estar em operação em 2020. Em 23 de dezembro de 2011 foi assinado o contrato de fornecimento de serviços como o custo estimado em até 5 bilhões de euros. A Lituânia teria 38% da energia. A Polônia informou que não participará.

Outra solução para a falta de energia desta região é a proposta russa de construção de 2 VVER com capacidade de 1200 MW cada em Kaliningrad que é vizinha (10 Km) à Lituânia e à Polônia, cuja construção se iniciou em 2011 com operação prevista para 2016 e 2018. O projeto foi apresentado aos investidores como negócio com clientes garantidos.

Em outubro de 2012 os lituanos votaram contra a construção de uma nova usina no mesmo sítio onde anteriormente existia a central nuclear de Ignalina. Ainda pode haver, daqui a 2 anos, um segundo referendo. Uma decisão final sobre o investimento deverá ser tomada até 2015, que segundo a empresa Hitachi, permitiria a nova usina operar em 2022.

Em 2014 a usina Ignalina começou o desmonte e descontaminação dos equipamentos do hall da turbina da unidade 2.

Durante todo o processo de desmantelamento (até 2015), mais de 30 mil toneladas (30.358) de equipamentos e estruturas foram desmanteladas na central nuclear de Ignalina. Isto é 23,4% da quantidade total prevista para ser desmontada durante todo o processo de desmantelamento até 2038.

As quantidades de material desmantelado estão aumentando a cada ano desde o desligamento da planta. 2.844 toneladas de equipamentos e estruturas relacionadas foram desmanteladas em 2010, 3.125 toneladas em 2011, 3.557 toneladas em 2012, 5.118 toneladas em 2013, 7.188 toneladas em 2014, e 8.686 toneladas em 2015.

De acordo com o Plano Final de Desmobilização da NPP Ignalina, está previsto desmantelar 129,7 mil toneladas de equipamentos e estruturas no total. A maior parte do equipamento desmontado, após a descontaminação rigorosa pelo controle de medição de radionuclídeos, está sendo vendido nos leilões, como sucata de metal, mantendo-se o equipamento desmontado restante armazenados em buffer de armazenamento até a transferência para instalações de armazenamento final.

## África / Oriente Médio / Países Árabes Africanos



Construção de Barakah 1 nos Emirados Árabes - UEA (Foto cortesia da ENEC)

O continente africano tem enormes reservas fósseis e fontes hidráulicas que podem ser usadas para gerar energia, contudo a eletrificação e o consumo são em níveis muito baixos em especial nas áreas rurais uma vez que os países são incapazes de utilizar suas reservas devido às secas extremas, ao alto preço do petróleo, aos conflitos e à falta generalizada de recursos.

Os sistemas de transmissão de energia existentes são precários para dar o necessário suporte para a distribuição interna nos países além de apresentarem altas perdas. Existe a necessidade urgente de oferecer à população do continente eletricidade de qualidade e com confiabilidade.

A Energia Nuclear está em consideração por mais de 20 países africanos que não a possuem. No Oriente Médio e norte da África estão nesta condição os países do Golfo Pérsico incluindo a União dos Emirados Árabes, Arábia Saudita, Qatar e Kuwait, Yemen, Israel, Síria, Jordânia, Egito, Turquia, Tunísia, Líbia, Algeria, Marrocos, Sudão. No Oeste e Sul do continente: Nigéria, Gana, Senegal, Quênia, Uganda e Namíbia.

Existem programas de formação de mão de obra nuclear capitaneados pelos Estados Unidos e na concepção de pequenos reatores (50 a 200 MW) que poderiam ser a opção mais econômica para os países com menos recursos no continente.

## África do Sul

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWH)	% do total gerado em 2014
África do Sul	2	1800	0	0	14,762	6,2

A África do Sul possui dois reatores em operação (Koeberg 1 e 2 - PWR 900 MW cada), que em 2014 produziram 14,762 TWH, cerca de 6,2% da energia elétrica do país.

A África do Sul tem um projeto próprio de reator, mas por problemas de financiamento a empresa responsável, PBMR (Pty) Ltd está em fase de extinção, com a retirada do apoio do governo, que já havia investido, nos 11 anos de sua existência, cerca de 1,23 bilhões de dólares na empresa que oficialmente pertence à Eskon (Industrial Development Corp) e a Westinghouse.



A Ex Ministra de Energia - Dipuo Peters reiterou, em 2012, o compromisso do governo com a energia nuclear e com fontes renováveis, para a redução dos gases de efeito estufa e diversificação da matriz elétrica. Segundo ela, o acidente japonês trará lições que serão aproveitadas nos projetos que estão previstos para operar em 2023 já que nesta indústria as experiências são trocadas entre os países, beneficiando a todos.

Central Nuclear Koeberg (Photo by: Ruvan Boshoff)

O país pretende construir 9.600 MW de nova capacidade nuclear nas próximas 2 décadas como parte do plano de dobrar o suprimento energético da África do Sul, de 25.000 MW para 50.000 MW, a um custo total estimado de 89 bilhões de euros. Neste plano estão também energias eólicas, carvão e solar. Neste contexto foi assinado, em outubro de 2013, um memorando de entendimento entre a empresa sul-africana SEBATA (empresa de engenharia, suprimento e gestão de construção) e a Westinghouse para a preparação para a construção potencial de usinas nucleares AP1000 no país.

Ainda neste contexto, em agosto de 2014, segundo o operador da central nuclear - Eskom, a Areva NP ganhou um contrato para a substituição de seis geradores de vapor da usina de Koeberg. A Eskom diz ainda que a instalação dos novos geradores de vapor deverá ocorrer em 2018, o que está alinhado com outras atividades de manutenção previstas para a estação de energia.

Em 22 de setembro de 2014 a África do Sul e a Rússia assinaram um acordo de parceria

estratégica para colaboração de energia nuclear, de acordo com a estatal russa Rosatom empresa nuclear, mas um porta voz Sul Africano enfatizou que a tecnologia russa era apenas uma das opções que estão sendo consideradas. O acordo estabelece as bases para uma grande escala de aquisição usina nuclear e programa de desenvolvimento da África do Sul a partir da construção na África do Sul de reatores VVER russos, com uma capacidade instalada total de até 9,6 GW (até oito unidades nucleares).

## **Arábia Saudita**

Em 2008 o país assinou acordo de cooperação com os Estados Unidos para desenvolvimento de programa civil de geração nuclear. Em fevereiro de 2011, acordo similar foi assinado com os franceses e outro com a Coréia do Sul, República Checa, Reino Unido e Rússia. Em janeiro de 2012 a Arábia Saudita adicionou a China à sua lista de países com os quais ela a assinou acordos de cooperação nuclear.

Em junho de 2011, a Arábia Saudita confirmou seus planos de construir 16 reatores nucleares de potência nas próximas duas décadas a um custo estimado de 80 bilhões de dólares.

Estes reatores serão usados em geração de energia e dessalinização de água e os 2 primeiros deverão começar a operar a partir de 2022, seguindo-se todos os demais até 2030. O governo espera que a energia nuclear chegue a 20% do consumo interno nos próximos 20 anos.

Há ainda a possibilidade de uso de pequenos reatores (Small Reactors-SMR) para dessalinização de água do mar, como o argentino CAREM. Diversos acordos de cooperação foram assinados com fornecedores de reatores (GE Hitachi Nuclear Energy; AREVA e EdF e Toshiba/Westinghouse) preparando para a concorrência internacional que precederá o início de construção de uma central nuclear.

Em 18 de junho de 2014 a Rosatom anunciou em um comunicado que a Rússia e a Arábia Saudita aprovaram um acordo de cooperação em energia nuclear.

Em 02 de setembro de 2015, a KAERI - Korea Atomic Energy Research Institute - assinou com Atomic & Renewable Energy (K.A.CARE) um acordo de cooperação para a construção de reatores SMART e desenvolvimento de recursos humanos capacidade de executá-los em Riyadh, Arábia Saudita. Os contratos assinados pelo rei Abdullah visam a construção de parcerias para estabelecer infra-estrutura de conhecimento em áreas de tecnologia SMART, como concepção e construção de reatores e manutenção de suas características mecânicas e de segurança.

Em 20 /01/ 2016 (WNA) A China e Arábia Saudita assinaram um memorando de entendimento sobre a construção de um reator de alta temperatura, refrigerado a gás (HTR). Este foi um dos 14 acordos e memorandos de entendimento assinados durante uma reunião em Riyadh do presidente chinês Xi Jinping e rei saudita Salman bin Abdulaziz.

## Egito

Egito, com uma população de 90 milhões e vastas exigências de energia, procura diversificar suas fontes de energia. Além de uma usina nuclear, presidente do Egito, Abdel-Fattah el-Sissi falou da construção de instalações de energia solar e eólica nos próximos três anos para gerar cerca de 4.300 megawatts de energia. O Egito não dispõe de grande quantidade de combustíveis e a previsão é que as reservas de óleo e gás durem apenas mais 3 décadas. Estas são algumas das razões que o Egito tem para assinar contrato com uma das 6 consultoras estrangeiras que submeteram ofertas na concorrência para desenvolver as atividades que ajudarão o país nos trabalhos preparatórios para a primeira central egípcia.

Esperava-se que até 2012 já se tivesse definido o tipo e o fornecedor do futuro reator, mas os conflitos no país não permitiram as negociações. O país pretendia construir 4 usinas nucleares até 2025, com a primeira entrando em operação em 2019. O sítio definido é El-Dabaa na costa do Mediterrâneo.

As atividades licitadas incluem o treinamento das equipes, em especial em atividades de segurança nuclear e monitoramento de usinas, sistemas de qualidade e de regulação que possibilitem ao país nivelar-se aos padrões internacionais antes da construção das usinas propriamente ditas.

Em fevereiro de 2014 o Ministro da Eletricidade informou que 6 países expressaram a intenção de participar da concorrência internacional para a construção da Central nuclear egípcia. Uma das condições da concorrência é seja qual for o vencedor, ele terá que financiar o projeto até o seu término.

Além destas atividades existem acordos de cooperação com a Rússia para futuros trabalhos em prospecção e minério de urânio, treinamento de mão de obra especializada em questões regulatórias, construção e operação nuclear.

O Egito tem 2 reatores de pesquisa usados em pesquisa de nêutrons e radiografia e física de nêutrons e produção de radioisótopos.

Em 10 de fevereiro de 2015 (WNA) o Egito e a Rússia concordaram em construir uma usina nuclear e funcionários de ambos os países assinaram um memorando de entendimento sobre o projeto proposto. O presidente do Egito, Abdel-Fattah el-Sissi, anunciou o plano no Cairo durante uma conferência com o presidente russo, Vladimir Putin, que está em uma visita de Estado ao Egito. A corporação nuclear Rosatom e o Ministério egípcio de Eletricidade e Energia Renovável concordaram em lançar discussões detalhadas sobre o projeto nuclear proposto, que seria construído em Dabaa, no norte do país e está prevista para ser concluída até 2022, declarou a Rosatom em um comunicado.

O presidente egípcio, Abdel Fattah al-Sisi, falando na TV estatal, deu poucos detalhes, mas disse que o projeto envolve a construção de uma usina "de terceira geração", com quatro reatores. "Como os custos são elevados e o país e seu balanço de pagamentos não suportariam o custo de construção dessa planta, esse custo vai ser pago por meio da produção de eletricidade efetiva que esta planta fornecerá",

O acordo assinado pela Rusatom Overseas e a Autoridade Nucleares Egípcias trata do desenvolvimento de projetos para uma central nuclear com uma instalação de dessalinização e a Rússia estendendo um empréstimo ao Egito para cobrir o custo de construção.

Sergey Kirienko, diretor-geral da Rosatom, disse que o acordo prevê a construção de duas (2) unidades de energia nuclear, com a perspectiva de mais duas. "Em um período muito curto de tempo, nós precisamos nos preparar para a assinatura de dois acordos intergovernamentais -. Um em construção da usina nuclear e um sobre o financiamento. Durante as negociações, temos vindo a definir a tarefa para executar em velocidade máxima, e Rosatom está pronto para isso."

## **Gana**

Gana tem 24 milhões de habitantes e a totalidade de sua energia vem da Central de Akosombo de 1020 MW (no rio Volta) que também atende os vizinhos do Oeste africano. A maior parte dessa energia (80%) vai para a companhia americana VALCO (Volta Aluminium Company)

Em abril de 2007, o governo anunciou que planejava introduzir a energia nuclear por razões de segurança energética e em 2008, isso foi quantificados como 400 MWe de capacidade nuclear até 2018. Em 2012 isto foi definido como processo a longo prazo e não antes de 2030, mas que previa unidades de 1.000 MWe. No final de 2014, a meta era iniciar a construção de 700 MWe antes de 2020 para comissionamento em 2025, expandindo a 1000 MWe. A empresa russa Rosatom assinou um memorando de cooperação com Gana para criar a infraestrutura necessária para suportar o desenvolvimento de energia nuclear no país. Uma central nuclear pode suprir 10% da energia do país até 2020. Um grupo de trabalho foi constituído para este fim.

O país opera um reator de pesquisa de origem chinesa conhecida como Ghana Research Reactor-1(GHARR-1) desde 1994.

Foi aprovada pelo Parlamento do país, em Agosto de 2015, a Lei Reguladora de Energia Nuclear que estabeleceu um órgão regulador nuclear independente, a Nuclear Regulatory Authority Gana, para assumir as atividades do Conselho de Proteção Radiológica. Seus sete membros foram nomeados em janeiro de 2016. O Conselho de Proteção Radiológica é a autoridade vigente.

## **Israel**

O país não é país membro da AIEA e não é signatário dos acordos de não proliferação de armas nucleares (TNP), mas tem-se notícia de que desenvolve um completo programa nuclear podendo ter forte capacidade militar neste campo. Toda informação neste contexto de armas nucleares é de difícil avaliação sem o acesso a dados concretos de inteligência dos países o que não é o foco deste trabalho.

Uma usina nuclear para geração elétrica não teria espaço no grid do país uma vez que ele é pequeno (10.000 MW), mas mesmo assim, em março de 2010, o governo (ministro da Infraestrutura) anunciou que o país passará a desenvolver um programa civil e que a primeira usina deverá operar nos próximos 15 anos. O país se dedica ao setor de energias renováveis.

Israel possui o Centro de Pesquisas Nucleares de Negev a 13 km da cidade de Dimona (KAMAG) e o Soreq Nuclear Research Center (MAMAG) a cerca de 55 km de Tel Aviv, em cada um dos quais é operado um dos dois reatores de pesquisa do país.

## **Jordânia**

A Jordânia tem 6,25 milhões de habitantes e um programa civil de energia nuclear, tendo assinado memorandos de entendimento com fornecedores de reatores do Canadá (AECL), do Japão e da Coreia do Sul (empresa Kepco), para a seleção do sítio para a construção de sua central nuclear, escolheu, em 15/09/09, a Tractebel Engineering (GDF Suez Company) como parceira no desenvolvimento de tecnologia nuclear e estudos objetivando o uso desta energia na produção de água potável a partir da água do mar.

Por não ser produtora de petróleo ou gás (importa 97% dos seus combustíveis), e por depender de fornecedores politicamente instáveis numa região sujeita a constantes conflitos, a Jordânia pretende ter 30% de sua energia fornecida por fonte nuclear até 2030.

Muito disto em decorrência da descoberta de depósitos de urânio em seu território (reservas estimadas em 65.000 toneladas) que o país pretende explorar apesar da forte objeção dos Estados Unidos.

Um contrato para a construção de um reator de pesquisa de 5 MWt foi assinado com a Coreia do Sul em dezembro de 2009 que servirá tanto para produção de radioisótopo como também para treinamento do corpo funcional no país. Este reator tem sua conclusão prevista para 2016.

A política americana se recusa a permitir que a Jordânia mine e enriqueça o próprio urânio, condicionando qualquer cooperação nesta área à compra de combustível nuclear no mercado internacional, com o objetivo de evitar, segundo eles, problemas de proliferação de armas e/ou outras intenções militares.

O país espera iniciar a construção da sua primeira central para chegar à operação do primeiro reator em 2024 e do segundo em 2026. A Atomstroyexport (Rússia) foi vencedora da concorrência internacional para o projeto de uma central de 1.000 MW. A localização prevista é Qasr Amra, a 80 km a sudeste da capital Amman.

Em março de 2015 de acordo com World Nuclear News, os países chegaram a um acordo valorado em US\$ 10 bilhões e assinaram um acordo intergovernamental sobre a cooperação na construção e operação da primeira usina nuclear do país do Oriente Médio.

A Rosatom informou, em um comunicado ao anunciar o acordo, que o mesmo foi assinado pelo diretor-geral da Rosatom Sergey Kirienko, e Khaled Toukan, presidente da Comissão de Energia Atômica Jordan (PAEC). O documento prevê a construção de duas unidades de 1.000 MWe VVER em Az-Zarqa, a Região Central da Jordânia que atendam às normas

internacionais mais recentes em segurança. A corporação russa disse que tem projetos de referência que demonstram a sua mais recente tecnologia, incluindo a central nuclear de Kudankulam-1, na Índia, em operação.

A empresa russa financiará 49% do projeto ficando o restante sob a responsabilidade do governo da Jordânia. O modelo de reator escolhido foi AES92 (VVER 1000 MW). Os contratos estão sendo preparados, mas ainda não foram assinados. Até 40% da capacidade da instalação nuclear a ser construída provavelmente na costa será utilizada para a dessalinização de água para atender a sua população.

Além disso, a Jordânia assinou contrato de mineração do seu urânio com a Areva com duração de 25 anos.

## **Namíbia**

Metade da energia elétrica do país (2,34 milhões de habitantes) é suprida pela África do Sul, que também enfrenta problemas internos de suprimento. A Namíbia não possui usinas de geração elétrica nuclear, mas é o 1º produtor africano de urânio e o 5º maior produtor mundial. De acordo com o governo, o país vai usar este potencial para desenvolver sua indústria nuclear e na geração de energia através de centrais nucleares destinadas a complementar o mix energético do país. A previsão é ter uma usina produzindo energia em 2018, mas não há evidência nas atividades nucleares que suporte esta afirmação. A política para o urânio e para energia nuclear deverá contemplar todo o ciclo do combustível.

Em novembro de 2012 começou a construção da Swakop Uranium's Husab Project após a assinatura do contrato de engenharia, procura e construção (EPC). A Swakop Uranium é uma entidade cujo proprietário é a China Guangdong Nuclear Power Company Uranium Resources Company Limited e o fundo China-Africa Development Fund.

## **Nigéria**

A Nigéria tem 182,6 milhões de habitantes e a capacidade instalada total de 2 GW (dados de 2013). A escassez de energia tem feito com que as indústrias do país se mudem para Gana.

O país não possui reatores nucleares de potência em operação, mas possui um reator de pesquisas operando desde 2004 no Centre for Energy Research and Training na Universidade Ahmadu Bello em Zaria.

Segundo a Comissão de Energia Atômica da Nigéria (NAEC), a Nigéria deverá construir uma central nuclear nos próximos cinco anos, para a produção de eletricidade, e para isso foi lançado, em 2009, no país um plano estratégico para agilizar um programa de recrutamento e qualificação de mão de obra especializada em nuclear. Em agosto de 2011 a empresa russa Rosatom e o governo da Nigéria finalizaram uma proposta de cooperação intergovernamental em projeto, construção, operação e descomissionamento da 1ª usina nuclear do país que deverá ter 1.000MW de potência e iniciar a operação em 2020. A central em questão irá acrescentar mais capacidade chegando a 4.000MW até 2030.



Em 2013 foram feitos os preparativos para uma missão da AIEA InIR em 2014. O país se comprometeu a seguir todas as normas de segurança estabelecidas por organismos internacionais de regulação.

Em 23.06.2015, de acordo com a Nigéria Comissão de Energia Atômica (NAEC)-NucNet, a Nigéria escolheu os sítios para as primeiras centrais nucleares no estado de Kogi (região central de Nigéria) e Akwa Ibom, na costa sul do país. Nos relatórios a Nigéria está planejando construir 2.400 megawatts de capacidade nuclear e as plantas propostas serão construídas e financiadas em parte pela corporação nuclear Rosatom da Rússia. Segundo o presidente da NAEC, Erepamo Osaisai, as licenças preliminares para os sites devem ser aprovadas até o final de 2016.

## Quênia

O país tem 44 milhões de habitantes. No início de 2011 o Kenya's National Economic and Social Council (NESC), entidade governamental destinada a acelerar o crescimento econômico do país, recomendou que se começasse um programa nuclear como forma de atender as crescentes necessidades de energia e que se tomassem as providências para que uma usina estivesse disponível em 2020.

O Ministro de Energia do Quênia, Kiraitu Murungi, formou um comitê de 13 especialistas para preparar um plano detalhado, com cronograma e está procurando sítios ao longo de sua costa para a construção de uma usina nuclear, que deverá atender aos requisitos que a AIEA exige para esta atividade. A empresa KenGen, maior produtora de eletricidade está procurando parceiros para uma Central nuclear de até 4.200 MW, tentando desta forma reduzir os problemas causados pelas secas que reduzem os reservatórios de água usados na geração hidrelétrica (65% da geração interna).

O processo de gestão do projeto nuclear do país começou com o recrutamento de pessoal especializado inicialmente composto de um líder de equipe do projeto de viabilidade, auditor interno, contador financeiro, gestor de contratos, assistente jurídico e assistente de auditoria relacionada com planos de construir um projeto de energia nuclear.

Kenya Electricity Generation Co. Ltd. (KenGen, 70% estatal), fornece 80% da energia do país, principalmente a partir de hidroelétricas (dados de 2013), e pretende dobrar a capacidade instalada de 3.000 MW até 2018, depois 4200 MWe em 2022 e aumentando para 9000 MWe em 2030 - com pelo menos metade em geotérmica. A empresa espera, em 2030, que a capacidade total do Quênia seja cerca de 18 GWe, com PIE (produtores Independentes de Energia). A empresa está buscando um parceiro para produzir energia nuclear até 2022 para ajudar a atender à crescente demanda e diversificar a matriz, uma vez que hidrelétricas tem pouco potencial de expansão. O órgão regulador ERC estima que o pico de demanda de energia do país está em cerca de 1.200MW contra uma capacidade instalada de 1.500 MW e é projetada para o país uma necessidade mínima de 1.800MW até 2016.

Na região subsaariana da África, além da África do Sul, apenas o Quênia tem planos de construção de central nuclear como forma de atender suas necessidades energéticas a curto prazo.

## Turquia

A Turquia importa a maior parte da sua energia e atualmente é 17ª economia do mundo. Em 2011 produziu 228 TWh de energia elétrica (com capacidade instalada em 64% térmicos e 36% renováveis), para atender a uma população de 77,8 milhões de habitantes numa área de 779.452 km<sup>2</sup>. O IDH - índice de desenvolvimento humano é alto: 0,761 (Pnud 2014).

A introdução da energia nuclear na Turquia remonta ao início dos anos 70. Neste contexto a Turquia abriu, em março de 2008, concorrência internacional para a construção de até 4.000 MW de capacidade Nuclear para início de construção até 2015/2016, com a possível reativação do projeto **Akkuyo** que havia sido suspenso em 2000.

Em setembro de 2009 o embaixador turco na AIEA - Ahmet Ertay, informou que seriam construídos pela Rússia 5 reatores tipo VVER no sítio de Akkuyo, na costa mediterrânea, com capacidade de 5.000 MW e que estavam em estudos um segundo projeto com capacidade de até 5.000MW em um sítio separado ainda não licenciado no Mar Negro (Sinop).

No final de 2010 os acordos assinados entre a Turquia e a Rússia foram ratificados pelos respectivos parlamentos e definidos os critérios para a venda da energia nuclear gerada para a empresa turca TETAS, que comprará 70% do total produzido pelas duas primeiras usinas (1200 MW cada) em Akkuyo.



De acordo com os termos do contrato de 2010, Atomenergoproekt JSC, uma subsidiária da Rosatom Corporation irá construir e operar totalmente quatro unidades PWR (VVER) de 1.200 MWe (capacidade total 4.800 MWe) em Günlar-Akkuyu (Buyukeceli, Mersin província), na costa mediterrânea do sudeste da Turquia.

**Site de Akkuyu – Turquia – preparação em andamento**

Em 2012 o contrato de 20 bilhões de dólares para a primeira central nuclear turca, Akkuyu, foi assinado com a Rosatom e a Atomstroyexport. A primeira usina está prevista para operar em 2023.

A Rússia é a principal fornecedora de energia da Turquia, para a qual fornece 55% de suas necessidades de gás e 30% das de petróleo. s

O principal papel da energia nuclear na Turquia é o estratégico, reduzindo a dependência de gás da Rússia e do Iran. A segunda usina, prevista para iniciar a operar em 2023, será localizada em Sinop.

Em 2013 os responsáveis pelo projeto **Sinop**, localizado na costa do Mar Negro, cuja concorrência internacional se encontra em andamento informou que a empresa coreana Kepco havia sido desclassificada na concorrência que agora tem como principais participantes as empresas MHI e Areva.

<b>Turquia - reatores de Potência Propostos para construção</b>				
<b>Reator/Usina</b>	<b>Tipo</b>	<b>MWe</b>	<b>início construção</b>	<b>início operação</b>
Akkuyu 1	VVER-1200	1200	late 2016	2023
Akkuyu 2	VVER-1200	1200	2017	2023
Akkuyu 3	VVER-1200	1200	2018	2024
Akkuyu 4	VVER-1200	1200	2019	2025
Sinop 1	Atmea1	1150	2017	2023
Sinop 2	Atmea1	1150	2018	2024
Sinop 3	Atmea1	1150		?
Sinop 4	Atmea1	1150		?
Igneada 1-4	AP1000 x 2	2x1250		?
	CAP1400 x2	2x1400		?

**Reatores planejados e Propostos na Turquia**

Fonte: WNA

O país escolheu em 2013 o consórcio franco – japonês Mitsubishi Heavy Industries-GDF Suez para o **Projeto SINOP**. O projeto Sinop prevê 4 reatores e a construção deve ser iniciada em 2017 com a primeira unidade estando pronta em 2023. O projeto está orçado em 22 bilhões de dólares.

Existem ainda planos para construir mais capacidade nuclear em outro local, como parte dos 100 GWe necessários até 2030. Identificou-se a região de **Igneada** na província de Kirklareli, no Mar Negro, a 12 km da fronteira da Bulgária, e isso foi confirmado em outubro de 2015. Depois de discussões no Turkish Atomic Energy Authority (TAEK), o Primeiro ministro disse que o projeto seria substancialmente nacionalizado, com o provável início de construção em 2019.

O acidente de Fukushima não trouxe mudanças na política nuclear do país, mas os cidadãos turcos levantam preocupações sobre as condições de segurança do projeto Akkuyu e as consequências ambientais. Os projetos nucleares no país se submeterão aos mesmos testes que as centrais das nações da EU na questão da segurança das usinas, mesmo não fazendo parte do Bloco.

A Turquia faz parte do tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares-TNP.

## União dos Emirados Árabes

País	usinas em operação	capacidade e atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2015 (TWH)	% do total gerado em 2015
<b>União dos Emirados Árabes</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>5.600</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Em 2008, após um grande estudo, o governo resolveu que para atender ao crescimento do consumo de energia na região, o país precisa dobrar a capacidade de geração disponível e que a melhor fonte para atender esta necessidade seria a energia nuclear. A demanda de energia nos Emirados Árabes Unidos está crescendo a uma taxa anual de cerca de 9 por cento - três vezes a média global. Desenvolvimento de um suprimento confiável de energia elétrica é fundamental para o crescimento futuro da Nação.

Acordos de cooperação foram assinados com vários países para suporte a um programa civil de energia nuclear que pretende ter em operação até 2020 quatro usinas nucleares de 1.500 MW cada uma.

Conforme recomendação da AIEA, os Emirados Árabes Unidos estabeleceu uma Organização de Implementação do Programa de Energia Nuclear, e criou o Emirates Nuclear Energy Corporation (ENEC) como uma entidade pública de Abu Dhabi, inicialmente financiado com US \$ 100 milhões, para avaliar e implementar planos nucleares.

Os Emirados Árabes Unidos também decidiram renunciar ao enriquecimento interno e ao reprocessamento, e celebrando acordos de longo prazo para o fornecimento seguro de combustível nuclear, bem como o transporte e, se disponível, a eliminação do combustível irradiado via leasing de combustível ou quaisquer outras modalidades de fornecimento de combustível emergentes, ou futuros. A União dos Emirados Árabes faz parte do tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares-TNP

<b>União dos Emirados Árabes - reatores de Potência em Construção</b>				
<b>Reator/Usina</b>	<b>Tipo</b>	<b>MWe</b>	<b>início construção</b>	<b>início operação</b>
Barakah 1	APR-1400	1400	jul/12	mai/17
Barakah 2	APR-1400	1400	mai/13	2018
Barakah 3	APR-1400	1400	set/14	2019
Barakah 4	APR-1400	1400	set/15	2020
<b>Total</b>	<b>4 unidades</b>	<b>5600 MWe</b>		

A Coreia do Sul venceu a concorrência internacional para a construção da primeira central nuclear dos Emirados Árabes (4 reatores, APR-1400). Os demais concorrentes foram a AREVA (com EPR) e GE Hitachi (com ABWR). O contrato assinado em 27 de dezembro de 2010 pela Korea Electric Power Corporation (Kepco) e Emirates Nuclear Energy Corporation

(ENEC) chega a 40 bilhões de dólares e prevê a construção de 4 unidades nucleares até 2020, que suprirão 25% da eletricidade do país.

O sítio selecionado para esta primeira central é Barakah (também conhecido como Braka), próximo a Doha (capital do Qatar) e a 240 km de Abu Dhabi e conterá os 4 reatores. A construção da primeira usina começou em julho de 2012 e se prevê o início da operação comercial da primeira unidade para 2017. A empresa coreana Doosan Heavy Industries vai suprir os componentes pesados. A construção da unidade 2 de Barakah iniciou em abril de 2013. A unidade 3 iniciou a construção em setembro de 2014 e a 4 em julho de 2015.

Além disso, foram contratadas 6 empresas para o suprimento das diversas etapas do combustível nuclear para a futura usina pelos próximos 15 anos. Em agosto de 2012 foi assinado um acordo de cooperação com a Austrália que permite que empresas australianas produtoras de urânio exportem o material para os Emirados.

Os Emirados Árabes Unidos (EAU) emitiram uma lei que estabelece a responsabilidade pelo dano nuclear em 450 milhões de Direitos Especiais de Saque, o equivalente a cerca de 2,5 bilhões de dirhams (680 milhões de dólares, € 523.000.000).



Sítio de Barakah – obras em andamento para as 4 unidades

Em 21 de abril de 2014, a Emirates Nuclear Energy Corporation (ENEC) comemorou a inauguração de seu Centro de Treinamento com simulador (STC) no sítio de Barakah na Região Oeste de Abu Dhabi. Os novos simuladores, que estão entre os dispositivos de treinamento nuclear mais avançado do mundo e o primeiro de seu tipo no Oriente Médio, irão complementar os programas abrangentes de treinamento da ENEC e ajudá-la a preparar suas bolsas de estudo para os alunos de forma a alcançar as certificações de Operador de Reator (RO) e Operador Sênior de Reator (SRO). Eles também vão oferecer treinamento contínuo para as SRO's que trabalham na ENEC.



Em março de 2015, a Emirates Nuclear Energy Corporation (ENEC) apresentou o seu pedido de licença de operação para as primeiras duas unidades da Central Nuclear Barakah.

De acordo com ENEC em fevereiro de 2016 o status de construção das unidades da Central de Barakah era o seguinte: Unidade 1 : 84 % concluída, Unidade 2 - 64 % concluída, Unidade 3 está em 41% completa e unidade 4 está com obras em 25% concluídas. Todos os quatro reatores APR-1400 da Coreia do Sul e os edifícios subsidiários associados em Barakah estão agora mais de 58 % concluídos e, se aguarda a aprovação regulamentar, devendo tudo vai estar operacional em 2020. Quando em operação as usinas fornecerão 25% da energia consumida pelo país.

**Vaso do reator de Barakah 1.**



**Construção no sítio da primeira central nuclear dos Emirados Árabes (Barakah-1 e 2 em destaque) na região oeste do país. Foto cortesia de Emirates Nuclear Energy Corporation**

## D - Ásia



Localização aproximada das usinas nucleares na Ásia

A região da Ásia-Pacífico é fortemente dependente de fontes térmicas para geração de energia com cerca de 60% da energia de China, Japão, Coréia do Sul e Índia vindo destas fontes.

A mudança do mix de geração é esperada para região com a energia nuclear ganhando maior destaque com o rápido crescimento apresentado na China. É provável que o número de reatores na região dobre até 2020. Hoje são 7 os países detentores de energia nuclear e se espera que sejam 21 em 2020. Até fevereiro de 2016 estavam em construção na Ásia 37 reatores.

Ainda existem 700 milhões de pessoas na Índia e pouco mais de 600 milhões na China que carecem de fontes de energia como a eletricidade ou o gás e dependem da madeira, carvão ou esterco. Cerca de 85% da população rural indiana dependem de combustíveis tradicionais, muito mais contaminantes do que podem parecer. Seu vapor contém partículas prejudiciais para a saúde de quem respira, com até 3.000 microrganismos nocivos por metro cúbico que são mais contaminantes inclusive que a poluição procedente do trânsito ou da indústria. A ONU adverte para que a Índia se esforce em abandonar esses combustíveis antiquados, substituindo-os por cozinhas a gás ou elétricas, melhorando, assim, notavelmente o nível de vida dos camponeses.

### Cazaquistão

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2015 (TWh)	% do total gerado em 2015
<b>Cazaquistão</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

O Cazaquistão não possui nenhuma usina nuclear em operação, mas já teve uma usina em Aktau, no Mar Cáspio com um reator rápido - FBR modelo BN350 de fabricação e operação

rusa em atividade de 1972 até 1999.

O Cazaquistão tem 12% dos recursos mundiais de urânio e um setor de mineração em expansão, produzindo cerca de 23.800 toneladas em 2015 (aumento de 4,3% em relação ao ano anterior), e o planejamento para aumentar ainda mais a 2018. Desde 2009, tornou-se o principal produtor de urânio do mundo, com quase 28% da produção mundial, em seguida, 33% em 2010, subindo para 41% em 2014. Devido à sua grande capacidade de produção de urânio, o Cazaquistão tem um grande peso na indústria nuclear.

Toda a produção de urânio e as exportações no Cazaquistão são controladas pela Kazatomprom, a empresa estatal de mineração de urânio do país. Cazaquistão tornou-se o maior fornecedor de urânio para a frota norte-americana de reatores nucleares comerciais em 2014, segundo um relatório de 2015 editado pela Administração de Informação de Energia dos EUA.

De acordo com a WNN (World Nuclear News) a Kazatomprom Co manteve a sua posição de liderança na indústria global de mineração de urânio, e enfrentou novos desafios em 2015, em particular, o dos preços voláteis de urânio local, juntamente com um aumento da produção de urânio no mundo, e questões relacionadas com a redução dos custos de produção. A empresa emprega 20.000 pessoas. O salário médio mensal em empresas Kazatomprom aumentou em 2014 de 5,8% e a empresa financiou a formação de 295 alunos como futuros empregados. (WNN 12-03-2015)

O país é capaz de converter urânio altamente enriquecido (HEU) em urânio de baixo enriquecimento (LEU) na sua fábrica Ulba (Ulba planta metalúrgica em Ust-Kamenogorsk), como fez em agosto de 2011, quando 33 kg de urânio altamente enriquecido foram convertidos em LEU, conforme relatado pela National Nuclear Security Administration dos EUA - NNSA), que está cooperando com o Cazaquistão para modificar o reator de pesquisa e torná-lo capaz de usar LEU combustível.

Em 2010 empresas japonesas assinaram um memorando de entendimento para estudos de viabilidade para a construção de uma central no Lago Balkash no leste do país, provável localização de uma central no Cazaquistão.

Ministro da Indústria e Novas Tecnologias confirmou que, embora a construção de uma usina nuclear só esteja na agenda por volta de 2025, o processo é visto como um objetivo a longo prazo e que nenhuma decisão foi tomada ainda sobre o tipo de reator, o local ou o momento do projeto.

O Cazaquistão é o único país da Ásia Central, que tem compromisso firme para o desenvolvimento da energia nuclear. Será também o provável país a sediar um banco internacional de urânio pouco enriquecido (banco de LEU), cuja construção pode começar em 2016. A AIEA já aprovou o banco LEU que será construído na planta metalúrgica Olha em Oskemen no nordeste do Cazaquistão. A AIEA disse que a fábrica Ulba tem manuseado e armazenado materiais nucleares, incluindo LEU, de forma segura por mais de 60 anos.

Um projeto para a construção de pequenos reatores nucleares russos em Aktau (BN-350



FBR) está em consideração há vários anos, e estudos de viabilidade e estudos ambientais já foram realizados. Planos para usinas nucleares, incluindo reatores de água leve grandes para a região do sul, unidades menores em partes do oeste e unidades de cogeração menores em cidades regionais também já foram discutidos em várias ocasiões.

Em 30 de Maio de 2014 (NucNet) a Rússia e o Cazaquistão assinaram um acordo que pode levar a cooperar na construção de uma central nuclear no país. A russa Rosatom informou que o acordo ora assinado cobre o projeto, construção, comissionamento, operação e o futuro descomissionamento e que o reator deverá ter a capacidade entre 300 e 1200 MW. Ambos os países tem ainda a intenção de cooperar na produção de componentes e também na produção do combustível.

## China

País	Usinas em operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em construção	Capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (GWh)	% total gerado em 2014
China	31	26.689	24	24.128	130,580	2,39

A China é o país mais populoso do planeta com 1,378 bilhões de habitantes e é hoje o maior consumidor de energia do mundo (5,463,8 TWh em 2014), de acordo com a Agência Internacional de Energia Atômica. A demanda chinesa por bens e produtos é tão grande que tem enorme impacto no mercado global. O rápido crescimento econômico da China trouxe enormes benefícios para o país e para o mundo, além do que tem sido o fornecimento de energia elétrica para cerca de meio bilhão de novos clientes nas últimas décadas e um rápido aumento dos rendimentos médios. A capacidade instalada da China, contando unidades com mais de 6.000 kW, atingiu 1.385 GW (gigawatts) ao final de setembro de 2015. Isto foi um aumento de 9,4 % em relação do mesmo período do ano passado. O número representa cerca de 10 vezes o parque gerador brasileiro, hoje com 138,8 GW.

O país tem pouca disponibilidade de petróleo e gás, mas é rico em carvão e o seu consumo leva à grande pressão ambiental quanto às emissões de gases. Além dos problemas com emissões de poluentes para o meio ambiente, o abastecimento de água é precário e as disparidades regionais levam a tensões internas.

A China vem tentando reduzir sua dependência de combustíveis fósseis, e em 2015, a redução na demanda por eletricidade teve impacto relevante nas usinas térmicas do país, normalmente responsáveis por cerca de três quartos da produção. As térmicas a carvão, predominantes, produziram 314,6 bilhões de kWh em setembro de 2015, 3,6 % de queda na comparação anual, e responderam por 69% da geração total.

Em 2014 o Gabinete de Proteção Ambiental de Pequim proibiu a venda e o uso do carvão em seis distritos (Dongcheng, Xicheng, Chaoyang, Haidian, Fengtai e Shijingshan) até o final de 2020, reduzindo a dependência do carvão na economia (limita a participação do carvão para menos de 62% da demanda total de energia primária em 2020), e assim reduzir os níveis alarmantes de poluição atmosférica. Usinas de energia movidas a carvão e outras

instalações de carvão serão fechadas até esta data e substituídas por gás e eletricidade para o aquecimento, cozinha e outros usos.

Outros combustíveis poluentes, como o óleo combustível, coque de petróleo, resíduos de combustível e algum combustível de biomassa também serão banidos. Carvão foi responsável por mais de 25% do consumo de energia de Pequim em 2012, e deve cair para menos de 10% até 2017. Pequim também estabeleceu um regime de comércio de emissões.

No que tange a energia nuclear o país tinha, até dezembro de 2015, 31 usinas em operação (26.689 MW) e o governo chinês prevê a construção de mais 200 GW de capacidade nuclear nos próximos 20 anos. De acordo com IAEA existem 24 usinas em construção (com capacidade prevista total de 24.128 MW) e 16 novos reatores encontram-se aprovados para início de construção.

Todos os grandes fornecedores já fizeram suas ofertas ao governo chinês uma vez que este é o maior mercado mundial em geração nuclear da atualidade. Só para a AREVA a China irá pagar 12 bilhões de dólares por 2 EPR já contratados.



**Usina Qinshan 4 Fase II em operação comercial desde 2012**

A opção chinesa pela energia nuclear está associada à grande demanda por energia e à estratégia do governo de diversificar ao máximo sua matriz energética para evitar colapsos no fornecimento. O consumo per capita do país é cerca de metade do brasileiro, mas a população é quase 7 vezes maior. A China pretende chegar a 5% de geração por fonte nuclear em 2030.

A empresa chinesa CNNC- China National Nuclear Corporation realiza ampla cooperação internacional em energia nuclear, combustíveis nucleares e aplicações da tecnologia nuclear e, além disso, estabeleceu intercâmbio de ciência e tecnologia e relações econômicas e comerciais com mais de 40 países e regiões, incluindo a Rússia, França, Alemanha, Reino Unido, Estados Unidos, Canadá, Japão, Coreia do Sul, Paquistão, Mongólia, Cazaquistão, Jordânia, Níger, Argélia, Namíbia, Austrália e etc.

A Atomstroyexport confirmou que fechou acordo com a chinesa Jiangsu Nuclear Power Corporation (JNPC) para a construção dos reatores 3 e 4 na Central de Tianwan.

Em abril de 2009, em Zhejiang, iniciaram-se as obras do primeiro AP1000 no mundo, a usina Sanmen 1 (PWR 1000 MW) cujo vaso do reator foi instalado em setembro de 2011 (manufatura da coreana Doosan Heavy Industries & Construction). O projeto prevê vida útil

de 60 anos para esta usina cuja operação comercial está prevista para dezembro de 2017 (atraso em relação à data original de 2014). Esta Central quando completa terá 6 usinas AP1000, sendo que a segunda deverá entrar operação em setembro de 2019.

Todo esse ambicioso processo está aquecendo enormemente a indústria nuclear chinesa com rápida diversificação das empresas em atendimento à intenção do governo de se tornar autossuficiente o mais rápido possível.

O Instituto de Energia Nuclear Chinês (Nuclear Power Institute of China - NPIC) tem hoje 6.000 profissionais trabalhando e há muitos mais em outros institutos de pesquisa no país.

Muitas empresas de suprimento mecânico estão mudando seu foco de negócios para atender as novas necessidades do país.



Taishan 1- EPR 1600 em construção



AP1000 Sanmen - Haiyang

Neste contexto espera-se que a China consuma anualmente cerca de 25.000 toneladas métricas de urânio já em 2020, segundo o diretor de desenvolvimento da CNNC - China National Nuclear Corp, Cao Shudong.

Outra proposta chinesa (da gigante Companhia COSCO de Navegação) é mover os navios de contêiner fazendo uso de reatores nucleares com redução de emissões mundiais em 4%.

Em junho de 2014 a China informou que fabricou domesticamente o seu vaso de reator modelo de AP1000 (reator de terceira geração) e que o mesmo foi testado e será usado na usina Sanmen 2 que está sendo construída pela State Nuclear Power Technology Corp (Snptc) na província de Zhejiang. O gerador de vapor também foi fabricado na China e aprovado nos testes.

Em 20 de agosto de 2014 a usina de Fuqing-1 de capacidade 1000MW - PWR, tipo chinês de geração II -CPR1000, foi conectada pela primeira vez à rede do país. Esta é a primeira a ser conectada entre as 4 que estavam em construção pela empresa CNNC - China National Nuclear Corporation no mesmo sítio. Em agosto de 2015 a unidade 2, desta central, do mesmo tipo e modelo, também foi conectada. Os outros dois reatores continuam em construção.

Em 21/10/2015 (WNN) a terceira unidade da Central Nuclear de Yangjiang foi conectada à rede. Situada na província de Guangdong o reator está previsto para entrar em operação comercial no final de 2015.

Em 20 de Janeiro de 2016, a China General Nuclear Power Group (CGNPC) concluiu o carregamento do combustível no reator 4 da Central nuclear Hongyanhe na província de Liaoning de China. A construção começou em Hongyanhe-4, em agosto de 2009 e da unidade está prevista para alcançar primeira criticalidade nas próximas semanas.

## China's Nuclear Power Program Accelerates



Localização das usinas nucleares chinesas

A Central nuclear Hongyanhe consiste em seis unidades de CPR-1000, com capacidade de 1.000 MW cada. Os três primeiros reatores foram conectados em junho de 2013, maio de 2014 e março de 2015, respectivamente, enquanto a unidade 4 está em construção e deve ser conectada em 2016. A construção do reator 5 começou março 2015; a unidade está prevista para ser conectada em Novembro de 2019, que será seguido por unidade 6 em agosto de 2020. Quando estiverem em plena operação, espera-se que as seis unidades gerem 45 TWh / ano de eletricidade, evitando o consumo de 15 Mt / ano de carvão e as emissões de 40 tCO<sub>2</sub>eq / ano. A usina nuclear Hongyanhe é operada e pertence à Liaoning Hongyanhe Energia Nuclear, uma "joint venture" entre CGNPC e a China Power

Investment (45% cada), com o restantes 10% dos Investimento de construção feito por Dalian Municipal.

Em Janeiro de 2016, de acordo com MIT-Technology Review, a Nuclear Engineering Construction Corporation of China informou que planeja iniciar a operação de um reator de Geração IV, o de alta temperatura, refrigerado à gás em berço de cascalho (HTGR) em 2017, na província de Shandong, no sul de Pequim. Serão duas unidades idênticas de 105 MW cujos reatores, por suas características, seriam imunes a derretimento de núcleo (meltdown). Estes serão os primeiros de seu tipo a ser construídos em escala comercial no mundo.

A construção da central está quase completa, e nos próximos 18 meses serão consumidos na instalação dos componentes do reator, na execução de testes, e no carregamento do combustível antes da criticalidade dos reatores em novembro de 2017.

Se for bem sucedida, a planta de Shandong gerará um total de 210 megawatts e será seguida por uma instalação de 600 MW na província de Jiangxi. Além disso, a China planeja vender esses reatores internacionalmente. Em janeiro de 2016, o presidente chinês Xi Jinping assinou um acordo com o rei Salman bin Abdulaziz para a construção de um reator refrigerado a gás de alta temperatura na Arábia Saudita.

A China espera que esta tecnologia chegue ao mercado mundial dentro dos próximos cinco anos.

Reatores HTGR usam gás hélio como meio de transferência de calor e funcionam a temperaturas muito elevadas (a 950 ° C), e têm estado em desenvolvimento há décadas. O reator chinês é baseado em um projeto originalmente desenvolvido na Alemanha, e a empresa alemã SGL Group está fornecendo as esferas de grafite (tamanho de bola de bilhar) que encerram milhares de pequenas "pedras" de combustível de urânio. Sete reatores deste tipo foram construídos no mundo, mas apenas duas unidades continuam em operação, um reator experimental de 10 megawatts no campus Tsinghua Institute-China, que atingiu força total em 2003, e um reator semelhante no Japão.

Um dos principais obstáculos para a construção destes reatores é o custo do combustível e dos componentes dos reatores. Mas a dimensão da economia da China poderia ajudar a superar essa barreira. "Há estudos que indicam que, se os reatores são produzidos em massa, eles podem reduzir os custos", diz Charles Forsberg, diretor executivo do Projeto Ciclo de Combustível Nuclear MIT. "O mercado chinês é grande o suficiente para fazer isso potencialmente possível".

A China também está trabalhando em:

- Reator de sal fundido alimentado por tório em vez de urânio (uma colaboração com o Oak Ridge National Laboratory-USA)
- Reator de onda viajante - TWR (em colaboração com TerraPower, a startup financiada por Bill Gates)
- Reator rápido refrigerado a sódio sendo construído pelo Instituto Chinês de Energia Atômica
- Reator refrigerado a água supercrítica

## Resíduos Nucleares

A política de rejeitos nucleares da China contempla o reprocessamento do combustível irradiado e uma planta piloto, com capacidade para 50 toneladas métricas por ano, em Gansu Province, foi testada em 2006. O combustível irradiado da Central Daya Bay foi transportado para essa usina piloto em 2004, mas não se tem notícia de que esse material tenha sido reprocessado com a separação do plutônio nele contido. A empresa China National Nuclear Corp- CNNC planeja ter uma unidade de reprocessamento em operação comercial até 2025.

Em janeiro de 2011 a China anunciou ter desenvolvido uma tecnologia de reprocessamento de combustível nuclear que reaproveitará integralmente o urânio irradiado e o plutônio de suas usinas, tornando o país autossuficiente em combustível nuclear. Tecnologias de reprocessamento não costumam ser compartilhadas entre os países.

A usina Qinsham 3, que é tipo Candu (PHWR) e usa normalmente urânio natural, está usando, desde março de 2010, combustível reprocessado. Este teste indica que a China está começando a encontrar uso para seu estoque de urânio reprocessado (RepU) e que tem preocupação com o suprimento de urânio para suas usinas.

A usina chinesa de Tianwan agora está operando em um ciclo de combustível estendido de 18 meses depois de fornecimento da empresa russa TVEL (Rosatom). O TVS-2M é o



combustível usado atualmente em usinas Balakovo e Rostov da Rússia, e recebeu aprovação regulatória para uso em fábricas chinesas após a conclusão de um estudo piloto com seis montagens TVS-2M em Tianwan 1. O mesmo combustível será usado em Tianwan 2 e nas unidades 3 e 4 em construção na mesma Central. Este combustível TVS-2M, será fabricado na planta da China Yibin usando a tecnologia transferida da TVEL.

**Reator Experimental Chinês - CEFR**  
(foto: China Institute of Atomic Energy)

Neste contexto foi conectado à rede em julho de 2011 o reator experimental Chinês - CEFR, (20 MWe, fast-neutron reactor) Próximo à Pequim.

Reatores FBR produzem muito menos radiação como subproduto. O reator foi construído pela China Institute of Atomic Energy com o auxílio do governo russo, durante uma década. Agora eles podem partir para um modelo comercial planejado para operar em 2017.

A China ordenou um amplo programa de inspeção de segurança em suas usinas após o acidente de Fukushima. A aprovação de novos reatores ficou condicionada aos resultados destes testes. Locais mais sujeitos a atividades geológicas graves estão sendo

descartados como sítios para novas usinas, assim como áreas densamente povoadas, condições estas que não preocupavam os chineses antes. Os testes realizados nas centrais em operação não encontraram problemas de segurança e estão agora sendo aplicados nas usinas em construção, que irão até outubro. Todo o sistema de segurança está sendo reavaliado, e só então, serão liberadas novas licenças, informou o Ministro de Meio ambiente, Li Ganjie.

É provável que a ambição chinesa de exportar o modelo de reator CPR1000 de segunda geração tenha sido abandonada, visto que, mesmo sendo mais barato, enfrentaria problemas de mercado por não atender as condições de segurança mais atuais. Alguns projetos poderão sofrer atrasos, mas a China continua comprometida com os 58 GW nucleares previstos para 2020 de acordo com Xu Yuming, Secretário Geral da Associação de Energia Nuclear da China.

Se alguém pensa que a energia nuclear está em declínio em todo o mundo, é porque não está prestando atenção à China. Mais de 100 reatores nucleares serão iniciados na China na próxima década. A estratégia é definida no projeto do novo Plano Quinquenal da China, que abrange 2016 a 2020. É 13º plano da China, e o país tem se mantido muito perto da maioria dos seus objetivos anteriores. Segundo o documento, o governo vai investir mais de US \$ 100 bilhões para a construção de cerca de sete novos reatores anualmente entre 2015 e 2025.

Em 2050, a energia nuclear deve ser superior a 350 GW naquele país, incluem cerca de 400 novos reatores nucleares, e resultaram em mais de um trilhão de dólares em investimentos nuclear.

## Coréia do Sul

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWH)	% do total gerado em 2014
<b>Coréia do Sul</b>	<b>25</b>	<b>23.040</b>	<b>3</b>	<b>6.370</b>	<b>149,165</b>	<b>30,42</b>

A Coréia do Sul é a quarta maior economia da Ásia, mas não possui fontes energéticas em seu território, importando cerca de 97% de suas necessidades, inclusive todo o petróleo e urânio que utiliza. O país está fazendo esforços para, além de reduzir sua dependência de combustíveis fósseis, diversificar as fontes de geração de energia elétrica. Atualmente, o carvão é a maior fonte geradora do país, suprindo 42% da eletricidade coreana. O consumo de eletricidade per capita é cerca de 3 vezes maior que o brasileiro.

A Coréia do Sul tem população de cerca de 49 milhões de habitantes (dados de 2015) e 25 reatores em operação (23.040 MW de capacidade instalada). Em 2014 essas usinas nucleares produziram 149,199 TWh, o que representa cerca de 30,42% da energia consumida no país. São 3 as usinas em construção, sendo que cerca de 4.200 MW se encontram em construção e mais 3.000 MW têm seus contratos assinados para o início da construção. O país pretende aumentar a sua capacidade nuclear e atingir 37 GWe em

20130, o que levará a redução no consumo de combustíveis fósseis.

A mais recente usina a entrar em operação comercial foi Shin Kori 3 (APR-1400) em janeiro de 2016 cujo design é coreano (Advanced Pressurised Reactor-1400 (APR-1400) e começou a construção em outubro de 2008. A Unidade 3 tinha sido originalmente prevista para começar a operar no final de 2013, no entanto a sua operação foi atrasada pela necessidade de testar cabos de controle e de segurança e sua posterior substituição.

A unidade 4 em Shin Kori (APR-1400) deve entrar em operação no início de 2017.



**Shin-Kori 3, Primeiro APR1400: KHNP (Korea Hidro and Nuclear Power)**

A política energética do país privilegia as iniciativas nucleares, levando em consideração a segurança e a confiabilidade de suprimento de energia, uma vez que a Coreia do Sul não dispõe de fontes energéticas em seu território. Até 2024, segundo o governo coreano, deverão ser construídas mais 8 centrais além das atualmente em construção.

As atividades de pesquisa na Coreia são desenvolvidas com participação em trabalhos em diversos modelos de reatores avançados (modulares, ITER, rápidos, e os de alta temperatura).

Atua também na produção própria de combustível nuclear, apesar de não possuir nem enriquecer urânio em seu território, e ainda em trabalhos de gerenciamento de resíduos nucleares com tecnologia desenvolvida no país.

O país tem participado de concorrências internacionais para venda de serviços e estudos nucleares e ganhou em dezembro de 2009, a concorrência para fornecimento de 4 reatores de 1400MW cada para os Emirados Árabes. Este é um negócio de 40 bilhões de dólares. Após obter sua primeira encomenda de usina nuclear fora do país a percepção da energia



nuclear para seus habitantes ficou ainda melhor conforme atestam as últimas pesquisas de opinião (88,4 % a favor do desenvolvimento da indústria nuclear).

A Coreia do Sul tem sua demanda por eletricidade crescendo a 4% ao ano a uma década e tinha um plano de exportação de tecnologia que pretendia vender no mercado internacional 80 reatores até 2030. Inicialmente esse plano se mostrou satisfatório, com a venda de reatores para os Emirados Árabes.

Reatores Nucleares na Coreia do Sul - 2015				
Reator	Tipo	MWe liq.	operação	fechamento
Kori 1	PWR – Westinghouse	576 MWe	abr/78	2017
Kori 2	PWR – Westinghouse	640 MWe	jul/83	2023
Wolsong 1	PHWR – Candu 6	657 MWe	abr/83	2022 ou 2036
Kori 3	PWR – Westinghouse	1011 MWe	set/85	2025
Kori 4	PWR – Westinghouse	1010 MWe	abr/86	
Hanbit 1, Yonggwang	PWR – Westinghouse	961 MWe	ago/86	
Hanbit 2, Yonggwang	PWR – Westinghouse	977 MWe	jun/87	
Hanul 1, Ulchin	PWR – Framatome	963 MWe	set/88	
Hanul 2, Ulchin	PWR – Framatome	965 MWe	set/89	
Hanbit 3, Yonggwang	PWR (System 80)	1000 MWe	dez/95	
Hanbit 4, Yonggwang	PWR (System 80)	998 MWe	mar/96	
Wolsong 2	PHWR – Candu	650 MWe	jul/97	
Wolsong 3	PHWR – Candu	665 MWe	jul/98	
Wolsong 4	PHWR – Candu	669 MWe	out/99	
Hanul 3, Ulchin	OPR-1000	997 MWe	ago/98	
Hanul 4, Ulchin	OPR-1000	999 MWe	dez/99	
Hanbit 5, Yonggwang	OPR-1000	994 MWe	05/fev	
Hanbit 6, Yonggwang	OPR-1000	993 MWe	12/fev	
Hanul 5, Ulchin	OPR-1000	998 MWe	07/abr	
Hanul 6, Ulchin	OPR-1000	997 MWe	04/mai	
Shin Kori 1	OPR-1000	999 MWe	02/nov	
Shin Kori 2	OPR-1000	1000 MWe	07/dez	
Shin Kori 3	APR1400	1340 MWe	(5/16)	
Shin Wolsong 1	OPR-1000	998 MWe	07/dez	
Shin Wolsong 2	OPR-1000	10000 MWe	jul/15	
<b>Total</b>	<b>25 unidades</b>	<b>23,017 MWe</b>		

Após a venda Emirados Árabes Unidos, o país se propôs a disputar mercado nuclear em outros países como Turquia, Jordânia, Romênia e Ucrânia, bem como os países do Sudeste Asiático, mas agora está focada em Egito, Arábia Saudita, Vietnã e República Checa. Além de exportar reatores, ele também planeja entrar no mercado nuclear de serviços para operação, manutenção e reparação de reatores, cujo valor é US\$78 bilhões.

Apesar da queda na satisfação do público interno com a energia nuclear devido ao acidente de Fukushima, a previsão de novos reatores passou a 9 unidades contra as mais

de 20 anteriormente previstas. O país pretende continuar com a sua expansão nuclear e mesmo plantas antigas como Kori 1 (de 1978) continuam a gerar energia.

O governo declarou que tem a intenção de atingir 20% do mercado de suprimento mundial de reatores até 2030. Foi também anunciado o plano de treinar 2.800 novos engenheiros nucleares de forma a garantir a autossuficiência tecnológica e o atendimento de mão de obra especializada para a indústria.

Reatores Nucleares na Coreia do Sul - 2015 - Em construção e planejados				
Reator	Tipo	MWe liq.	início da construção	operação Comercial
Shin Kori 4	APR1400	1400 MWe	<b>August 2009</b>	February 2017
Shin Hanul 1, Ulchin	APR1400	1400 MWe	<b>July 2012</b>	April 2017
Shin Hanul 2, Ulchin	APR1400	1400 MWe	<b>June 2013</b>	February 2018
<b>Total em construção</b>	3 unidades	<b>4200 MWe</b>	(5360 MWe net, 1340 each)	
Shin Kori 5	APR1400	1400 MWe	September 2016	March 2021
Shin Kori 6	APR1400	1400 MWe	September 2017	March 2022
Shin Hanul 3, Ulchin	APR1400	1400 MWe	2018	December 2022
Shin Hanul 4, Ulchin	APR1400	1400 MWe	2019	December 2023
Cheonji 1	APR+	1500 MWe	2022?	December 2026
Cheonji 2	APR+	1500 MWe	2023?	December 2027
Shin Kori 7	APR+	1500 MWe		
Shin Kori 8	APR+	1500 MWe		
<b>Total planejado</b>	8 unidades	<b>11,600 MWe</b>		

## Resíduos Nucleares

Ainda não existe decisão sobre o que fazer com o combustível irradiado do país e um reprocessamento é possível desde que negociado com os Estados Unidos que, conforme acordo de cooperação entre os países, precisa ser consultado sobre este assunto.

O desenvolvimento de uma nova tecnologia denominada “pyroprocessing”, que não gera plutônio no reprocessamento, está em estudos e poderá ser a solução para reutilização do combustível nuclear. A decisão deve ser tomada logo porque os depósitos de combustível usado estarão completos até 2016.

Em julho de 2011 uma comissão internacional de especialistas nucleares da AIEA esteve na Coreia para verificar e assegurar as boas práticas desenvolvidas no país. Recomendações de melhorias foram feitas à luz do evento de Fukushima, sem ressalvas que comprometessem o bom funcionamento das usinas.

Em agosto de 2011 o vaso de pressão da usina 4 da central Shin-Kori foi instalado na sua posição definitiva. Este é o segundo APR-1400 (modelo coreano de reator da Kepco,

fornecido pela Doosan Heavy Industries) em construção desde agosto de 2009 e suas atividades seguem o cronograma que prevê operação 2016.

Em 2014 a Coreia do Sul aprovou um plano para construir duas usinas nucleares, no valor de US \$ 7 bilhões, apenas duas semanas depois que o país anunciou a intenção de cortar a participação da energia nuclear no fornecimento de energia total a 29% até 2035 (em vez de 41% em 2030). Os dois reatores teriam uma capacidade de 1.400 MW cada e devem ser concluído até o final de 2020, a um custo de Won 7.600 bilhões (US \$ 7 bilhões).

## Índia

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014(TWH)	% do total gerado em 2014
Índia	21	5.308	6	3.907	33,231	3,53

A Índia enfrenta extraordinário desafio de conciliar uma enorme e crescente população (1.251.695.584 - julho 2015), um rápido desenvolvimento da economia e uma infraestrutura ultrapassada. Qualquer falha do sistema traz consequências enormes e deixa sem energia milhões de pessoas.

Na Índia cerca de 40% da população (cerca de 480 milhões de pessoas) não tem qualquer acesso à eletricidade. O país atende a maioria de suas necessidades de eletricidade com carvão (68%), hidroelétricas (15%) e gás (8%), mas para fazer frente às gigantescas necessidades de energia de um país com mais de 1,252 bilhões de habitantes e cujo consumo é apenas 4% da energia per capita dos Estados Unidos ou 25% do consumo per capita do Brasil é preciso muito mais.

Reatores Nucleares na Índia - 2015 - Em construção					
Reator	Tipo	MWe liq.	Controle do projeto	início da construção	operação Comercial
Kudankulam 2	PWR (VVER)	1000, 917	NPCIL	July 2002	2016
Kalpakkam PFBR	FBR	500, 470	Bhavini	Oct 2004	criticality April 2016?
Kakrapar 3	PHWR	700, 630	NPCIL	nov/10	2015?
Kakrapar 4	PHWR	700, 630	NPCIL	March 2011	Dec 2015?
Rajasthan 7	PHWR	700, 630	NPCIL	July 2011	June 2016?
Rajasthan 8	PHWR	700, 630	NPCIL	Sept 2011	Dec 2016?
Total	6 unidades	4300 MWe			

A Índia tem um programa de energia nuclear florescente e em grande parte com tecnologia desenvolvida internamente e espera ter capacidade nuclear de 14,6 GWe até 2024 e 63 GWe até 2032. Isto deve fornecer 25% da eletricidade de fonte nuclear até 2050.

Existem atualmente 6 usinas em construção (3.907MW) e mais 10 PHWR de 700 MW e 10 LWR de 1.000 MW estão planejados oficialmente e devem iniciar a construção até 2016. A capacidade nuclear instalada do país deve atingir 10.080 MW em 2017 quando todas estas usinas em construção deverão estar prontas e planeja aumentar em 10 vezes sua capacidade nuclear atual nas próximas duas décadas atingindo em 2032 cerca de 60.000 MW.

O mercado de fornecedores nucleares espera que até 2020 sejam encomendados 25 novos reatores (cerca de 20 GW). A Índia possui considerável quantidade de tório (290.000 toneladas), e tem 21 reatores nucleares em operação (5.308 MW) que produziram em 2014 cerca de 3,53% da energia do país que correspondeu a 33,231 TWh .

#### Localização das Centrais nucleares Indianas- WNA

A Índia não é signatária do TNP – Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares, e, por possuir um programa de armas nucleares, enfrentou problemas de fornecimento de combustível nuclear para as suas usinas. O isolamento internacional devido à não participação no TNP levou a Índia a desenvolver tecnologia própria e a formar internamente seus especialistas.

Devido às proibições de comércio anteriores e a falta interna de urânio, a Índia veio a desenvolver um ciclo de combustível nuclear para explorar suas reservas de tório.

A Índia desenvolve um programa próprio de geração nuclear com ênfase em reatores PHWR (18 unidades), a maioria com 220MW de capacidade. Contudo também possui 2 reatores BWR (150 MW cada), 2 PWR (1.000 MW cada) e 1 FBR.

A partir de 2008 o fornecimento à Índia de material sensível foi liberado. Com isso as empresas americanas estão autorizadas a fornecer material, equipamento e tecnologia nuclear ao país.

NPP Operating and Under Construction in India



Em setembro de 2009 o país anunciou suas intenções de se tornar um exportador de reatores de potência de tecnologia própria (Advanced Heavy Water Reactor - AHWR), que usaria urânio com baixo enriquecimento como combustível, vindo a concorrer com outros fornecedores. A Índia é um enorme mercado que não pode ser negligenciado e espera-se também que o país se torne grande comprador de tecnologia e combustível.

Hoje o país está apto a fornecer mão de obra para várias companhias pelo mundo e sua indústria está se expandindo e entrando em "joint ventures" para fornecimentos mundiais de componentes nucleares e serviços, além dos reatores de tecnologia própria.

Em 13 de janeiro de 2014 o primeiro-ministro da Índia, Manmohan Singh, lançou a pedra fundamental de uma nova usina nuclear perto da aldeia de Gorakhpur, a 200 km a leste da capital Nova Deli, informou a Companhia de Energia Nuclear da Índia Limited (NPCIL).

A nova estação, conhecida como Gorakhpur Haryana Anu Vidyut Pariyojna (GHAVP), será composta de quatro unidades de 700 megawatts (MW). Eles serão reatores de água pesada pressurizada (PHWR) utilizando urânio natural como combustível. O projeto é indiano e serão construídos aos pares pela NPCIL. A concretagem da primeira

unidade se iniciará em junho de 2015 e a segunda no início de 2016. As duas unidades deverão ser comissionadas em 2020 e 2021, respectivamente.

Em setembro de 2014 o país começou os acordos para receber urânio da Austrália. A Agência Internacional de Energia estima que a energia nuclear seja hoje três por cento da eletricidade da Índia, mas ela vai crescer para 12 por cento em 2030 e 25 por cento em 2050. Índia planeja investir 96 bilhões de dólares em usinas nucleares até 2040, com seis usinas em construção e 59 planejadas ou propostas.

Reatores Nucleares Operacionais na Índia - 2015			
Reator	Tipo	MWe liq.	operação Comercial
Tarapur 1&2	GE BWR	150	1969
Kaiga 1&2	PHWR	202	1999, 2000
Kaiga 3&4	PHWR	202	2007, 2012
Kakrapar 1&2	PHWR	202	1993, 1995
Madras 1&2	PHWR	202	1984, 1986
Narora 1&2	PHWR	202	1991, 1992
Rajasthan 1&2	Candu PHWR	90, 187	1973, 1981
Rajasthan 3&4	PHWR	202	1999, 2000
Rajasthan 5&6	PHWR	202	Fev e Abr 2010
Tarapur 3&4	PHWR	490	2006, 2005
Kudankulam 1	PWR (VVER)	917	dez/14
<b>Total</b>	21 unidades	<b>5302 MWe</b>	

Reatores Nucleares na Índia - 2015 - Em construção					
Reator	Tipo	MWe liq.	Controle do projeto	início da construção	operação Comercial
Kudankulam 2	PWR (VVER)	1000, 917	NPCIL	July 2002	2016
Kalpakkam PFBR	FBR	500, 470	Bhavini	Oct 2004	criticality April 2016?
Kakrapar 3	PHWR	700, 630	NPCIL	nov/10	2015?
Kakrapar 4	PHWR	700, 630	NPCIL	March 2011	Dec 2015?
Rajasthan 7	PHWR	700, 630	NPCIL	July 2011	June 2016?
Rajasthan 8	PHWR	700, 630	NPCIL	Sept 2011	Dec 2016?
Total	6 unidades	4300 MWe			

As necessidades em infraestrutura, geração, transmissão e distribuição devem levar a um gasto de 150 bilhões de dólares de acordo com a consultoria KPMG.

O consumo de urânio tende a ser grande uma vez que o país importa 70% das suas necessidades em energia, o que equivale a importar 90% da demanda nacional por combustível. Confirmando esta posição em agosto de 2010 a NPCIL - Nuclear Power Corporation of India Limited, assinou contratos para importar urânio das seguintes empresas: Areva (300MT de concentrado de urânio); Tvel Corporation da Rússia (58 MT de dióxido de urânio enriquecido (pellets) e 2.000 MT de oxido de urânio natural (pellets); e NAC Kazatomprom do Cazaquistão (2100 MT de mineral natural de urânio).



**Kudankulam - Dois reatores (950 MW-VVER) na Índia. Reator 1 conectado à rede em outubro de 2013 (Foto: Atomstroyexport)**

Reatores Nucleares na Índia - 2015 - Planejados e Propostos - WNA					
Reator	Tipo	MWe bruto	Controle do	início da	operação
Kudankulam 3	AES-92	1050	NPCIL	May 2016	2022
Kudankulam 4	AES-92	1050	NPCIL	2017?	2023
Gorakhpur 1	PHWR	700	NPCIL	2016?	2021
Gorakhpur 2	PHWR	700	NPCIL	2016?	2022
Chutka 1	PHWR	700	NPCIL	2016?	2024
Chutka 2	PHWR	700	NPCIL	2016?	2025
Bhimpur 1&2	PHWR x 2	700	NPCIL	2016?	
Mahi Banswara 1&2	PHWR x 2	700	NPCIL	by 2017	
Kaiga 5&6	PHWR x 2	700	NPCIL	by 2017	
Kudankulam 5&6	AES 92 x 2	1050	NPCIL	?	
Kalpakkam 2&3	FBR x 2	600	Bhavini	2017?	
Jaitapur 1&2	EPR x 2	1700	NPCIL	2018?	
Kovvada 1&2	ESBWR x 2	1600	NPCIL	2018?	
Mithi Viridi 1&2	AP1000 x 2	1250	NPCIL	2018?	
"Haripur 1&2"	AES-2006?	1200	NPCIL		
another site					
<b>total planejado</b>	<b>24 unidades</b>	<b>23.900 MWe</b>			
Kudankulam 7&8	AES 92 or AES-2006	1050-1200	NPCIL		
"Kudankulam 9-12"	AES-92 or AES-2006	1050-1200	NPCIL		
Gorakhpur 3&4	PHWR x 2	700	NPCIL	2019	
Rajouli, Nawada 1-2	PHWR x 2	700	NPCIL		
?	PWR x 2	1000	NPCIL/NTPC		
Jaitapur 3&4	PWR – EPR	1700	NPCIL		
?	FBR x 4	500	Bhavini		
?	AHWR	300	NPCIL	2016-17	2022
Jaitapur 5&6	PWR – EPR	1700	NPCIL		
Markandi (Pati Sonapur)	PWR 6000 MWe		NPCIL		
Mithi Viridi 3&4	2 x AP1000	1250	NPCIL		
Kovvada 3&4	2 x ESBWR	1600	NPCIL		
Nizampatnam 1-6	6x?	1400	NPCIL		
"Haripur 3&4"	AES-2006?	1200	NPCIL		2022-23
another site					
Pulivendula	PWR? PHWR?	1000? 700?	Genco 49%		
Chutka 3&4	PHWR x 2	700	BHEL-NPCIL-GE?		
Mithi Viridi 5&6	AP1000 x 2	1250	NPCIL	2023-24	
Kovvada 5&6	ESBWR x 2	1600	NPCIL		
<b>total proposto</b>	<b>approx 35</b>	<b>38,000 MWe approx</b>			

Existem ainda 35 reatores planejados para atender as necessidades de energia do país com previsão de início de construção que varia de maio de 2016 a 2024.

A Índia tem um programa sólido de construção de usinas e busca fortalecer seu sistema de geração nuclear com o acréscimo de mais 470 GW até 2050 e atingir 25% da sua eletricidade por fonte nuclear. Construir mais capacidade nuclear é a proposta do governo para fazer frente ao racionamento constante e severo que o país vive. Segundo as autoridades é inevitável o uso do carvão para a geração de energia elétrica no país, cujo consumo sobe 6% ao ano, e mesmo assim 40% das residências não têm acesso a este conforto. O governo se reservava o direito de manter a opção nuclear, garantindo que a considera a melhor fonte energética, principalmente com relação à redução de emissões de gases do efeito estufa - GEE.

Em 26 de janeiro de 2016, conforme NucNet, a francesa EDF e a NPCIL - Nuclear Power Corporation of India assinaram um acordo de cooperação para a construção de seis unidades EPR em Jaitapur, no oeste da Índia. A EDF disse que o acordo foi assinado durante uma visita de Estado à Índia do presidente francês François Hollande.

O projeto Jaitapur está na fase preliminar, nos estudos técnicos e recebeu autorização ambiental inicial em 2010. Um contrato para estudos de pré-engenharia foi assinado entre a Areva e NPCIL em abril de 2015. A EDF disse que o objetivo dos próximos meses será continuar a preparação para a certificação do EPR na Índia pela autoridade reguladora indiana. Outras condições para o projeto serão finalizadas, incluindo detalhes econômicos e financeiros, e às especificações técnicas. Relatórios da Índia informam que a NPCIL já adquiriu terras no site da Jaitapur e construiu infra-estrutura básica.

O governo também desenvolve um projeto de submarino de propulsão nuclear, de 7.000 toneladas, construído na Índia e baseado no modelo russo Akula I (deverão ser 5 unidades). A Rússia, que fornece 70% do equipamento bélico ao país, entregou o primeiro submarino à Índia em dezembro de 2011.

Em fevereiro de 2016 o submarino nuclear indiano Arihant completou, com sucesso, todos os testes, incluindo a imersão em alto mar e disparo de mísseis, estando, portanto, pronto para operação.

## **Resíduos Nucleares**

No sistema de gestão de resíduos o tratamento é feito no próprio sítio das usinas e um sistema para reprocessamento dos rejeitos nucleares está adiantado e ajudará muito a mitigar o problema de escassez de energia do país.

Os combustíveis das usinas PHWR são reprocessados em Bhabha Atomic Research Centre (BARC) em Trombay, Tarapur e Kalpakkam para extrair o plutônio que é usado em reatores “FAST BREEDER”. O país estoca o produto do reprocessamento de combustível das demais usinas. Em agosto de 2011 foi assinado acordo civil de cooperação nuclear com a Coreia do Sul que permite que as empresas coreanas participem dos projetos nucleares indianos. Este é o nono acordo assinado pela Índia com outros países após a flexibilização dos acordos do NSG - Nuclear Suppliers’ Group. Os demais acordos foram



assinados com a França, USA, Rússia, Canadá, Mongólia, Cazaquistão, Argentina e Namíbia.

O acidente no Japão trouxe dúvidas aos habitantes e provocaram protestos nos sítios nucleares que estariam mais sujeitos a terremotos e enchentes. As autoridades prometeram reexaminar estes projetos no que diz respeito à segurança e mecanismos de reação a acidentes severos, aplicando os melhores e mais modernos critérios internacionais.

## Irã

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
Irã	1	915	0	0	4,14	1,51

O início do programa nuclear iraniano data do final dos anos 1950 e início de 1960 quando os americanos forneceram um pequeno reator de pesquisas, e assinou um acordo em 1957 se comprometendo a fornecer ao Irã dispositivos nucleares, equipamentos e a treinar especialistas. Antes da revolução islâmica eram previstos até 23 reatores de potência para geração de eletricidade.

Com 80 milhões de habitantes o Irã tem uma usina em operação (Bushehr, PWR 1.000 MW) conectada à rede em setembro de 2011, e produziu em 2014 um total de 4,14 TWh, cerca de 1,51 % da energia do país. Cerca de 70% da eletricidade foi produzida com gás e 25.5% a partir de petróleo, combustíveis abundantes no país. O consumo por habitante é cerca de 2.000 kwh.



Usina Nuclear Bushehr, no Iran (foto: Atomenergoproekt)

As obras da única central foram iniciadas em 1975 por um consórcio alemão (Siemens/KWU) e paralisadas em 1980, após a revolução islâmica (1979) quando os alemães acompanharam o embargo americano e quebraram os contratos existentes na época. A construção foi retomada, após anos de paralisação, com o auxílio da Rússia e a aprovação da AIEA, sendo concluída após diversos atrasos provocados pelas mais diversas razões.

A operação da usina, o suprimento de combustível e a guarda dos rejeitos estarão a cargo da Rússia pelos próximos anos, assim, o país não vai precisar aumentar o número de

centrífugas para o enriquecimento de urânio, assim como não precisará tratar combustível nuclear gasto porque ele retornará à Rússia.

Atualmente o país planeja construir outros 5 reatores nucleares, para atingir cerca de 10% da energia do país, conforme informa o governo, fazendo assim frente aos racionamentos que têm ocorrido na região. Os 2 primeiros reatores seriam um reator água leve de 360 MWe em Darkhovin/ Darkhoveyn, no rio Karun na região da província de Khuzestan e o outro seria um VVER -1000.

<b>Irã - Reatores de Potência Propostos para Construção</b>				
<b>Reator</b>	<b>Tipo /Modelo</b>	<b>Capac. Brut. MWe</b>	<b>início construção</b>	<b>início operação</b>
<b>Bushehr 2</b>	AES-92, VVER-1000	1057	2016?	2023
<b>Bushehr 3</b>	AES-92, VVER-1000	1057	2018?	2025
<b>Makran coast</b>	Chinese	100	2018?	
<b>Makran coast</b>	Chinese	100		
<b>Planejados</b>	4 unidades	2200		
<b>Darkhowin</b>	LWR, IR-360	360		
<b>Bushehr 4</b>	VVER	?		
<b>Bushehr 5</b>	VVER	?		
<b>Other 1-4</b>	4 x VVER			
<b>Propostos</b>	7 unidades			

Em 3 de Julho de 2013, o presidente do Irã disse já ter terminado as conversas preliminares com a Rússia para a construção da nova central nuclear iraniana, faltando apenas a aprovação pelo presidente russo Vladimir Putin para dar andamento ao projeto.

O Irã tem um programa nuclear que contempla beneficiamento e enriquecimento de urânio que, conforme a AIEA, é inferior a 5%, mas que tem trazido grandes problemas ao país em relação à comunidade internacional que o acusa de ter intenções bélicas no processo e de já ter material suficiente para a construção de uma bomba nuclear. O país nega estas intenções, uma vez que o enriquecimento para a fabricação de arma nuclear deve ser em torno de 90%, e que todo o seu urânio se destina à geração futura de energia elétrica. De toda forma, segundo o WNA-World Nuclear Association, os recursos minerais em urânio conhecidos não são expressivos.

A Agência Internacional de Energia Atômica está propondo um acordo no qual o Irã enviaria cerca de 75 % de seu estoque de cerca de 1,5 tonelada de urânio de baixo enriquecimento (LEU) para conversão no exterior (provavelmente na Rússia), onde seria transformado em combustível para alimentar um reator de pesquisas em Teerã. Segundo o último relatório da AIEA, apresentado em fevereiro 2013, o Irã produz atualmente urânio enriquecido a 3,5% ou a 20% em dois complexos, Natanz e Fordo.

Atualmente um reator de 360 MW com tecnologia iraniana se encontra em construção. Ele foi projetado por especialistas iranianos e o combustível nuclear será também fabricado no

país. A data prevista para o comissionamento é 2017. Este reator nuclear (IR-360) foi projetado tendo como base da 1ª unidade de PWR NPP "Beznav" (Suíça). Também está em construção o reator nuclear de água pesada de 40 MW.

Em novembro de 2014 o país assinou um acordo com a Rússia para até oito novas usinas. Recentemente (janeiro de 2016) o embaixador iraniano para a Rússia informou que a construção da segunda usina no sítio de Bushehr poderia começar até no próximo mês, estando pendentes apenas algumas negociações financeiras. A mídia do Irã também informou que a China vai construir dois novos reatores no Irã.

Em Janeiro de 2016 as sanções econômicas e financeiras nacionais e multilaterais relacionadas com o programa nuclear do Irã foram suspensas, como previsto após a avaliação da AIEA sobre o cumprimento das obrigações negociadas para o término do programa de enriquecimento de Urânio do país.

O acordo nuclear com a AIEA prevê que o Irã destrua várias centrífugas e um reator nuclear que poderiam ser usados para produzir energia nuclear, mas também para a produção de armas, além de abrir mão do enriquecimento de urânio para fins militares.

Com o suspensão das sanções, o Irã se beneficiará de novas oportunidades comerciais, financeiras e no setor do petróleo. A certificação pela AIEA de que o país atendeu ao acordo feito no conselho de segurança permitirá que o Irã recupere imediatamente cerca de US\$ 100 bilhões em bens e dinheiro congelados no exterior (em bancos europeus e americanos), permitirá ainda que o país volte a exportar petróleo, abrindo os mercados globais para centenas de milhares de barris de petróleo iraniano.

## Japão

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear em 2014 (TWH)	% do total gerado em 2014
<b>Japão</b>	<b>43</b>	<b>40.290</b>	<b>2</b>	<b>2.650</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

O país, como um todo, depende de fontes externas de energia primária em 96%. O Japão, com 126 milhões de habitantes, tem 43 reatores (capacidade de 40.290 MW) em condições operacionais. Nenhum produziu em energia em 2014. Há 2 usinas em construção (Shimane 3 e Ohma 1– ABWR 1300 MW, cada) e dezassete reatores fechados permanentemente. Existem ainda planos para ampliações de vida útil e potência.

Em maio de 2012 todas as 48 usinas nucleares japonesas estavam desligadas. Em Setembro apenas 2 (reatores Ohi 3 e 4) haviam retornado à operação e estavam gerando energia para a rede. Os demais reatores só serão religados após o término e aprovação dos Stress testes. É necessário ainda aprovação das prefeituras locais para o retorno à operação dos reatores hora parados. Esse será um processo longo.

O desligamento dos reatores nucleares no Japão levou a um forte aumento das importações de petróleo para alimentar suas usinas a óleo combustível, necessárias para preencher a lacuna de menor energia fornecida pela energia nuclear.

Isso também pode ajudar a explicar por que o país vive hoje, pela primeira vez nos últimos cinco anos, um déficit comercial. Essa condição energética só piora o alto nível de endividamento, muito provavelmente vai levar a um reinício de operação dos reatores nucleares. Na verdade, o novo primeiro-ministro Shinzo Abe já tem falado muito sobre este assunto.

### **O acidente de Fukushima-Daiichi**



***Áreas urbanas e infraestrutura afetadas ou destruídas***

Às 14h46min do dia 11 de março de 2011, hora local, o Nordeste do Japão foi atingido por um terremoto de 9,0 graus na escala Richter. O epicentro foi bem próximo ao litoral e a poucos quilômetros abaixo da crosta terrestre. Foi o maior terremoto que se tem registro histórico a atingir uma área densamente povoada e com alto desenvolvimento industrial. Mesmo para um país de alto risco sísmico e cuja cultura e tecnologia se adaptaram para tornar este risco aceitável, tal evento, numa escala de probabilidade de 1 em cada 1.000 anos, superou toda capacidade de resposta desenvolvida ao longo de séculos pelo Japão.



***Construções e instalações industriais destruídas***

A maior parte das construções e todas as instalações industriais com riscos de explosões e liberação de produtos tóxicos ao meio ambiente, tais como refinarias de óleo, depósitos de combustíveis, usinas termelétricas e indústrias químicas, localizadas na região atingida colapsaram imediatamente, causando milhares de mortes e dano ambiental ainda não totalmente quantificado.

As estradas e as linhas de transmissão de energia elétrica também foram danificadas em diferentes escalas.

As 14 usinas nucleares das três centrais nucleares da região afetada resistiram às titânicas forças liberadas pela natureza. Todas desligaram automaticamente e se colocaram em modo seguro de resfriamento com diesel-geradores, após ter sido perdida toda a alimentação elétrica externa.

A onda gigante (Tsunami) que se seguiu ao evento inviabilizou todo o sistema diesel de emergência destinado a refrigeração de 4 reatores de da Central Fukushima-Daiichi e os levou ao status de **grave acidente nuclear**, com perda total dos 4 reatores envolvidos, devido ao derretimento do núcleo dos reatores e com liberação de radiatividade para o meio ambiente após explosões de hidrogênio, porém sem vítimas devido ao acidente nuclear. Houve 4 mortes por outras razões que não o acidente ou a radiação nuclear.

A necessidade de remoção das populações próximas à área da central se tornou imperiosa e todo o plano de emergência nuclear foi mobilização num momento em que o país estava devastado e mais de 18.000 pessoas haviam morrido em consequência do terremoto, tsunami, incêndios e explosões industriais, além das mais de 5.000 pessoas desaparecidas. Não havia infraestrutura disponível para atuação das equipes e mesmo assim graças ao preparo de toda a população, as autoridades foram, aos poucos, dominando a situação.



Central Fukushima-Daiichi após a primeira onda tsunami

Além das perdas de vidas humanas o Japão enfrentou as perdas econômicas decorrentes da inoperância da indústria por quebra, por indisponibilidade de infraestrutura ou por falta de energia elétrica que o desastre acarretou.

Fukushima foi um acidente extremamente sério, mas não produziu uma única fatalidade.

De acordo com os dados de especialistas em radiação de agências internacionais, as emissões decorrentes dele não atingiram níveis que possam causar danos irreparáveis ao meio ambiente ou a saúde das pessoas (mesmo para os trabalhadores envolvidos nos processos de emergência).

A empresa operadora da central – Tepco (Toquio Electric Power) examinou 3700 trabalhadores e destes 127 receberam alguma dose de radiação, mas nenhum deles está em risco de uma doença imediata por conta da radiação. Em 20 ou 30 anos existe a possibilidade (até 5%) de desenvolverem alguma enfermidade se continuarem a se expor à radiação devido a doses acumuladas.

Em 20 de junho de 2011 o governo japonês através do Ministro da Indústria, Kaieda, determinou que todas as usinas, exceto as 6 unidades de Fukushima e 2 na central de Hamaoca, estão em estado de segurança para continuar em operação no país. Medidas de

segurança para acidentes severos estão sendo implementadas em todo o país, que não pode, neste momento, prescindir desta energia.

As decisões que serão tomadas pelo Japão sobre a continuação do uso da energia nuclear no país terão que levar em consideração a falta de opções energéticas disponíveis e o custo das decisões para uma população já extremamente abalada. O Ministério da Economia, Comércio e Indústria estimou que a substituição da energia nuclear por outra fonte térmica custaria ao governo 3 trilhões de ienes ou 37 bilhões de dólares por ano (cerca de 0,7% do PIB japonês). O melhor Mix energético para o país continua em discussão e nenhuma decisão foi ainda tomada, mas de qualquer forma o país continua com sua política de exportação da tecnologia nuclear, mantendo todos os acordos assinados, mesmo se ela não for mais usada domesticamente.

O governo japonês está tentando desenvolver um programa de energia de longo termo. A decisão sobre o mix de energia para até 2030 deverá ser tomada entre os três cenários disponíveis onde a energia nuclear varia de zero a 20 ou 25%.

Existem cálculos nos quais o plano de gerar 20% da energia do Japão em renováveis através, por exemplo, de centrais eólicas em terra, exigiria uma área comparável ao total da ilha Kyushu (uma das 4 ilhas principais que compõem o país, com área de 42.191 km quadrados). A alta densidade populacional pode levar a uma reação da população conhecida como NIMB- not in my backyard - não no meu quintal- que pode fazer o público ser contra qualquer projeto energético.



**Central Nuclear Fukushima-Daiichi - Set. 2014 (foto: Kyodo News)**

Para fazer frente a esta indisponibilidade de energia gerada por nucleares, o Japão foi forçado em 2012 a importar combustíveis como óleo, gás e carvão para geração elétrica térmica com um custo adicional de cerca de 4,3 trilhões de yens (55 bilhões de dólares ou 42 bilhões de euros) por ano e com isso as descargas de gases do efeito estufa aumentaram cerca de 1,2 gigatonnes/ano como resultado direto do desligamento das nucleares. Outra consequência foi a solicitação de redução do consumo de energia feita em maio de 2013 pelo governo aos habitantes em geral num montante de 15% do total na área atendida pela empresa Kepeco, que opera Ohi (4 reatores), Mihama (3) e Takahama (4) e de 5 a 10% no restante do país para evitar racionamento compulsório.

O governo está desenvolvendo trabalhos de esclarecimento junto ao público envolvido de forma a reduzir a insegurança e o medo decorrente da desinformação reinante neste processo.

A ajuda internacional através de rede de países coordenados pela AIEA tem dado assistência especializada para os eventos de liberação de radiação.

A Electric Power Development (conhecida como J-Power) vai retomar as obras de construção da central de energia atômica Ohma na província de Aomori, no norte do Japão.

Esta será a primeira usina a ser construída no país após o terremoto e tsunami em Fukushima. O status da construção estava em cerca de 40% quando foi suspensa devido ao acidente de Fukushima.

Atualmente uma empresa de engenharia realiza trabalhos de escavação para construção dos canais da usina e a Hitachi-GE Nuclear Energy Ltd está instalando pequenos equipamentos na central. A força de trabalho envolvida chega a 1.000 pessoas.

Kansai EPC quis, sem sucesso, religar Takahama-3 e -4 em outubro de 2013.

Os religamentos de usinas eram aguardados pelos operadores. Kyushu EPC esperava reiniciar as duas unidades Sendai e outras duas de Genkai até julho de 2014, o que não ocorreu.

Com os novos cenários de referência 16 reatores estavam previstos de voltar a operação até o final de 2014, que poderiam ter gerado 73 TWh de eletricidade nos 7 meses de operação que restavam no ano. Essas expectativas também foram frustradas uma vez que nenhum reator operou em 2014.



**Central Nuclear Sendai 1 e 2**

Ao final de 2013 e durante todo o ano de 2014 o Japão mais uma vez viu-se sem energia nuclear com toda a sua frota desligada devido a pendências de revisões regulatórias. No entanto, Kansai Ohi 3 e 4 estiveram em operação até as paradas programadas de abastecimento e manutenção que ocorreram em setembro/2013. Até o final do ano de 2013, 16 unidades japonesas tinham pedido permissão para reiniciar sob novas regras Autoridade Regulatória Nuclear.

As nove empresas de energia nuclear japonesas relataram perdas financeiras de 16 bilhões de dólares (1,59 trilhões de Yens) no ano de 2012 terminado em 31 de março de 2013.

Após um longo processo unidades 1 e 2 da Central Nuclear Sendai (PWR 846 MW cada uma) de propriedade da Kyushu Electric Power Company, receberam a aprovação para voltar a gerar eletricidade novamente.

As etapas finais do novo regime de licenciamento do Japão (new post-Fukushima regulatory standards) só foram concluídas em meados de 2015 com a unidade 1 reiniciando a operação em agosto de 2015 e a unidade 2 em outubro de 2015.

Em 29 de Janeiro de 2016 (NucNet) o terceiro reator no Japão, a usina Takahama-3, que usa combustível MOX, situada na prefeitura de Fukui, sudoeste do Japão, foi religada, conforme informou a proprietária e operadora Kansai Electric Power Company.

Takahama-3 foi reconectada após cumprir as novas normas de segurança introduzidas após o acidente de Fukushima-Daiichi em março 2011. De acordo com o Japan Atomic Forum Industrial (Jaif), a Kansai Electric também pretende reiniciar o reator de Takahama-4 no final de Fevereiro de 2016 e retomar a operação comercial no final de março de 2016. Kansai Electric informou que iniciou o carregamento do combustível nuclear de Takahama-4 em 31 de janeiro. Takahama-3 e -4 são os dois reatores de água pressurizada (PWR - 830MW).



**Central nuclear de Takahama**

Existem 24 reatores em processo de religamento, 17 foram desligados e não retornarão, o restante da frota original ainda vai ser avaliado.

O desligamento dos reatores japonese durante alguns anos (2011-2015) causou no Japão um acúmulo de combustível nuclear que havia sido comprado e não foi utilizado. A quantidade é de 120 milhões de libras de urânio, uma vez que o país tinha de honrar os seus contratos internacionais de fornecimento. Este combustível é suficiente para alimentar sua frota que está reiniciando até a próxima década.

## **Resíduo nuclear**

O país reprocessa o seu resíduo nuclear em usinas de reprocessamento na França (Central de Reprocessamento La Hague) e na Inglaterra, mas está construindo sua própria central de reprocessamento comercial em Rokkasho-mura, na ilha de Honshu.

A operação em teste dessa usina foi iniciada em 31.03.06 e a sua operação comercial deveria se iniciar em 2009, mas foi adiada. Com o reprocessamento de 800 toneladas de urânio irradiado e a produção de 4 toneladas de plutônio que junto com mais urânio será convertido em combustível MOX para as usinas nucleares do país. Este combustível já foi testado e aprovado para várias usinas japonesas.

Em maio de 2009 o primeiro carregamento de MOX proveniente da fábrica de combustíveis Melox, na França, chegou ao Japão para alimentar a Usina Genkai-3. Em novembro de 2009 se iniciou a operação da usina que é a primeira a usar MOX comercialmente. Até janeiro de 2011 já eram 4 usinas com este combustível.



Cerca de 5% do conteúdo do combustível MOX é plutônio recolhido de combustível já queimado em uma central de geração nuclear. Reciclar este material é o método de aumentar a energia que ele pode produzir em 12% enquanto o urânio não fissionado é também recolhido e reusado aumentando a energia disponível em 22%. Este processo também permite a separação dos produtos mais radioativos da fissão nuclear reduzindo os volumes de rejeitos perigosos em até 60%.

O Japão importa mais de 84% de suas necessidades energéticas. Não possui urânio em seu território. Hoje sua maior fonte de energia é o plutônio resultante do reprocessamento do resíduo nuclear das usinas existentes, que o país vem estocando desde 1999. Este tipo de reciclagem é constitui a base do ciclo de combustível nuclear no Japão que desta forma valoriza, ao máximo, o urânio que importa.

As empresas japonesas Tokyo Electric Power, Chubu Electric Power, Kansai Electric Power, Toshiba, Mitsubishi Heavy Industries, e Hitachi informaram, em julho 2010, que estavam tentando montar uma nova empresa (International Nuclear Energy Development of Japan) para oferecer projetos nuclear para os países emergentes, mas o acidente de Fukushima mudou este panorama.

## **Paquistão**

País	Usinas em operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em construção	Capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWH)	% do total gerado em 2014
<b>Paquistão</b>	<b>3</b>	<b>690</b>	<b>2</b>	<b>630</b>	<b>4,609</b>	<b>4,34</b>

Com uma população de cerca de 190 milhões, o Paquistão tem sua eletricidade derivada em 62% de combustíveis fósseis e 33% de hidrelétricas.

<b>Paquistão - Reatores Nucleares em operação - 2015</b>						
Reatores	Localização	Tipo	Mwe Bruto	Início da Construção	Operação comercial	Fechamento previsto
<b>Karachi 1</b>	Sindh	PHWR	125	1966	dez/72	2019
<b>Chashma 1</b>	Punjab	PWR	300		June 2000	2040
<b>Chashma 2</b>	Punjab	PWR	300	2005	May 2011	2051
<b>Total</b>	3 unidades		725 Mwe			

Para os restantes 5% o Paquistão tem três usinas nucleares em operação (Chasnupp 1e 2, PWR 300 MW cada e Kanupp, PHWR - 125 MW) na região do Punjabe. Existem dois reatores em construção (Chasnupp 3 e 4, PWR - 315 MW cada uma), com os quais se pretende diminuir a dependência dos combustíveis fósseis. As novas unidades estão programadas para entrar em operação comercial em dezembro de 2016 e outubro 2017, respectivamente.

Em 2014 foram gerados 4,609 TWh de eletricidade de fonte nuclear, cerca de 4,34% do total do país no ano. O país informou que assinou contrato com a China (China National Nuclear Corporation -CNNC) para a construção de quinta unidade em Chasnupp, cujas obras ainda não se iniciaram.

O país não é signatário do TNP e possui um programa de armamento nuclear independente do programa civil de geração de energia elétrica, o qual usa as fontes de urânio natural do país. O litígio existente com a Índia, também detentora de armamento atômico, coloca toda a região em permanente tensão com o alto risco de conflito nuclear, segundo os analistas internacionais.



Central Nuclear de Chasnupp (foto Rosatom)

Em julho de 2011 noticiou-se que o país pretende aumentar seu arsenal de armas nucleares com a adição de mais mísseis ar-ar e terra-ar em atendimento ao seu plano estratégico de manutenção de paridade com outros países igualmente armados na região.

As centrais de geração elétrica do país têm uma capacidade total de cerca de 20.000 MW que seriam suficientes para satisfazer as necessidades paquistanesas.

Contudo as companhias gestoras das usinas não são capazes de produzir energia a plena capacidade devido ao déficit financeiro causado pelo setor público que não paga suas contas de energia há anos.

Paquistão - Reatores Nucleares em Construção, Planejados e /ou propostos - 2015				
Reatores	Tipo	Mwe Bruto	Início da Construção	Operação comercial
Chashma 3	CNP-300	340	mai/11	dez/16
Chashma 4	CNP-300	340	dez/11	out/17
Karachi Coastal 1	Hualong One	1150	final 2015	
Karachi Coastal 2	Hualong One	1150	final 2016?	
<b>Total</b>	4 unidades	2980		

Um gasoduto do Irã até o Paquistão, com potencial de resolver a falta de fornecimento de gás do país, foi construído apenas no lado iraniano, faltando ainda a parte paquistanesa que melhoraria o atendimento neste combustível.

Em junho de 2010 foi anunciado acordo com a China que permitirá a construção de dois novos reatores de 340 MW cada um. O custo estimado é de 2,4 bilhões de dólares e estrategicamente ajudará o Paquistão a reduzir sua crônica escassez de energia (chegam a 10 horas sem fornecimento de energia por dia).

Em agosto de 2013 foi assinado o contrato para duas novas usinas - Karachi Coastal Nuclear Power Project que compreenderão 2 reatores ACP1000. Este seria o primeiro

contrato de fornecimento de tecnologia chinesa fora da China. O custo previsto é 9,5 bilhões de dólares e a construção poderia começar em 2015. O evento não aconteceu.

Em abril 2015 a China Engenharia Energy Group Co (CEEC) venceu a licitação para a construção de engenharia civil e trabalhos de instalação para a ilha convencional da usina, que, segundo eles, usarão um reator Hualong One. A construção está prevista para começar no final de 2015 e levar 72 meses (52 meses para ilha convencional).

Como o país não pode comprar urânio no mercado aberto, devido à não participação no TNP, Pakistan Atomic Energy Commission - PAEC diz que o Paquistão fez acordo com a China que fará suprimento de combustível para toda a vida destes reatores, que está especificada como 60 anos.

Os rejeitos são tratados e guardados nas próprias usinas. Existe proposta de construção de repositório de longa duração.

## Taiwan

País	usinas em operação	capacidade atual (MW)	usinas em construção	capacidade em construção (MW)	Energia Nuclear gerada 2014 (TWh)	% do total gerado em 2014
Taiwan (China)	6	5.032	2	2.600	40,801	18,93

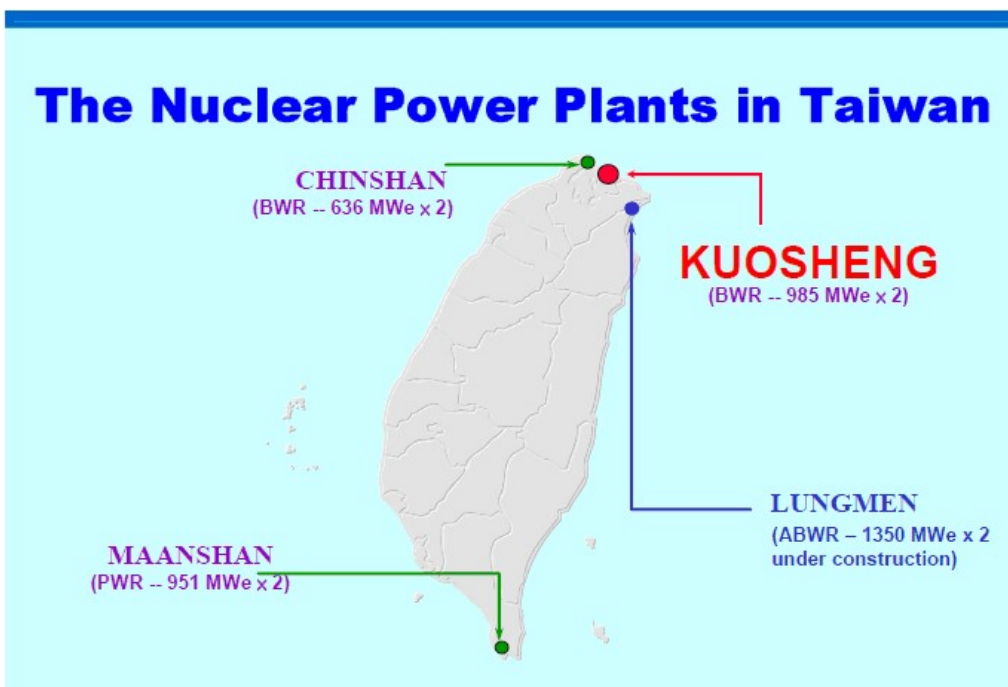
Taiwan tem 23 milhões de habitantes e 6 usinas em operação (2 PWR e 4 BWR) que, segundo a AIEA produziram em 2014 cerca de 18,93% da energia do país com um total de 40,801 TWh de energia. Os 2 reatores Lungmen (ABWR 1.350 MW, cada) estão em construção desde 1999 com obras em torno de 90% terminadas, localizado em New Taipei City.

A construção dos dois 1.350 MW ABWR foram encomendados, e se esperava que fossem comissionados em 2007, mas as operações comerciais foram atrasadas devido a problemas políticos, legais e regulamentares. A concessionária nacional de energia Taipower completou testes pré-operacionais na usina nuclear Lungmen-1, mas não se espera que a planta entre em operação comercial antes de 2018.

Em abril de 2014, o governo de Taiwan anunciou a decisão de suspender a construção remanescente da usina Lungmen-1. O primeiro reator será selado, após a conclusão dos testes de segurança, e a construção do segundo reator será interrompida. Em 2015 as obras destes reatores foram suspensas e eles foram lacrados por três anos a partir de 1º de julho de 2015, segundo operador da instalação de Taiwan Power Co.

A selagem dos reatores, em vez de desligamento foi uma decisão de governo até que um consenso público possa ser alcançado sobre esta questão nuclear. Tal decisão pode estar sujeita a um referendo nacional.

Apesar da opinião pública da sobre energia nuclear ter mudado drasticamente após o acidente de Fukushima, o governo quer manter a opção de uma fonte de energia de baixo carbono em aberto para as gerações futuras, informou a empresa.



O governo de Taiwan convocou comitê para estabelecer um mecanismo multidisciplinar de verificação de segurança nuclear e de preparação para respostas á emergências em centrais. À luz dos eventos de Fukushima o governo se preocupa em especial com as usinas na costa da China que são muito próximas do país e sobre as quais não pode atuar. O mesmo pensam os chineses que não confiam na segurança de operação e guarda de resíduos em Taiwan. Foi feita a proposta e o convite para que os dois países trabalhem juntos nesta questão.

**Localização das Centrais nucleares em Taiwan**

O governo de Taiwan convocou comitê para estabelecer um mecanismo multidisciplinar de verificação de segurança nuclear e de preparação para respostas á emergências em centrais. À luz dos eventos de Fukushima o governo se preocupa em especial com as usinas na costa da China que são muito próximas do país e sobre as quais não pode atuar. O mesmo pensam os chineses que não confiam na segurança de operação e guarda de resíduos em Taiwan. Foi feita a proposta e o convite para que os dois países trabalhem juntos nesta questão.

Taiwan - Reatores Nucleares em operação - 2015				
Reatores	Tipo	MWe Bruto	Operação comercial	Fechamento previsto
Chinshan 1	BWR	636	1978	2018
Chinshan 2	BWR	636	1979	2019
Kuosheng 1	BWR	985	1981	2021
Kuosheng 2	BWR	985	1983	2023
Maanshan 1	PWR	951	1984	2024
Maanshan 2	PWR	951	1985	2025
<b>Total</b>	6 unidades	<b>4927 Mwe</b>		

## Vietnam

País	Usinas em operação	Capacidade atual (MW)	Usinas em construção	Capacidade em construção (MW)	Energia gerada 2015 (TWh)	Nuclear	% do total gerado em 2015
<b>Vietnam</b>	0	0	0	0	0		0

O Vietnam tem uma população estimada em 92 milhões de habitantes (dado 2015), está localizado na península da Indochina e tem uma extensão territorial de 331.689 km<sup>2</sup>. Nos últimos anos, o país registrou o maior crescimento econômico do Sudeste Asiático, passando a integrar o grupo dos “Novos Tigres Asiáticos”.

Nos últimos 20 anos, a produção de energia no Vietnam aumentou mais de 10 vezes, crescendo a uma taxa média de 13% ao ano, a partir de 12 TWh em 1994 para cerca de 130 TWh em 2013. Enquanto isso, o consumo de energia per capita aumentou, chegando a 1.445 kWh / cap, ou seja, 8 vezes o volume médio de 1994 (175 kWh). Em consequência disso o primeiro-ministro vietnamita declarou, em maio de 2010, a intenção de construir 8 reatores.

Segundo o EIA-Administração de Informação de Energia dos EUA, a expansão da capacidade de geração projetada do Vietnã deve ir de 42 GWe em 2015 para cerca de 135 GWe em 2030. O mix elétrico em 2015 é de 36% de carvão, 25% de petróleo e gás, e 33% hidrelétrica. Para o ano de 2030 se projeta 56% de carvão, 13% de óleo e gás, 16% hidro e 8% nuclear, com algumas importações e outras energias renováveis em cada caso.

<b>Vietnam - Reatores de Potência Planejados/ Propostos até 2030 - WNA</b>					
Reator (provincia)	Localização	Tipo	MWe nominal	início construção	início operação
Ninh Thuan 1-1	Phuoc Dinh	VVER-1200/V-491	1.200	2019	2025
Ninh Thuan 1-2		VVER-1200/V-491	1.200	2020	2026
Ninh Thuan 1-3		VVER-1200/V-491	1.200		?
Ninh Thuan 1-4		VVER-1200/V-491	1.200		?
Ninh Thuan 2-1	Vinh Hai	AP1000 or Atmea1 ?	1.100	Dez 2015, atrasado	2024?
Ninh Thuan 2-2		AP1000 or Atmea1 ?	1.100	2016, atrasado	2025?
Ninh Thuan 2-3		AP1000 or Atmea1 ?	1.100		?
Ninh Thuan 2-4		AP1000 or Atmea1 ?	1.100		?
	Central	APR-1400?	1.350		2028
	Central	APR-1400?	1.350		2029
<b>Total planejado</b>	<b>+ 4 unidades</b>		<b>4.800</b>		
<b>Total proposto até 2030</b>			<b>7.100</b>		

O Vietnam tem um programa de energia nuclear grande (VNPP), os 2 primeiros projetos de centrais nucleares estão em consideração, mas precisa de desenvolver um programa nuclear sustentável, caso contrário, trará riscos para a região. Os recursos humanos na área nuclear são um grande desafio para o VNPP e a Rosatom e o Ministério da Ciência e

Tecnologia (MOST) do Vietnam trabalham no projeto do Centro de Ciência Nuclear Energia e Tecnologia (CNEST).

A central 1 (inicialmente com dois reatores: Ninh Thuan Nuclear Power Plant 1,) se localizará em Phuoc Dinh Commune, no distrito de Ninh Phuoc e a central 2 (Ninh Thuan Plant 2, com dois reatores) se localizará em Vinh Hai Commune, distrito Ninh Hai. Em ambas as centrais há a possibilidade de expansão para 4 unidades por central.

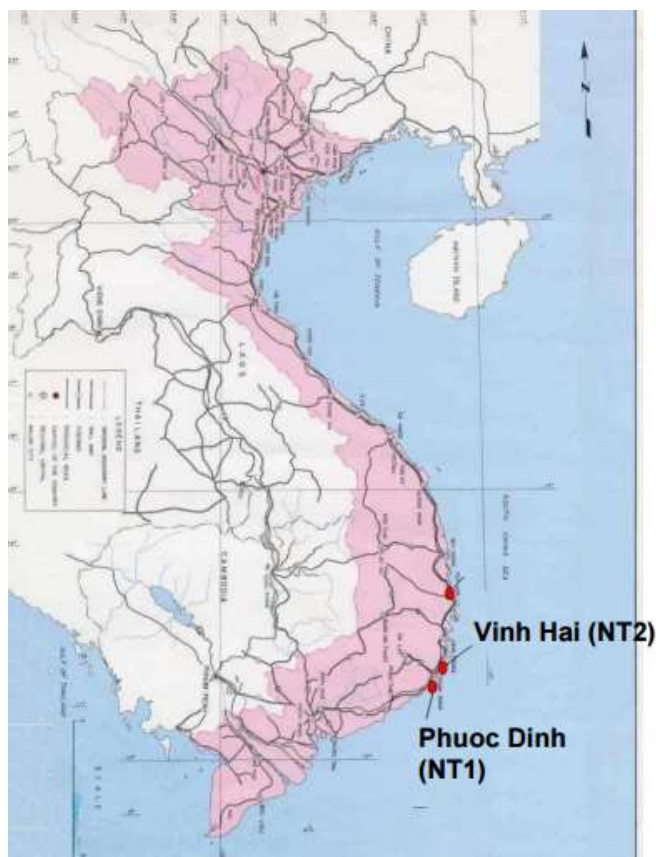
O ministro da Indústria e Comércio do Vietnã anunciou a intensão de construir duas centrais nucleares, com dois reatores cada uma, na província de Ninh Thuan, que deverão estar em operação, conforme revisão entre 2025 e 2026.

Em 2010 o governo assinou acordo com a Rússia para a construção da Central 1 (Ninh Thuan Nuclear Power Plant 1, com dois reatores) se localizará em Phuoc Dinh Commune, no distrito de Ninh Phuoc. A operação do primeiro reator está prevista para 2025 e o segundo reator desta central um ano depois. Dentro deste contrato também está incluído o fornecimento do combustível.

Ministério das Finanças da Rússia vai financiar pelo menos 85% dessa primeira usina, fornecendo o combustível e levando de volta o combustível utilizado durante a vida da planta, como é normalmente a política russa para estados que não têm armas nucleares.

A Central 2 (Ninh Thuan Plant 2, com dois reatores) será instalada em Vinh Hai Commune, distrito de Ninh Hai, mas não há contrato ainda, mas já acordo com o Japão para a sua construção, com previsão de operação em 2024.

Em 2012 a Coreia e o Vietnam assinaram acordo para a preparação dos estudos de viabilidade de construção da Terceira Central no país com mais dois reatores de modelo e projeto coreano.



Localização das futuras Centrais Vietnamitas

De acordo com o Diretor da VARANS-Agência Vietnamita para Segurança Nuclear e Radiação já foram assinados os memorandos para treinar os novos especialistas do país. A construção da Central 1 (de modelagem russa com potência nominal de 1.200 MW) deveria começar em 2015. A programação inicial era para iniciar a construção em 2014 e operação a partir de 2020, mas o início foi adiado para 2019, com seis anos previsto para a construção. A empresa EVN-Electricity of Vietnam será a responsável pela construção e

operação das usinas, e será o único investidor para as primeiras duas plantas (cada uma de 1000 MW).

As empresas Toshiba, Mitsubishi Heavy Industries e Hitachi Ltd formaram um consórcio com o governo japonês para participar da concorrência da segunda Central. Os coreanos também fizeram sua oferta de cooperação e construção de usinas centrais.

A AIEA afirmou que o Vietnã está bem preparado para começar a desenvolver um parque nuclear e que apoiará o país no desenvolvimento de procedimentos de segurança e de resposta a emergências. Atualmente já existe uma equipe de mais de 800 pessoas trabalhando nos institutos de energia, radiologia e segurança nuclear no país.

Agora o processo pode sofrer atrasos e redução de quantitativos, mas as autoridades anunciaram que prosseguem com os planos de construir pelo menos 4 reatores. Todos os grandes fornecedores (Chineses, coreanos, franceses, russos, japoneses e americanos) estão ativamente trabalhando para conseguir fechar estes contratos.

## Ásia – Outros

As Filipinas, a Indonésia e a Malásia estão em processo de reavivamento de seus antigos programas nucleares.

### **Bangladesh**

Bangladesh assinou em 01 de novembro de 2011 um contrato com a Rússia com o objetivo de construir 2 usinas nucleares de 1.000 MW, tipo VVER, modelo AES92, cada uma, no nordeste do país, na região de Rooppur. O contrato também inclui o suprimento de combustível e a gestão do resíduo que será levado de volta à Rússia após o uso.

O crescimento recente do país e a disponibilidade limitada de energia (reservas de gás existentes estão quase extintas) contribuíram o governo a se decidir por este negócio de 3 bilhões de dólares.

Em 2007, o país recebeu a aprovação da AIEA para seu projeto nuclear. O governo conduz um estudo detalhado para o marco regulatório de seu programa nuclear e tem mantido as conversações com a AIEA e com consultores independentes sobre este assunto. O país também pretende assinar os acordos internacionais pertinentes a um programa nuclear civil. Em setembro de 2011 o Ministro de Relações Exteriores de Bangladesh, Dipu Moni, informou que o país deverá ter sua primeira usina em operação em 2022. O país mantém seu programa nuclear com o objetivo de garantir o suprimento adequado de energia elétrica depois de 2020.

Em outubro de 2013 a Rosatom anunciou iniciou os trabalhos de pré-construção para a instalação de uma usina de 2.000 MW de energia nuclear no Rooppur em Pabna (Bangladesh). A empresa russa vai construir, operar e fornecer combustível para o projeto. Atomstroyexport vai iniciar uma série de testes em um contrato de EUA \$ 46 milhões,

enquanto que a Comissão de Energia Atômica de Bangladesh (BAEC) também vai realizar exames por conta própria. Os testes incluem a avaliação de viabilidade, de impacto ambiental, desenvolvimento e pesquisa de engenharia, o desenvolvimento do programa global de pesquisa de engenharia, as condições antrópicas na área do projeto e local, e de engenharia e de pesquisa hidro meteorológicos.

Em abril de 2014 foi assinado o terceiro contrato com a Rosatom que prevê a criação de uma base de construção no local da usina nuclear e a organização das obras até a colocação do primeiro concreto da construção dos reatores em 2020.

## Filipinas

No caso das Filipinas um grupo de especialistas da AIEA foi convidado inicialmente para organizar um processo multidisciplinar e independente para verificar se a antiga usina nuclear Bataan Nuclear Power Plant, que apesar de pronta, nunca operou, pode ser ligada com segurança, tornando-se uma alternativa local para a geração de energia.

Atualmente, está em vigor o contrato com a empresa coreana Kepco para a execução destes mesmos estudos.



Filipinas - Central Nuclear de Bataan (foto IAEA)  
Pronta – nunca operou

## Indonésia

Com uma população de 242 milhões de habitantes, a Indonésia possuía uma capacidade de geração de energia de apenas 35.000 MWe em 2012.

A Indonésia, apesar de se sentir capacitada, pretende num primeiro momento familiarizar seus habitantes com a energia nuclear para só depois se engajar num processo de construção de uma central, segundo seu Ministro de Pesquisa e Tecnologia, Syamsa Ardisasmita.

A Agência Japonesa de Energia Atômica chegou a um acordo com a Agência de Energia Atômica nacional da Indonésia para oferecer ajuda técnica Indonésia na construção de vários reatores refrigerados a gás de alta temperatura, ou HTGRs, JAEA disse 5 de agosto de 2014.

A agência indonésia publicou em junho de 2014, planos para a construção de dois LWR de 1000 MW em duas das três ilhas candidatas - Java, Madura e Bali - A partir de 2027, e durante dois LWR de 1000 MW em Sumatra começo de 2031, de acordo com JAEA.

A Indonésia também planeja começar a operar em 2020 um HTGR demonstração de que tem uma capacidade de geração de 3 MW para 10 MW, disse JAEA. Pode levar quatro anos para construir a unidade.



Cooperação inicial envolverá a troca de informações sobre a alta temperatura Engenharia de Ensaio Reactor, ou htrr, em Oarai, perto da aldeia de Tokai.

### **Malásia**

A **Malásia** já tem luz verde de sua população, composta por 29,9 milhões de habitantes, que apoia a construção de usinas nucleares e está em processo de reconstrução do conhecimento técnico necessário através de programas de visitas técnicas e de treinamento para projeto, construção e operação de centrais. Os estudos para a definição de um sítio adequado já foram autorizados pelo governo. O país é fortemente dependente de gás (64%) e carvão (25%) e tem a intenção de diversificar a matriz elétrica.

Em abril de 2015 a Rosatom informou que a Rússia está pronta para entrar em uma para a concorrência para a construção da primeira usina de energia nuclear na Malásia, caso essa licitação seja anunciada.

### **Tailândia**

Com 68 milhões de habitantes a Tailândia incluiu a energia nuclear no seu Plano de Desenvolvimento Energético para 2026.

Embora esses planos possam enfrentar oposição da opinião pública, o país tem um estoque muito limitado de recursos energéticos no seu próprio território, o que é deve ser um fator-chave para o seu desenvolvimento. Projeta-se que a Tailândia comece a produzir eletricidade a partir de centrais nucleares antes de 2030. De acordo com o Ministério Tailandês de Energia, até 5 por cento das necessidades energéticas do país serão atendidas por energia nuclear até 2036.

A estatal russa Rosatom e o Instituto de Tecnologias Nucleares da Tailândia assinaram, durante a 58ª Conferência da AIEA, em setembro de 2014, um memorando sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos. As partes planejam também desenvolver cooperação no campo dos estudos fundamentais e aplicados, radio-isótopos, segurança nuclear e serviços de tratamento de resíduos nucleares, ensino e preparação de pessoal científico e técnico.

## E - Austrália

A População da Austrália é 23,6 milhões habitantes e seu produto interno bruto (PIB) cresce anualmente 3,6%. A geração de energia entre 2012 e 2013 foi de 149 TWh para uma capacidade instalada de 56.000 MW. O carvão foi responsável por 64% do total gerado.

O país é o segundo maior exportador de carvão do mundo tendo faturado 40 bilhões de dólares neste quesito em 2013 / 2014. Foram produzidas 426 Mt de carvão negro em 2013–14 e em 2013 participou com 54% das exportações mundiais de carvão metalúrgico. O país é o nono maior produtor de energia no mundo e aproveita o benefício da abundante diversidade de recursos energéticos.

Os dados mais recentes de emissões de CO<sub>2</sub> divulgadas são do ano de 2013 e representam 15,3 tCO<sub>2</sub>/capita. O país é 100% independente em Energia.

O Continente Australiano é rico em urânio, possuindo cerca de 40% de todas as reservas mundiais economicamente exploráveis. Mantidas as taxas atuais de produção, os recursos de urânio da Austrália são suficientes por mais de 170 anos de produção. A maioria dos recursos de urânio da Austrália estão localizados no sul do país, o Território do Norte e Austrália Ocidental. O depósito de Olympic Dam na Austrália do Sul é o maior depósito de urânio do mundo.



Contudo, devido a problemas de fundo político o país hoje atende a menos de 20% das necessidades mundiais de urânio.

A Austrália não tem nenhuma usina nuclear comercial em operação, mas, através do Australian Nuclear Science and Technology Organization opera o reator de pesquisas OPAL perto da cidade de Sidney.

**OPAL edifício do Reator (foto Lucas Heiths – Australia Front View)**

Apesar de sua produção de urânio, a Austrália não pretende desenvolver a energia nuclear no médio prazo. O país tem um excesso de capacidade de geração, prevista para durar até 2023-2024.

O reator de pesquisa em piscina de água leve - Open Pool Australian Light-water Reactor (OPAL) é uma instalação multiuso, especialmente orientada para a produção de radioisótopos. É um dos reatores de pesquisa mais poderosos e complexos do mundo e que representa a maior negociação de exportação de uma usina turnkey já feita por uma empresa argentina. O projeto contém a tecnologia do mais recente estado da arte. Ele irá fornecer radioisótopos para a Austrália e outros países, e vai oferecer serviços de irradiação sílcio para a indústria microeletrônica.

Recentemente a Austrália assinou acordo de cooperação autorizando seus exportadores de urânio a fornecer o combustível aos Emirados Árabes que constroem atualmente suas primeiras usinas nucleares. O Ministro de Relações Exteriores disse que o acordo, que ainda deve ser aprovado pelo parlamento atenderá suprimento nuclear de material, componentes e tecnologia associada para o suprimento de energia desta fonte.

Outro acordo importante foi o realizado pela empresa BHP Billiton, uma grande mineradora baseada na Austrália, para a venda de seu depósito de urânio em Yeelirrie (capacidade estimada de 139 milhões de libras peso de U3O8 , para a empresa canadense CAMECO, a um custo de 430 milhões de dólares. O negócio ainda depende de aprovação dos departamentos do governo australiano que regulam este tipo de negócio. Este é provavelmente o maior depósito mundial de urânio conhecido.

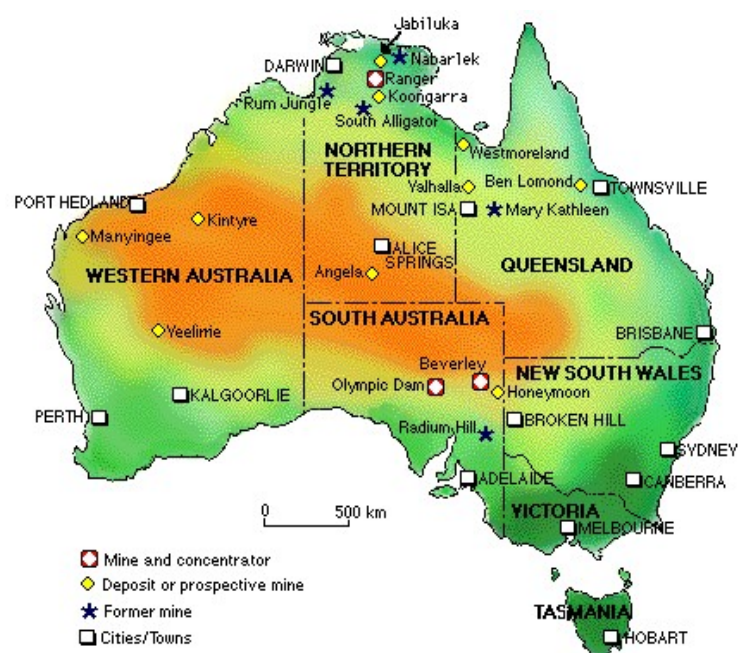
### Urânio na Austrália (WNA – agosto 2014)

O urânio vem sendo minerado na Austrália desde 1954, e existem 4 minas em operação atualmente. Outras estão planejadas.

Os recursos uraníferos na Austrália são os maiores conhecidos no mundo com cerca de 31% do total.

O país é o terceiro maior produtor mundial (9%) atrás apenas do Cazaquistão e do Canadá.

Em 1997 foi criada uma lei de Proteção do Meio Ambiente e preservação da Biodiversidade (Environment Protection and Biodiversity Conservation Act- **EPBC Act 1997 Section 140A**) que bane, explicitamente, qualquer reator nuclear de produção de eletricidade, qualquer unidade de reprocessamento, de armazenamento ou de enriquecimento.



Isto significa que o reator de pesquisa OPAL está proibido de usar seu calor residual para gerar eletricidade, e que deve ser alimentado por uma fonte de carvão negro.

Em um ano a Austrália exporta em urânio o equivalente à sua demanda de energia anual total, mas por causa do EPBC não pode usá-lo, então 98% da energia primária na Austrália vem de combustíveis fósseis.

## **V - Acordos Comerciais e de Cooperação Nuclear**

Os países e os governos se associam conforme suas necessidades e suas estratégias, sempre objetivando maiores lucros e/ou segurança para o seu suprimento energético.

Relatório da Agência das Nações Unidas para o Comércio e o Desenvolvimento (UNCTAD) confirma a crescente tendência de multinacionais se apoiarem em cerca de 3.200 acordos internacionais de investimentos existentes. A seguir apresentamos, sem esgotar o tema, alguns dos acordos celebrados e de conhecimento público no âmbito da energia nuclear e aplicações. A sequência apresentada tentou ser alfabética para facilitar consulta.

### **Argentina – Bolívia**

Em 2015 foi assinado acordo de cooperação nuclear entre os dois países para desenvolver energia nuclear no país para fins pacíficos, similarmente com o ocorrido com a Rússia e a França.

### **Argentina – Canadá**

1-A Argentina e o Canadá assinaram acordo para estender os acordos de cooperação existentes relativos ao reator CANDU-6 e ao desenvolvimento do Advanced Candu Reactor (ACR-1000). Um acordo similar existe com a China.

2- Assinado contratos entre a Nucleoelectrica Argentina e SNC-Lavalin para aumento da vida útil da usina Embalse em 30 anos com transferência de tecnologia e desenvolvimento industrial. O processo prevê também aumento de potência.

### **Argentina – Arábia Saudita**

A Argentina, através de seu Ministro Julio de Vido, e a Arábia Saudita assinaram acordo de cooperação para a construção e operação de reatores nucleares tanto para pesquisa como para a geração de energia. No escopo estão atividades de segurança, resposta a emergências, gestão e tratamento de resíduos e uso da tecnologia na indústria, medicina e agricultura.

### **Argentina – Brasil**

Em 31 de janeiro de 2011 a Argentina e o Brasil, através de seus órgãos reguladores CNEA e CNEN assinaram acordo de cooperação para o desenvolvimento dos reatores de pesquisa multipropósito RA-10 e RMB.

### **Argentina – China**

Foram assinados acordos em 2015 para a construção da quarta (Atucha 3) e quinta (Modelo Hualong chines) usinas nucleares do país latino-americano. Os projectos estão orçados em cerca de US\$ 15 bilhões e China contribuirá com 85% do financiamento necessário.

## **Argentina – Coréia do Sul**

1-A Argentina, assinou em 16 setembro de 2010, um memorando de cooperação com a Coréia do Sul objetivando novos projetos nucleares e extensão de vida das usinas existentes na Argentina.

2- Em 28 de Janeiro de 2016 (WNA) a KHNP - Korea Hydro e Energia Nuclear assinou um memorando de entendimento com Nucleoeléctrica Argentina SA(NASA) para a cooperação tecnológica relativa a extensão de vida das Usinas argentinas CANDU existentes.

## **Argentina - Turquia**

A Comissão Nacional de Energia Atômica-CNEA e o organismo similar da Turquia, a TAEK, firmaram um acordo (janeiro 2011) de cooperação nuclear. O interesse da TAEK é contar com radioisótopos nacionais e o reator nuclear argentino (CAREM).

## **Arábia Saudita - Hungria** *agree to cooperation*

Em 20/10/2015 (WNN) foi assinado um acordo de cooperação bilateral sobre os usos pacíficos da energia nuclear entre os governos da Arábia Saudita e Hungria.

## **Austrália – Emirados Árabes**

Austrália assinou um acordo de cooperação nuclear autorizando a exportação de urânio para os Emirados Árabes Unidos, onde começou recentemente a construção do segundo reator nuclear, de quatro planejadas. Emirados Árabes Unidos se tornaram o primeiro mercado de exportação de urânio da Austrália no Oriente Médio e é "um passo em frente" para os planos dos Emirados Árabes Unidos de ter energia nuclear domesticamente.

## **Brasil – União Europeia**

O governo brasileiro fechou com a Comunidade Européia de Energia Atômica (Euratom) um acordo para pesquisa na área de fusão nuclear que englobará troca de informações científicas e técnicas, intercâmbio de cientistas e engenheiros, organização de seminários e realização de estudos e projetos.

## **Brasil – Alemanha**

A Bundestag alemã - Camara dos Deputados da Alemanha, decidiu em 6/11/2014, pela continuidade do acordo de cooperação com o Brasil na área de energia nuclear. O acordo, assinado em 1975, é renovado automaticamente a cada cinco anos, caso nenhum dos países envolvidos se posicione contrariamente, pelo menos um ano antes da data de renovação (2015).

## **Bulgária - Romênia**

Em 26 de janeiro de 2016 (NucNet) a Agência Nuclear Reguladora Búlgara(ARN) e a Comissão Nacional de atividades nucleares Romena assinaram um acordo de intercâmbio de informações técnicas e de cooperação na regulação e controle da segurança nuclear, válido por cinco anos.

## Canadá e Outros

### Canadá – Índia

O Canadá, através da empresa CAMECO abriu escritório de negócios na cidade de Hyderabad que tem por objetivo suportar e desenvolver as oportunidades de negócios da companhia no mercado de combustíveis nucleares da Índia e representar a empresa junto ao governo indiano.

O Canadá e a Índia completaram os arranjos administrativos para implantar os acordos de cooperação entre os dois países assinados em 2010, conforme informou o primeiro ministro Stephen Harper em novembro após as conversações com primeiro ministro indiano Manmohan Singh. O referido acordo permite que material controlado, equipamentos e tecnologia que estão submetidos às salvaguardas da AIEA possam ser importados e exportados pelas empresas do Canadá de e para a Índia. “A Índia representa um enorme oportunidade de negócios para a CAMECO e para toda a indústria nuclear canadense” disse o presidente da CAMECO, Tim Gitzel. A habilidade de fornecer o urânio canadense para este mercado em rápida expansão significa mais empregos, mais investimentos e mais desenvolvimento internamente no Canada. Em contra partida ajuda a Índia a atender seu crescente mercado de energia elétrica com uma fonte limpa e não emissora de gás carbônico.

### Canadá – Vietnam

A empresa vietnamita Atomic Energy Institute assinou acordo com a canadense NWT Uranium Corporation – Toronto destinado à avaliação do potencial físico e econômico de minério de urânio da região e ajudar a desenvolver a indústria nuclear do país.

### Canadá – Austrália

A empresa australiana BHP Billiton assinou acordo para vender o seu depósito de urânio Yeelirrie, Situado no oeste do país aos canadenses da **Cameco Corporation**. Este é o maior depósito não desenvolvido da Austrália, no qual estima se existir entre valores medidos e indicados os recursos minerais de cerca de 139 milhões de libras de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

### Canadá – Emirados Árabes

O Canada assinou um acordo de cooperação nuclear com os Emirados Árabes Unidos para fornecer equipamento, serviços e Urânio. O acordo permite às empresas do Canadá oferecer toda a gama de seus equipamentos, serviços e fornecimento de urânio para o mercado nuclear civil dos Emirados Árabes Unidos

## Cazaquistão e Outros

O Cazaquistão não possui nenhuma usina nuclear, mas é desde dezembro de 2009 o maior produtor mundial de urânio à frente do Canadá e da Austrália. A Kazatomprom - corporação nuclear nacional possui 21 minas em operação no país e estará estrategicamente envolvida na construção de usinas nucleares na China como forma de diversificar os seus negócios, hoje basicamente mineração.

O acordo assinado com a China Guangdong Nuclear Power Group (CGNPG) e China National Nuclear Corp (CNNC), criará uma empresa, na qual a Kazatomprom terá 51%, que construirá usinas na China e desenvolverá minas de urânio no Cazaquistão, nos depósitos em Irkol, na região de Kyzylordinskaya, cuja capacidade de produção anual estimada é de 750 toneladas de U3O8; nos depósitos de Semizbay na região de Akmolinskaya (capacidade de produção anual estimada de 500 toneladas de U3O8) e nos depósitos de Zhalpak com capacidade de produção anual estimada é de 750 toneladas de U3O8. Os acordos prevêem o suprimento de urânio natural à China por 10 anos. Similarmente também foram assinados acordos com o Canadá (Empresa Cameco) para ter acesso à tecnologia de conversão do UF6 (Hexafluoreto de Urânio) através de uma entidade legal, a ULBA Conversion LLP, a ser construída no Cazaquistão pelo Canadá e que produzirá até 12.000 toneladas métricas de UF6.

Com a França (AREVA) os acordos assinados permitirão a produção de combustível nuclear (nuclear fuel assemblies) na mesma planta de ULBA com a fabricação de até 1.200 toneladas métricas de varetas e elementos combustíveis com a engenharia e a tecnologia desenvolvida pela AREVA. Foi assinado também acordo de cooperação com a Bélgica para a troca de experiências na condução de um programa nuclear civil.

Foi assinado em março 2010 um acordo de suprimento no qual o Japão espera garantir a estabilidade de suprimento de combustível nuclear para as suas nucleares. Em outro acordo em setembro de 2010, três empresas japonesas assinaram memorando de entendimento com a empresa Kazakh National Nuclear Centre objetivando um estudo de viabilidade para a construção da primeira usina nuclear do Cazaquistão.

## **China e Outros**

### **China – África do Sul**

1- Em março de 2009, a China e a África do Sul assinaram acordo de cooperação com relação ao desenvolvimento de reatores de alta temperatura, para os quais, ambos os países têm projetos de pesquisa em andamento. Do acordo participam as empresas Pebble Bed Modular Reactor Ltd (PBMR) da África do Sul e o Institute of Nuclear and New Energy Technology (INET) da Tsinghua University e o Technology Company Chinergy Ltd da China.

2- China e África do Sul assinaram um acordo intergovernamental em 7/11/2014 para aprofundar a cooperação nuclear com o objetivo

### **China – Arábia Saudita**

1- O acordo, assinado em 15 de janeiro de 2012, estabelece um modelo legal que fortalece a cooperação científica, tecnológica e econômica entre Riad e Pequim, segundo um comunicado conjunto. A cooperação se dará em áreas como a manutenção e o desenvolvimento de usinas nucleares e de reatores de pesquisa, fabricação e fornecimento de elementos de combustível nuclear.

2- Em 20 /01/ 2016 (WNA) A China e Arábia Saudita assinaram um memorando de entendimento sobre a construção de um reator de alta temperatura refrigerado a gás

(HTR). Este foi um dos 14 acordos e memorando de entendimento assinado durante uma reunião em Riyadh do presidente chinês Xi Jinping e rei saudita Salman bin Abdulaziz.

### **China – Argentina**

1- Assinado em junho de 2012, acordo entre a China (primeiro ministro Wen Jiabao) e a Argentina (Presidente Cristina Kirchner) compreendendo ampla cooperação em energia nuclear.

2- Em setembro 2012 o ministro do planejamento argentino De Vido assinou um novo acordo de cooperação que aponta a transferência de tecnologia para o desenvolvimento de reatores com urânio enriquecido, para serem utilizados nas próximas centrais nucleares do país.

3- China e Argentina assinaram acordos de 18/07/2014 relativos à construção de um reator PHWR na Argentina. China National Nuclear Corp, ou CNNC, será responsável por auxiliar a empresa Nucleoelectrica quanto ao fornecimento de bens e serviços chineses em um financiamento de longo prazo. Em Nov 2015 foram assinados os acordos para a construção da quarta (Atucha 3) e quinta (modelo Hualong) usinas nucleares do país latino-americano.

### **China – Bélgica**

Em 2012 - Os primeiros ministros da Bélgica (Yves Leterme) e da China (Wen Jiabao) assinaram acordo definindo detalhes para a construção de uma usina piloto para a produção de MOX (combustível de óxido misto de urânio e Plutônio) a ser usado em usinas chinesas. O acordo também prevê transferência de tecnologia, assistência técnica e participação no Projeto belga MYRRHA (Multipurpose Hybrid Research Reactor for High-tech Applications).

### **China – Canadá**

1- Acordo para desenvolvimento do projeto de combustível avançado assinado entre Atomic Energy of Canada Ltd (AECL), Third Qinshan Nuclear Power Company (TQNPC), China North Nuclear Fuel Corporation e Nuclear Power Institute of China para o uso do combustível irradiado em reatores na China nos reatores CANDU no Canadá e na China. O acordo também inclui o uso de tório como combustível.

2- A CAMECO (gigante canadense de produção de urânio) assinou acordo de suprimento com a China Nuclear Energy Industry Corporation (CNEIC) de cerca de 10 toneladas de concentrado de urânio até 2020. A empresa está também negociando um acordo de longa duração com a China Guangdong Nuclear Power (CGNP)

3- A CAMECO assinou acordo de suprimento de longa duração com a China Guangdong Nuclear Power Holding Co (CGNPC). O negócio dará garantia de suprimento a chinesa cuja frota nuclear está em franco crescimento.

### **China – Italia**

Durante a visita do primeiro-ministro italiano Matteo Renzi para a China em junho 12-13,



foram assinados dois acordos de 2014:

1 - China Geral Nuclear Power Group, ou CGN e Sogin- empresa italiana processamento de resíduos nucleares assinaram um memorando de entendimento sobre a gestão dos resíduos nucleares. Os dois grupos procurarão reforçar a cooperação em matéria de recuperação ambiental das instalações nucleares e gestão segura dos resíduos radioactivos. CGN e Sogin poderão cooperar na descontaminação ambiental e gestão de resíduos radioactivos na Europa, Itália e China, particularmente no desmantelamento de instalações nucleares e da gestão dos resíduos radioactivos.

2 - China National Nuclear Corp, ou CNNC e grupo de energia elétrica italiana Enel assinaram um memorando de entendimento para reforçar a cooperação de energia nuclear. As duas empresas irão cooperar na construção da usina nuclear, na operação das plantas, no fornecimento de combustível, remediação ambiental de instalações nucleares e gestão dos resíduos nucleares. CNNC é uma das três maiores empresas de energia nuclear na China. Enel é a segunda maior empresa da Europa em valor de mercado.

### **China – Jordânia**

Em 2015 a Jordânia assinou um acordo de cooperação nuclear com a China, cobrindo a mineração de urânio na Jordânia e energia nuclear.

### **China – Paquistão**

Assinado em agosto de 2013 contrato de fornecimento de 2 novos reatores tipo ACP 1000 para o projeto de Karachi Coastal Nuclear Power Project in .

### **China – Romênia**

Em Novembro de 2013 - A empresa romena Nuclearelectrica e a chinesa General Nuclear Power Group assinaram um acordo que poderá levar à construção de duas unidades Candu adicionais na planta de Cernavoda. Nenhum detalhe sobre o acordo foi fornecido.

### **China – Taiwan**

Assinado acordo de cooperação e troca de experiências nucleares nas áreas de monitoração de radiação, respostas às emergências e operação de centrais. Como Taiwan não faz parte da ONU as inspeções da AIEA são muito limitadas.

### **Coréia do Sul – Republica Checa**

A empresa Doosan Heavy Industries & Construction da Coréia do Sul informou que está em acordo de compra da empresa de Equipamentos Pesados SKOPDA Power da Republica Checa, que lhe dará o direito sobre a tecnologia de turbinas à vapor. O acordo está orçado em 450 milhões de euros e permitirá expansão dos negócios da Doosan que desta forma se torna um fornecedor completo para usinas de energia.

### **Coréia do Sul – Egito**

O Egito solicitou formalmente à Coréia do Sul ajuda para treinar seus técnicos e

engenheiros na área nuclear e a atividade deve ainda este ano, segundo a International Cooperation Agency (KOICA). Esta agência tem experiência nesta atividade já tendo trabalhado junto com a AIEA em treinamento nuclear para 400 engenheiros do Vietnã, Indonésia e Nigéria.

### **Coréia do Sul – Arábia Saudita**

Em 03/03/2015 - foi anunciado que a Coreia do Sul e Arábia Saudita assinaram um Memorando de Entendimento (MOU), que inclui a construção de reatores SMART (pequenos reatores nucleares Modulares). SMART é um reator pequenointegrado, desenvolvido em 2012, que após 15 anos de pesquisa recebeu a primeira aprovação de projeto padrão (SDA) de um organismo regulador para um reator 100 MWe (330MWth).

## **Estados Unidos e Outros:**

### **Estados Unidos – China**

Os Estados Unidos (empresa EXELON) e a China (empresa CNNC) assinaram acordo para a cooperação nuclear civil no qual instrutores seniores da Excelon vão treinar cerca de 200 profissionais chineses de gestão e operação nucleares nas melhores práticas desenvolvidas pela empresa americana.

### **Estados Unidos – Emirados Árabes**

Os Estados Unidos e os Emirados Árabes assinaram acordo para a cooperação nuclear civil no qual os Emirados se comprometem a não promover programa próprio de enriquecimento e reprocessamento de urânio.

### **Estados Unidos – Japão**

A Westinghouse Electric Company e a Toshiba Corporation anunciaram a formação da **BWRPLUS**, uma organização comercial para operar usinas nucleares nos Estados Unidos que irá alavancar as sinergias entre as duas empresas.

### **Estados Unidos – Kuwait**

Os Estados Unidos e o Kuwait assinaram em junho de 2010 acordo para a cooperação na área de salvaguardas nucleares e outros tópicos de não proliferação. O acordo prevê atividades em legislação, regulamentação, desenvolvimento de recursos humanos, proteção radiológica, gestão de resíduos, operação de reatores entre outras, mas não previsão de construção de usinas.

### **Estados Unidos – Países do Golfo Pérsico**

As empresas americanas Lightbridge e Exelon Generation assinaram acordo com o Conselho de Cooperação do Golfo (Bahrain, Kuwait, Omã, Qatar, Arábia Saudita e União dos Emirados Árabes) para estudo que irá avaliar a possibilidade e a localização de uma central nuclear para geração de energia e dessalinização de água para a região.

## **Estados Unidos – França**

1. A AREVA e a NORTHROP GRUMMAN firmaram acordo para montar uma empresa- Areva Newport News LLC- que fabricará os componentes pesados (vasos do reator, tampa do reator, gerador de vapor e pressurizador) do reator francês EPR nos Estados Unidos e que deverá começar a operar em 2011. A AREVA tem expectativa de construir até 7 reatores no território americano nos próximos anos e essa estratégia visa protegê-la de um possível gargalo industrial para componentes pesados, cujos fabricantes mundiais são em número reduzido.
2. A AREVA também solicitou ao órgão regulador americano – NRC, uma licença para construir e operar uma planta (Eagle Rock) de enriquecimento de urânio por centrifugação próxima a Idaho Fall. Segundo a empresa este é um investimento multibilionário.
3. Areva será o maior fornecedor os serviços de engenharia, construção e combustível para a central Bellefonte-1 pertencente a TVA, localizada no estado americano do Alabama. O contrato é de 1(um) bilhão de dólares e compreende, entre outras atividades, a ilha nuclear, a sala de controle, instrumentação digital, simulador para treinamento e o combustível.

## **Estados Unidos – Rep. Checa**

Os Estados Unidos através do seu Departamento de Energia (DoE) e universidades americanas e a Rep. Checa (várias universidades e Centros de Pesquisa) assinaram, em setembro de 2011, acordos de cooperação para pesquisas, com troca de experiências e profissionais para reatores de geração IV refrigerados a sal líquido (molten salt reactors).

## **Estados Unidos – África do Sul**

Em setembro de 2009 foi assinado pelo secretário de energia americano Steven Chu e pelo ministro de energia sul-africano um acordo bilateral de cooperação em pesquisa e desenvolvimento em energia nuclear com ênfase em tecnologia avançadas de reatores e sistemas nucleares. O acordo, segundo o americano reitera a posição de seu governo de que a energia nuclear tem papel principal no futuro energético mundial, principalmente no que diz respeito aos desafios das mudanças climáticas.

## **Estados Unidos – Vietnam**

Um acordo EUA-Vietnã em cooperação civil energia nuclear entrou em vigor em Setembro de 2014. O acordo estabelece os termos para o comércio nuclear, o intercâmbio em pesquisa e tecnologia entre os dois países e havia sido assinado em março de 2010, como memorando de entendimento. Isto vai aumentar a cooperação com os Estados Unidos e vai dar ao Vietnã o acesso a combustível nuclear. Prevê-se no futuro a construção do primeiro reator de potência no Vietnã.

## **Estados Unidos – Ucrânia**

Em junho de 2014 - O operador estatal nuclear Energoatom da Ucrânia e a empresa americana Holtec Internacional assinaram um acordo para a construção de um repositório

centralizado para o combustível nuclear usado na área da central nuclear de Chernobil. A conclusão da instalação está prevista para o final de 2017 e a unidade irá armazenar até a 17 mil elementos de combustível irradiado de três centrais nucleares (Khmelnitski, Rovno e Ucrânia Sul). A estação nuclear Khmelnitski tem dois reatores comercialmente operacionais e dois em construção. Rovno tem quatro reatores e Ucrânia Sul três. Quarta central nuclear comercial da Ucrânia ( Zaporozhye), a seis unidades, tem sua própria instalação de armazenamento de combustível irradiado, comissionado desde 2001.

### **Europa – Bulgária**

A Westinghouse Europa (agora uma empresa da Toshiba japonesa) e a Bulgarian Energy Holding EAD (BEH) assinaram acordo para a cooperação nuclear civil, que inclui suporte técnico para as usinas em operação, extensão de vida, instrumentação e controle e descomissionamento.

### **Emirados Árabes– Suécia**

A empresa sueca Alfa Laval ganhou a concorrência para fornecer os trocadores de calor para a central dos Emirados Árabes em Brakka. O valor do contrato é 9,5 milhões de dólares.

## **França e Outros**

### **França – Bolívia**

Em outubro de 2015 a França e a Bolívia assinaram um acordo para desenvolver energia nuclear no país

### **França – Brasil**

1- A França, através da AREVA, assinou com o Brasil memorando de entendimento em cooperação industrial objetivando ampliar a frota de usinas nucleares no país e na fabricação de combustível nuclear para as novas usinas que vierem a ser construídas. Os trabalhos se concentrarão nos principais componentes de um programa nuclear, na estrutura administrativa, jurídica e contratual, na excelência técnica e nos aspectos financeiros e econômicos, além da troca de informações quanto ao ciclo de combustível; à aquisição e ao gerenciamento de fornecedores; à construção; ao comissionamento e à operação de usinas nucleares.

2- O grupo francês GDF Suez e as companhias brasileiras Eletrobrás e Eletronuclear firmaram um acordo de colaboração no âmbito nuclear. Este "protocolo" de cooperação, que estará focado basicamente na "troca de informações e de experiência" no campo nuclear. De acordo com a Suez, os trabalhos serão centrados ainda em questões como a exploração das usinas nucleares, a tecnologia, os mecanismos de propriedade, o processo de seleção dos pontos de construção e o desenvolvimento de recursos humanos.

### **França – Chile**

Em fevereiro de 2011 foi assinado acordo de cooperação nuclear entre o Chile (La Comision Chilena de Energia Nuclear - CCHEN) e a França (Energie Atomique et aux

Energies Alternatives - CEA) com foco em treinamento nuclear dos cientistas e profissionais chilenos, incluindo projeto, construção e operação de centrais nucleares de potência.

## **França–China**

1- Acordo entre AREVA (45%) e China Guandong Nuclear Power Company – CGNPC (55%) para formar empresa de projetos nucleares para concorrer em qualquer país do mundo com os modelos de reator da França (EPR) e da China (CPR1000).

2- Outro acordo diz respeito à produção da UraMin que pertence à AREVA e que os investidores chineses aportariam capital garantindo a compra de 49% das ações e o subsequente acesso chinês ao urânio produzido. Neste processo a UraMin fica com um mercado cativo na China e a França com os investimentos garantidos.

3- Um terceiro acordo, em novembro de 2010, diz respeito a um contrato de 3,5 bilhões de dólares relativos ao fornecimento por 10 anos de 20.000 toneladas métricas de urânio China Guandong Nuclear Power Company.

4- O quarto acordo a AREVA e China National Nuclear Corp.-CNNC formam “*joint venture*” (CAST) para produção e comercialização de tubos de zircônio para fabricação de elementos combustíveis já em 2012.

5- O quinto acordo trata-se de cooperação industrial no campo de tratamento e reciclagem de combustível irradiado.

## **França – Congo**

A França, através da AREVA, assinou acordo com o Congo para a mineração de urânio naquele país

## **França – Emirados Arabes Unidos**

A França, através da AREVA assinou contrato de suprimento de urânio enriquecido no valor de 400 milhões de euros (490 milhões de US dólares) com a Emirates Nuclear Energy Corporation (ENEC) para alimentar a primeira central dos Emirados Árabes atualmente em construção.

## **França – Espanha**

A AREVA assinou acordo de suprimento de combustível nuclear, a partir de 2010, para a usina espanhola de Trillo, localizada no estado de Guadalajara. O acordo, com duração de 6 anos, inclui serviços diversos.

## **França – Índia**

1-A França, através da AREVA, assinou com a Índia - Nuclear Power Corporation of India Ltd (NPCIL) um contrato de suprimento de combustível nuclear de longa duração para as usinas que operam sob controle da AIEA. No acordo também está incluída a possibilidade de desenvolvimento e fornecimento de novos reatores EPR ao país e o consequente suprimento de combustível.

2- 26 de janeiro, 2016 (NucNet): francesa EDF e da Nuclear Power Corporation of India (NPCIL) assinaram um acordo de cooperação para a construção de seis unidades EPR em Jaitapur, no oeste da Índia. A EDF disse em um comunicado que o acordo foi assinado

durante uma visita de Estado à Índia pelo presidente francês François Hollande. O acordo significa que a EDF assume o projeto do grupo nuclear francês Areva, que vai vender seu braço de reator a EDF ainda este ano.

### **França – Japão**

1- A AREVA assinou acordo de suprimento de combustível de óxido Misto – MOX (urânio + Plutônio) para a usina japonesa de Shimane de propriedade da empresa Chugoku Electric Power Co.

2- A Mitsubishi Nuclear Fuel Co e a AREVA criaram uma empresa nos Estados Unidos (US Nuclear Fuel) para a produção de combustível para reatores avançados (advanced pressurised water reactors) que a japonesa Mitsubishi Heavy Industries pretende fornecer ao mercado americano ainda nesta década. A nova empresa se localizará em área da AREVA em Richland, estado de Washington.

3- Empresas francesas e japonesas assinaram acordo de cooperação para reabilitação do sítio de Fukushima e também para o início da operação comercial da usina de reprocessamento de combustível usado de Rokkasho.

### **França – Kuwait**

Fundos soberanos do Kuwait e da França vão investir no aumento de capital da AREVA. A autoridade de investimentos do Kuwait (KIA) ofereceu 600 milhões de euros por 4,8% das ações da AREVA e a ministra francesa de economia disse que a França ofertará 300 milhões de euros.

### **França – Marrocos**

A França assinou com o Marrocos acordo de cooperação para o desenvolvimento civil de energia nuclear para fins pacíficos no Marrocos que não tem fontes energéticas em seu território a não ser minério associado a urânio.

### **França – Polônia**

Em outubro de 2012 as companhias francesas Areva e EDF assinaram um memorando de entendimento tripartite com a empresa polonesa Energoprojekt como parte dos esforços para desenvolver um programa nuclear civil no país.

### **França – República Checa**

O fornecedor francês Areva e várias companhias Checas assinaram, em Praga, acordo de cooperação como parte da qualificação do fornecedor francês para a construção de futuros reatores EPR, incluindo os reatores checos planejados de Temelin-3 e -4. As empresas tchecas são a ABB, Abegu, Arako spol, Baest máquinas e estruturas, Excon Steel, I & C Energo, Kralovopolska RIA, Mandik, Metra Blansko, Modrany Energia, Schneider Electric CZ, Sigma Group, grupo Machinery Vitkovice e ZVVZ Engineering.

### **Japão – Iran**

Em 12 de outubro de 2015 o ministro das Relações Exteriores do Irã, Mohammad Javad

Zarif, e o seu colega japonês, Fumio Kishida, concordaram em expandir a cooperação bilateral no campo da segurança nuclear após a implementação do Plano de Ação Compreensiva Conjunta (JCPOA)

### **Japão – Itália**

Westinghouse acordou comprar Mangiarotti, um fabricante italiano vaso de pressão que faz dezenas de componentes chaves para o reator AP1000 da empresa. A compra permitirá Westinghouse se expandir seus negócios em atividades de petróleo e gás. (julho 2014)

### **Japão – Polônia**

Assinado acordo entre as empresas GE Hitachi Nuclear Energy (GEH) e Energoprojekt Warszawa, S.A. (EW) para verificar a possibilidade de parceria no desenvolvimento de reator nuclear com suprimento de serviços de engenharia, construção e montagem entre ambas.

### **Jordânia - Argentina**

A Argentina e a Jordânia assinaram acordo intergovernamental para a cooperação no campo do uso pacífico da energia nuclear que cobre atividades de pesquisa e aplicações nucleares, a produção de radioisótopos, a exploração mineral, a construção e operação de reatores de potência e de pesquisa, a fabricação de componentes e o processamento de resíduos nucleares.

### **Jordânia – Coréia do Sul**

Um consórcio liderado pela Coréia do Sul através da Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI), ganhou a concorrência para fornecer o reator de pesquisa de 5 MW para a Jordânia. Associado a este contrato será construída uma fábrica de radioisótopos e seus anexos relacionados nos próximos cinco anos.

### **Jordânia – Inglaterra**

O secretário de relações exteriores da Grã-Bretanha David Miliband assinou acordo de cooperação nuclear com a Jordânia (Nasser Judeh). Durante o evento o secretário elogiou a posição transparente da Jordânia em relação à energia nuclear e reafirmou o comprometimento de seu país com o desenvolvimento de programas civis nucleares em países árabes.

### **Jordânia – Japão**

O Japão e a Jordânia assinaram acordo de cooperação, com duração de 5 anos, no qual o Japão irá dar suporte ao processo de desenvolvimento do uso pacífico da energia nuclear na Jordânia. Tecnologia, treinamento e infraestrutura estão entre os principais pontos do acordo.

### **Jordânia – Turquia**

Acordo de cooperação nuclear assinado entre os países nas áreas de operação de

centrais, serviços, fornecimento de combustíveis, exploração de urânio e proteção radiológica. A Jordânia assinou acordo similar com outra 11 nações.

## **Rússia e Outros:**

### **Rússia – África do Sul**

Em 22 de setembro de 2014 na África do Sul e Rússia assinaram um acordo de parceria estratégica para colaboração de energia nuclear, de acordo com a estatal russa Rosatom empresa nuclear, mas um porta voz Sul Africano enfatizou que a tecnologia russa era apenas uma das opções que estão sendo consideradas. O acordo estabelece as bases para uma grande escala de aquisição usina nuclear e programa de desenvolvimento da África do Sul a partir da construção na África do Sul de reatores VVER russos, com uma capacidade instalada total de até 9,6 GW (até oito unidades nucleares).

### **Rússia – Argentina**

1- Os presidentes da Rússia e da Argentina assinaram em 12 de julho de 2014 acordos de cooperação no uso pacífico da energia nuclear. A presidenta Cristina Kirchner ressaltou que seu Governo tem "um grande desejo de aprofundar a relação com a Rússia", e anunciou a assinatura de "acordos muito importantes na área nuclear" para a geração de energia. Segundo ela, foi uma "excelente reunião de trabalho". Putin qualificou como "estratégico" o relacionamento entre os dois países e agradeceu "a oportunidade de discutir a estratégia de interesse mútuo"

2- Em abril de 2015 Os presidentes da Rússia e da Argentina assinaram contrato que dá à Argentina acesso às mais recentes tecnologias russas, que obedecem aos mais rigorosos padrões de segurança nuclear. De acordo com os especialistas, o mais importante é que o acordo assume uma forte conotação política, já que a Rússia está partilhando tecnologia nuclear com potenciais aliados na região.

### **Rússia – Arábia Saudita**

A Rosatom anunciou em um comunicado 18 de junho de 2014 que a Rússia e a Arábia Saudita aprovaram um acordo de cooperação em energia nuclear. Energias Atômica e Renováveis estão sendo desenvolvidas na Arábia e um programa de desenvolvimento de energia nuclear da Arábia Saudita está sendo implementando. O país está considerando a construção de até 16 reatores de energia, como parte do programa, informaram as autoridades sauditas.

### **Rússia – Austrália**

A Primeira Ministra da Austrália, Julia Gillard e o presidente russo Dmitry Medvedev assinaram acordo de suprimento de urânio para os reatores russos em novembro de 2010.

### **Rússia – Bolívia**

Em outubro de 2015 a Rússia e a Bolívia assinaram um acordo para desenvolver energia nuclear no país, com a construção de um Centro de Ciência e Tecnologia nuclear. O centro



abrirá a possibilidade de usar tecnologias nucleares modernas tanto na área médica, como em agricultura e pesquisa científica. O projeto que deve ser concluído até 2020 a um custo estimado de 300 milhões de dólares, contará com uma instalação de cíclotron-radiofarmácia, um centro multiuso de radiação gama e um reator de investigação. A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) prometeu assistência para aplicar padrões de segurança mundial exigidos.

### **Rússia – Brasil**

1- Em 2014 A Rosatom Isotope assinou um acordo cooperação com a Comissão Nacional de Energia Atômica do Brasil (CNEN) para fornecimento de isótopos médicos Molibdênio-99, usados no tratamento de câncer.

2- Em 2015, a Holding Rosatom abriu sede no Rio de Janeiro para a subsidiária Rosatom América Latina que passa a ser a sede da companhia russa no continente. Isto trará um novo impulso à cooperação bilateral e poderá levar, em um futuro próximo, à assinatura de diversos contratos vantajosos para ambos os lados, declarou o consul russo Budaev.

### **Rússia – Bulgária**

A NEK - National Electric Company da Bulgária e a russa Atomstroyexport assinaram contrato para projeto, construção e comissionamento das usinas da Central Nuclear de Belene (2x 1000 MW – VVER). Como subcontratado está o consórcio ‘CARSIB’ (Consortium Areva NP-Siemens for Belene) que fornecerá sistemas elétricos e de instrumentação e controle (I&C systems). A Bulgária mantém contrato (no valor de 2,6 milhões de euros) para a seleção de sítio e projeto de depósito rejeitos de baixa e média atividade no país, em área de superfície.

### **Rússia – China**

1-A Rússia e a China assinaram acordo para a cooperação na construção de reatores rápidos (fast breeder reactor) de demonstração com 800 MW e também na construção dos reatores Beloyarsk-4 na Rússia e das unidades 3 e 4 de Tianwan na China. Acordos anteriores propiciaram a construção de Tianwan 1 e 2 além de três módulos de planta de enriquecimento de urânio e ainda um reator rápido experimental - CEFR.

2- O vice-primeiro ministro da Rússia, Dmitry Rogozin, disse em 13 de outubro de 2015 que Moscou e Pequim vão desenvolver a cooperação bilateral no setor de energia nuclear em outros países, segundo informou a Rádio Internacional da China.

### **Rússia – Egito**

1- O diretor da empresa estatal russa Sergei Kiriyyenko disse que o acordo de cooperação em energia nuclear assinado com o Egito está focado principalmente na prospecção e mineração de urânio naquele país. Outros grupos de trabalho serão formados para a construção de usinas atômicas, com treinamento de mão de obra especializada em operação nuclear e atividades regulatórias. O Egito tem 2 reatores de pesquisa

2- Em 10 de fevereiro de 2015, foi anunciado um acordo entre o Egito e Rússia para desenvolver o projeto de uma planta combinada para a produção de eletricidade nuclear, bem como a produção de água potável através da dessalinização.

## **Rússia – Emirados Árabes**

A Rússia e os Emirados Árabes assinaram acordo para a cooperação nuclear civil no qual a Rússia irá compartilhar tecnologia, equipamentos e material nuclear. Sob o acordo a Rússia poderá fornecer legalmente urânio, serviços de conversão e de enriquecimento do combustível.

## **Rússia – Eslováquia**

A empresa russa TVEL assinou contrato de fornecimento de combustível nuclear de longa duração com a empresa Slovenské Elektrárne, proprietária e operadora da usina, para atender as unidades 3 e 4 Mochovce (VVER-440). O contrato abrangerá 5 recargas e os serviços associados devendo começar em 2012, quando as usinas devem entrar em operação. O sócio majoritário da proprietária é a italiana ENEL.

## **Rússia – Estados Unidos**

A empresa russa TENEX-Techsnabexport, que produz combustível nuclear, informou que recebeu a aprovação do departamento de comércio americano para o fornecimento de urânio enriquecido à Constellation Energy Nuclear Group entre 2015 e 2025. Este é o sexto contrato de suprimento de combustível da Tenex para o mercado americano de geração nuclear. Os outros foram com Exelon e Fuelco (que representa Pacific Energy Fuels, Union Electric ou AmerenUE) e Luminant.

## **Rússia – França**

As empresas EdF e Rosatom acordaram, em junho de 2010, cooperar em pesquisa e desenvolvimento em combustível, operação de usinas e construção, além de troca de experiências e treinamentos de seus funcionários.

## **Rússia – Holanda**

A empresa russa Rosatom e a holandesa Royal Philips Electronics assinaram (junho de 2011) acordo para fabricar equipamentos médicos de imagem destinados ao diagnóstico de câncer.

## **Rússia – Inglaterra**

A Rosatom através de seu diretor Sergei Kiriyyenko assinou acordo de cooperação em energia nuclear com a empresa britânica Rolls-Royce.

## **Rússia – Índia**

A Índia assinou contrato com a fabricante russa de combustível nuclear TVEL. O combustível irá para várias centrais nucleares indianas e este é o primeiro contrato de suprimento após a retirada dos embargos do Nuclear Supplier Group (NSG) que vigoram até 2008. Assinado também acordo no sentido de fornecer mais 4 reatores na área de Kudankulam onde já existe uma central instalada. O acordo amplia a cooperação existente

no campo de combustíveis, tecnologia, serviços e pesquisa nuclear.

### **Rússia – Irã**

A Rússia através da empresa Atomenergoproekt (NIAEP), uma subsidiária da Atomstroiexporte e a Companhia de Produção e Desenvolvimento de Energia Nuclear do Irã (NPPD) assinaram um acordo em Moscou (em 11/11/2014) para a construção de dois novos reatores nucleares na usina de Buchehr, com a possibilidade de construir outros dois em outros sites a definir, anunciaram as agências de notícias russas. Em setembro de 2013, Irã e Rússia assinaram uma série de acordos de cooperação que permitirão a ambos os países estabelecer uma nova parceria estratégica.

### **Rússia – Itália**

Acordo para participação italiana na construção de reatores nucleares de 3ª geração de modelo russo e no estudo, projeto e construção de um protótipo de reator de 4ª geração. Esse acordo ajudaria a Itália na formação de mão de obra especializada.

### **Rússia – Japão**

A Toshiba e a Technabexport – Tenex assinaram um acordo de cooperação comercial para fabricar e suprir produtos e serviços do ciclo do combustível nuclear, inclusive no enriquecimento de urânio. Um dos principais objetivos do acordo é a estabilidade e a segurança dos suprimentos de bens e serviços nucleares. Como consequência deste acordo um contrato de suprimento de longa duração foi assinado pelo qual a empresa Chubu Electric receberá combustível nuclear por 10 anos. Atualmente a Tenex supre cerca de 15% da demanda por combustível nuclear no Japão e deverá aumentar este suprimento com o acordo ora assinado.

### **Rússia – Jordânia**

1-Em 2013 a Rússia e a Jordânia assinaram acordo intergovernamental, com duração de 10 anos, para a cooperação no campo do uso pacífico da energia nuclear que cobre uma larga escala de atividades que abrangem engenharia e construção, fabricação de componentes, estudos de segurança, proteção e controle de radiação, dessalinização, mineração de urânio, serviços, pesquisa dentre outros.

2-Em março de 2015 a Rússia e Jordânia assinaram um acordo intergovernamental sobre a cooperação na construção e operação da primeira usina nuclear do país do Oriente Médio. O documento foi assinado ontem pelo Sergey Kirienko, diretor-geral Rosatom e Khaled Toukan, presidente da Comissão de Energia Atômica Jordan (AEC). O projeto de Construção está orçado em US\$ 10 bilhões.

### **Rússia – Myanmar**

Em 26 de março de 2015 (WNN), durante o primeiro de uma visita de trabalho de dois dias ao país do Sudeste Asiático, o diretor-geral adjunto da Rosatom Nikolai Spassky informou que a Rússia e Myanmar concordaram em cooperar no domínio da energia nuclear.

## **Rússia – Nigéria**

A companhia estatal russa Rosatom assinou um memorando de cooperação com o regulador nigeriano para fomentar o uso pacífico da energia nuclear naquele país.

## **Rússia – Omã**

A Rússia e o Omã assinaram acordo intergovernamental objetivando a cooperação no campo do uso pacífico da energia nuclear com ênfase em infraestrutura, pesquisa e desenvolvimento e construção e operação de usinas nucleares de potência. A empresa estatal russa ROSATOM será a responsável pelos trabalhos.

## **Rússia – Turquia**

A Rússia (Russian Technical Supervisory Authority - Rostechndzor) e a Turquia (Turkish Atomic Energy Agency -TAEK) assinaram acordo de cooperação no qual é previsto transferência de “Know-how “ e informações em licenciamento nuclear, proteção radiológica e gestão da qualidade .

## **Rússia – Tailândia**

A estatal russa Rosatom e o Instituto de Tecnologias Nucleares da Tailândia assinaram, durante a 58ª Conferência da AIEA, em setembro de 2014, um memorando sobre a utilização da energia atômica para fins pacíficos. As partes planejam também desenvolver cooperação no campo dos estudos fundamentais e aplicados, radio-isótopos, segurança nuclear e serviços de tratamento de resíduos nucleares, ensino e preparação de pessoal científico e técnico.

## **Rússia – Ucrânia**

1. A Rússia e a Ucrânia assinaram acordo intergovernamental com o objetivo de retomar a construção dos dois reatores ucranianos de Khmelnitsky. O acordo foi assinado em Kiev pelo ministro de energia e combustível da Ucrânia, Yuri Boyko e pelo Diretor geral da empresa russa Rosatom, Sergei Kiriyyenko e prevê financiamento, projeto, construção, comissionamento, serviços e suprimento russo para as unidades 3 e 4 da central Khmelnitsky.

2. A empresa russa TVEL e a ucraniana Nuclear Fuel assinaram acordo para a construção de fábrica de combustíveis nucleares para reatores VVER-1000 na Ucrânia (a TVEL ajudará no financiamento do projeto).

## VI – Algumas Aplicações Nucleares

O campo nuclear oferece inúmeras aplicações e pretendemos apenas citar algumas.

### Aplicações Médicas e Industriais

No **campo médico** destacam-se a radiologia convencional, mamografia, tomografia computadorizada, radiografia dental panorâmica, angiografia digital, exame PET (Positron Emission Tomography), etc.

O uso de radiofármacos, que é um composto que contém um radioisótopo na sua estrutura e pode ser usado tanto no diagnóstico como na terapia, merece especial atenção. O radionuclídeo mais utilizado no mundo é o Tecnécio 99 que detém cerca de 75% das aplicações médicas que chegam a 50 milhões de procedimentos por ano. O Tecnécio 99 é produzido por decaimento do molibdênio-99. Os problemas atuais de suprimento deste radionuclídeo são decorrentes da curta vida útil do mesmo, de apenas 6 horas, o que obriga a sua geração próxima ao centro de utilização e também de problemas na cadeia de suprimento cujos reatores de produção no mundo são antigos (de 40 a 53 anos de idade) e poucos.

Ainda no campo médico um importante avanço vem sendo conseguido nos países africanos, em conjunto com a AIEA, no sentido neutralizar um dos piores vetores da transmissão de doenças. O objetivo inicial foi o combate à mosca Tse-tse (vetor de transmissão da doença do sono em humanos). A técnica utilizada no processo é a de esterilização dos insetos (SIT- Sterile Insect Technique) que é uma tecnologia nuclear na qual insetos machos, esterilizados em laboratório, são soltos aos milhares em áreas silvestres infestadas e, ao se acasalarem com fêmeas férteis da região, impedem que se produzam, contribuindo para a extinção da espécie que se quer controlar. O processo é muito usado em outros insetos parasitas na agricultura.

Este mesmo processo está sendo utilizado no Brasil em 2016 para o combate ao Aedes Aegypt, mosquito transmissor de diversos vírus (zika, chikungunya, febre amarela, dengue). Este é um processo de interferência na seleção natural através do controle de natalidade dos insetos.

**A indústria** também tem uma infinidade de aplicações, sendo o RX de soldas uma das mais aplicadas. Temos ainda a irradiação de materiais plásticos (seringas, luvas, etc.) para a indústria farmacêutica para esterilização dos mesmos. A irradiação de plásticos para o aumento de sua dureza na indústria automobilística (para choques).

Cerca de um quinto da população do planeta, em especial na África e na Ásia, não tem acesso à água potável. A **limpeza e a dessalinização de águas do mar** nestas áreas é uma questão de sustentabilidade da sociedade.

O processo de **dessalinização** é eletrointensivo e é, em geral, realizado fazendo uso de energia térmica de combustíveis fósseis ou nucleares. Neste caso o uso da fonte nuclear tem a vantagem de não acrescentar os poluentes que aparecem com outras fontes.

A limpeza de água proveniente dos lagos, rios, riachos e lagoas que pode parecer limpa e não apresentar odor ou sabor indesejáveis. Contudo, infelizmente, os organismos patogênicos encontrados na água são não só perigosos como também imperceptíveis a olho nu. Aqui a desinfecção é feita por radiação ultra violeta. Não gera resíduos.

A radiação ionizante também é usada na **conservação e restauro de obras de arte** para exterminar pragas como cupins. No Brasil a IPEN já tratou quadros, xilogravuras, papéis e peças diversas infestadas por fungos, bactérias, cupins e brocas. Esta tecnologia, que não gera resíduos tóxicos ou radioativos.

**A arqueologia e a história** usam material irradiado (carbono 14) para a datação de suas peças.

**Na área de combustíveis**, além, é claro, da geração de energia elétrica em usinas como as de Angra dos Reis no Brasil, tem-se o uso como propulsor de navios e submarinos



TRIGA CNEN/CDTN - Belo Horizonte



Argonauta CNEN/LEN Rio de Janeiro

Ainda como propulsor exemplifica-se as sondas espaciais movidas a plutônio como as Voyager I e II, que lançadas ao espaço na década de 1970 e previstas inicialmente para ficar em atividade por 5 anos, ainda hoje mantêm seus sistemas em funcionamento e enviam informações aos centros de controle na Terra.

**Na agricultura** as aplicações nucleares tem como principal uso a irradiação de alimentos, em especial frutas e legumes, como forma de conservá-las conforme recomenda a OMS - Organização Mundial de Saúde. Os processos variam por tipo de alimento, mas os objetivos são atrasar o amadurecimento das frutas aumentando seu prazo de validade, eliminação de insetos diversos e de microrganismos causadores de deterioração dos produtos; destruir fungos e bactérias nocivas, evitando ou reduzindo riscos por doenças e intoxicação alimentar.

A técnica também é usada na conservação de adubos (turfa) e na redução de perdas pós-colheita ou pós-abate, devido a infestação por insetos ou microrganismos melhorando o indicador de perda da agricultura que é estimada como sendo da ordem de 25% a 50% de tudo que é produzido. Hoje, mais de 50 países (Brasil inclusive com regulamentação a

esse respeito desde 2001) aprovaram o processo de irradiação para cerca de 60 produtos alimentares.

Produto	Sem ionização	Com ionização
Alho	4 meses	10 meses
Arroz	1 ano	3 anos
Banana	15 dias	45 dias
Batata	1 mês	6 meses
Cebola	2 meses	6 meses
Farinha	6 meses	2 anos
Filé de Pescada Refrigerado	5 dias	30 dias
Frango Refrigerado	7 dias	30 dias
Legumes e Verduras	5 dias	18 dias
Manga	7 dias	21 dias
Milho	1 ano	3 anos
Morango	3 dias	21 dias
Papaia	7 dias	21 dias
Trigo	1 ano	3 anos

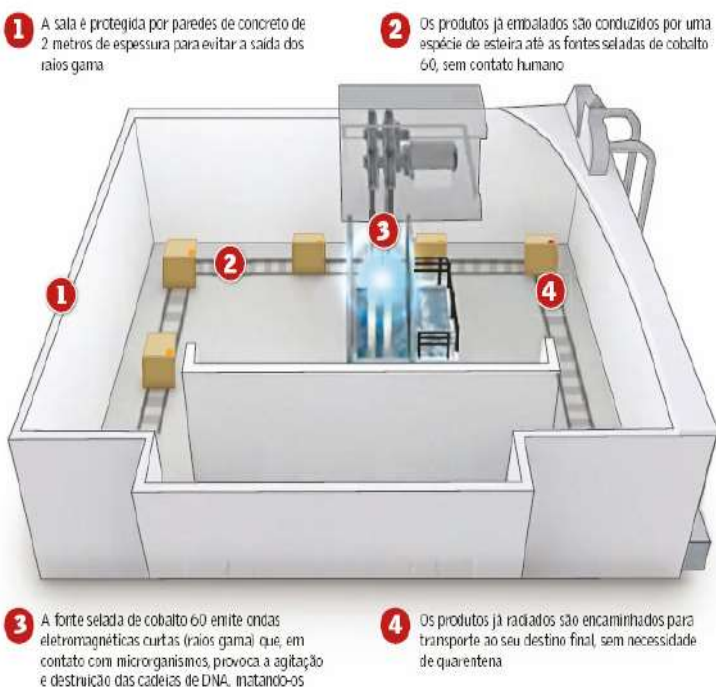


Produto tratado,  
produto saudável.



#### Aumento médio na durabilidade de Alimentos irradiados e o selo informativo

A principal dificuldade do processo é o marketing negativo dos produtos irradiados, que precisam ter um selo de advertência na embalagem para informar o consumidor, o que inibe a compra pelo fato de as pessoas acharem que o alimento é contaminado, quando eles, na verdade, não se tornam radioativos com o uso da técnica.



Fonte: CBE e EnvironmentalChemistry.com

Uma segunda dificuldade é que investimento para uma instalação de irradiação é elevado (da ordem de US\$4 milhões). Existem poucas instalações que prestam esse serviço no Brasil, e o conhecimento da técnica entre os pequenos produtores ainda é baixo.

Como há poucas instalações, o custo de logística para esses produtos é maior, o que impacta no preço final das mercadorias. A técnica é usada em uma gama limitada de produtos.

#### Alguns detalhes sobre Esterilização por raios gama

A esterilização por raios gama é realizada no Brasil há muitos anos e alguns exemplos são os executados pela empresa CBE Embrarad cujas atividades são a esterilização de:

- Produtos Médico-hospitalares
- Produtos Farmacêuticos e veterinários;
- Acessórios para laboratório;
- Embalagens;
- Cosméticos;
- Alimentação Humana;
- Ervas Medicinais;
- Nutrição Animal;
- Implantes Dentários.

## Produção de radioisótopos

Principais países e seus reatores de pesquisa para a produção de radioisótopos (antigos e poucos):

- Canadá – NRU, operando desde em 1957, cerca de 50% da produção mundial;
- Holanda - HFR em Petten– 1961, 25 % (parado);
- África do Sul - Safari em Pelindaba, 1965, 10 %;
- Bélgica - BR2 em Mol – 1961, 9%;
- França - Osiris em Saclay – 1965, 5%.

O reator da África do Sul (Safári) foi convertido em 2009 para usar apenas urânio de baixo enriquecimento (menor que os usuais 20% deste tipo de reator), numa tentativa de reduzir os custos desta atividade.

Reatores Produtores de Molibdênio ( <sup>99</sup> Mo) no Mundo				
País	Reator	Idade em anos	desligamento Previsto	Demanda atendida
<b>Canadá</b>	NRU	55	out/16	
<b>Bélgica</b>	BR2	51		
<b>África do Sul</b>	Safari-1	47		
<b>Holanda</b>	HFR	51	2018	90 a 95%
<b>França</b>	Osiris	46	2015(?)	
<b>Argentina</b>	RA-3	45		
<b>Austrália</b>	OPAL	5		

Previsão de crise mundial de abastecimento a partir de 2015, com impacto direto no Brasil em 2016



O molibdênio-99 é utilizado para a produção de tecnécio-99m ( $^{99m}\text{Tc}$ ), um radioisótopo utilizado em mais de 80 por cento dos procedimentos de medicina nuclear de diagnóstico em todo o mundo, principalmente em exames de cintilografia, mas tem havido escassez do produto nos últimos anos, principalmente devido ao desmantelamento dos reatores de investigação obsoletos que são usados para produzi-lo.

Este radioisótopo tem mais de 90% de sua produção feita por apenas sete reatores em todo mundo. Além de concentrarem o fornecimento do produto, seis desses reatores têm mais de 45 anos de funcionamento, o que significa que deixarão de operar em um tempo muito curto, sendo a única exceção é o reator australiano Opal, instalado há apenas cinco anos.

O Brasil não é autossuficiente na produção dos radioisótopos para a medicina nuclear - e importa US\$ 32 milhões por ano em molibdênio 99. Com a parada do reator canadense o Brasil foi atendido parte de sua demanda (1,5 milhões de procedimentos por ano) comprando da Argentina e da África do Sul os radioisótopos que necessita. Outros fornecedores estão em análise (Alemanha, Austrália, Rússia e Polônia) para substituir os fornecedores que sairão do mercado.

Em 5 de março de 2015 (NucNet) a empresa russa JSC Isotope, uma subsidiária da Rosatom, assinou um contrato com a CNEN-Comissão Nacional de Energia Nuclear para abastecer o Brasil com o radioisótopo de molibdênio-99 ( $^{99}\text{Mo}$ ). O contrato é um dos mais importantes desde o início do abastecimento do mercado internacional de Mo-99 pela Rússia, disse Rosatom.

Em 16 Set, 2015 (NucNet), no Fórum Científico da Agência Internacional de Energia Atômica, em Viena, o diretor-geral Sergei Kiriyyenko da Rosatom declarou que a empresa está pronta para abastecer o mercado de isótopos com o radioisótopo de molibdênio-99 (Mo-99) a uma capacidade máxima de até 74 terabecquerel por semana (TBq / semana). Sr. Kiriyyenko disse que a Rosatom criou capacidade de produção de Mo-99 e está pronta para entregá-lo aos parceiros em todo o mundo.

## Pesquisa e Desenvolvimento Nuclear

### RMB

**O Reator Multipropósito Brasileiro – RMB**, que está sendo implementado em Iperó - SP, a um custo previsto de 950 milhões de reais e previsto para operar em 2019, poderá atender a esta demanda e a outras de ordem industrial do Brasil, uma vez que, além de produzir radioisótopos fundamentais para diagnóstico e terapia de diversas doenças, o RMB será utilizado na realização de testes de irradiação de materiais e combustíveis, em pesquisas com feixes de nêutrons e permitirá ainda realizar pesquisas nas várias áreas de aplicação da tecnologia nuclear, como agricultura, conservação de alimentos, ciência de materiais, energia e meio ambiente.

Em 14/12/12 foi assinada a declaração de utilidade pública do terreno em Iperó que vai abrigar o RMB que faz parte de meta estratégica do Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI) e está alinhado com as políticas estabelecidas no Programa Nuclear Brasileiro (PNB). A área cedida pelo governo paulista, de 800 mil metros quadrados, se soma a 1,2 milhão de metros quadrados cedidos pela Marinha, totalizando os dois milhões de metros quadrados que o RMB irá ocupar. Desse total, 600 mil metros quadrados são formados por área preservada.

Segundo o Prof. José Augusto Perrotta - Assessor da Presidência da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, o reator tem por objetivo dotar o país de uma infraestrutura estratégica de suporte ao desenvolvimento autônomo de atividades do setor nuclear, sobretudo na autossuficiência da produção de radioisótopos a serem utilizados na medicina nuclear. O projeto está em fase de audiência pública pelo IBAMA (outubro de 2013). Esse sítio fica em Iperó, ao lado do Centro Experimental Aramar da Marinha, onde estão instaladas o reator de propulsão e todas as unidades do ciclo do combustível que a Marinha está desenvolvendo. É provável que essas iniciativas levem ao desenvolvimento de um polo de tecnologia nuclear na região.

Como toda a tecnologia nuclear é interligada, um reator de pesquisa ajuda nas atividades do enriquecimento do urânio e na produção de combustível nuclear fazendo testes de irradiação do próprio combustível e das varetas, das paredes dos vasos de pressão, etc. Pode ainda ser usado em estudos de ligas metálicas, componentes magnéticos, etc.



Reator OPAL, na Austrália referência para o RMB

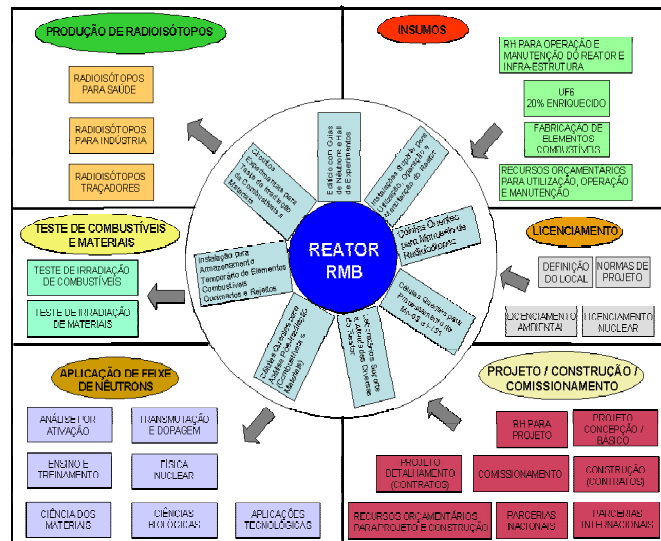


Imagem- Prof. José Augusto Perrotta

O RMB terá como referência o reator de pesquisas Opal em operação desde 2007 na Austrália. O projeto deste reator foi da Invap da Argentina, com quem o Brasil tem acordo de cooperação. Os argentinos estão também construindo o seu novo reator de pesquisa, o que faz diminuir os custos quando o Brasil também constrói o seu. Como reator de

pesquisa seu foco não é eficiência termodinâmica, mas a produção de feixe de nêutrons e a baixa temperatura, não necessitando de isolamentos blindados de aço e concreto.

Atualmente o país conta com apenas quatro reatores de pesquisa e quatro cíclotrons em operação. Os reatores de pesquisa ficam em São Paulo – no IPEN(IEA-R1 e o MB-01), no Rio de Janeiro – no IEN(Argonauta) , em Belo Horizonte(no CDTN-IPR-1) sendo a produção de elementos radioativos monopólio da União conforme determina a Constituição Brasileira. O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN produz 21 radioisótopos e 15 tipos de reagentes liofilizados (para marcar com Tc-99m).

Em agosto de 2010, a Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (SAE/PR) assinou com o presidente da CNEN o termo de cooperação para pesquisa do estudo do método de separação dos isótopos naturais do molibdênio por laser de pulsos ultracurtos, o que constitui um passo importante para a nacionalização da produção do molibdênio e, conseqüentemente, na utilização de radioisótopos para diagnóstico em medicina nuclear.



IEA-R1m -CNEN/IPEN -São Paulo



IPEN/MB-01 - São Paulo

Em setembro de 2010 a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) aprovou proposta da Divisão de Radiofármacos do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), no Rio de Janeiro, para estudar a viabilidade de um método alternativo e mais econômico de produção do iodo-124. O radioisótopo vem sendo pesquisado em vários países para uso na tomografia por emissão de pósitrons (PET), considerado o exame de imagem mais moderno da atualidade. A vantagem do iodo-124 sobre o flúor-18 – radioisótopo mais utilizado no exame PET – é a meia-vida maior, de 4,2 dias. Em comparação, a do flúor-18 é de menos de duas horas. Isso significa que o uso do iodo-124 pode ajudar a democratizar o acesso à PET, na medida em que permite a realização do exame em locais mais distantes dos centros de produção. Devido à meia-vida maior desse radioisótopo, a logística de distribuição também é bastante facilitada.

### **Impressora 3D**

Em 18 de janeiro de 2016 (NucNet) Especialistas da empresa CNC da China utilizaram com sucesso, a tecnologia de impressão 3D para produzir um soquete de tubo inferior para a montagem de combustível de reator de água pressurizada CAP1400. Esta é a primeira vez que a impressão 3D foi usada para a construção de elementos de combustível nuclear na China.

As várias partes de um elemento combustível requerem fabricação de alta precisão, algo que tradicionalmente tem feito disso uma tarefa cara. No entanto, a CNNC verificou que essas peças podem ser produzidos em massa usando ferramentas de moldagem 3D com base em impressão 3D - encurtando significativamente o ciclo de desenvolvimento do produto, melhorando a produtividade e reduzindo significativamente os custos.

A CNNC disse que o uso de peças impressas em 3D está em fase de pré-aceitação e que essas partes serão submetidas a testes extensivos. Se forem bem sucedidos, a empresa vai usar técnicas 3D de fabricação para produzir outras partes que têm uma forma complexa.

A empresa disse que nos próximos anos vai aumentar o uso de tecnologia de impressão 3D com um olho na fabricação de componentes-chave para pequenos reatores, tais como vasos de pressão do reator e principais tubulações de vapor.

A impressora 3D CNNC que tem sido utilizada foi desenvolvida e produzida por Bright Laser Technologies da cidade de Xian, capital da província de Shaanxi, na China central.

A CNNC e as subsidiárias Instituto China de Energia Nuclear e China Nuclear Power Engineering Company também assinaram com Nanfang Manufacturing Technology Company, um acordo aditivo para o desenvolvimento de tecnologias de impressão 3D. A CNNC desenvolve, projeta, constrói e opera estações nucleares civis e militares. Ela também desenvolve, produz e comercializa equipamento nuclear.

O gerente geral assistente da CNNC Li Xiaoming disse que a impressão 3D pode revolucionar a concepção e a fabricação de equipamentos de energia nuclear. De acordo com [www.3ders.org](http://www.3ders.org), uma publicação on-line especializada na indústria de impressão 3D, vários especialistas têm dito que poderia levar "até 10 anos" antes que a tecnologia possa ser amplamente utilizada no setor nuclear para fabricação em grande número de peças e componentes necessários a esta indústria.

Na Inglaterra a tecnologia 3D foi introduzida no sector nuclear em 2014 pela Sellafield Ltd do Reino Unido. A empresa, que funciona na central nuclear de Sellafield, em Cumbria, Inglaterra, disse que havia se tornado a primeira empresa nuclear a experimentar novas utilizações inovadoras para digitalização e impressão em 3D. A Sellafield Ltd disse que espera combinar metal e plástico de digitalização 3D e de impressão para ajudá-la a descomissionar algumas plantas potencialmente perigosas.

A empresa Sellafield informou que já tinha usado a tecnologia de digitalização azul-LED 3D para projetar uma nova tampa para um frasco de exportação de resíduos sólidos de 40 toneladas, que é usado para enviar lama radioativa através de site de Sellafield. A chefe de capacidades técnicas em Sellafield, Donna Connor, disse que a aplicação desta tecnologia tinha "um elevado potencial de economia de custo e de tempo" quando da fabricação de

peças e peças de reposição para um projeto antigo, ou fora do mercado. Ela disse: "Usando esta tecnologia podemos revolucionar a forma como fazemos as coisas, economizando tempo e dinheiro para o contribuinte."

## Projeto Myrrha

O governo Belga aprovou em março de 2010 uma resolução que autoriza o uso dos recursos do futuro reator de pesquisa Myrrha (Multi-purpose Hybrid Research Reactor for High-Tech Applications) para desenvolvimento de soluções inovativas em energia e medicina nuclear. O reator e acelerador foram concebidos por SCK-CEN, que concedeu um contrato de €24 milhões de euros (32 milhões de dólares) para o projeto de engenharia a um consórcio liderado pela multinacional Areva em outubro de 2013. Os outros participantes no consórcio são a italiana Ansaldo Nucleare e a espanhola Empresarios Agrupados.

Esse reator será usado, por exemplo, para tratamento de resíduo nuclear através de transmutação; para modificação de características de semicondutores (doped silicon) essenciais para aplicações em componentes eletrônicos, etc.

Entre os resíduos em combustível irradiado das centrais nucleares, os actínídeos menores são as substâncias que combinam um alta radiotoxicidade e uma longa vida útil. A transmutação destes actínídeos menores, isto é, a destruição destes núcleos prejudiciais pode ser conseguida de uma forma mais concentrada em sistemas de aceleração (ADS). Transmutação, em resumo, é a transformação de um isótopo em um outro bombardeando o átomo com um alto fluxo de neutrões. A ideia subjacente é a transmutar vida longa produtos de cisão e actínídeos menores, o mais problemático devido à sua meia-vida longa, em resíduos de menor duração, reduzindo a carga sobre a eliminação de resíduos nucleares.

Uma fábrica com grande capacidade ainda está muito distante, porém um projeto piloto (ao custo de 1 bilhão de euros) deverá ser comissionado até 2019 e estar em completa operação até 2025 no Centro Belga de Pesquisas Nucleares-SCK, como parte do projeto Myrrha. Os testes levarão 5 anos até o início da operação comercial. O projeto poderá levar a uma grande redução na quantidade e no tamanho dos depósitos permanentes para resíduos de alta atividade.

O desenvolvimento de soluções inovativas como o projeto Myrrha (Multi-purpose Hybrid Research Reactor for High-Tech Applications) oferece outras possibilidades para o tratamento de resíduo nuclear como a transmutação.

O projeto MYRRHA permitirá a avaliação de demonstração e desempenho do conceito transmutação. MYRRHA não pretende ser uma transmutator industrial, mas como uma primeira ferramenta de pesquisa para a demonstração da eficácia do processo. Ele vai nos levar a aprender muito sobre os procedimentos a serem utilizados durante os exercícios de transmutação e irá fornecer informações úteis para os transmutators industriais próxima geração.

## VII – Ambiente e Sociedade

É assustador que em pleno século 21 ainda tenhamos 20% da população mundial, cerca 1,4 bilhões de pessoas, vivendo sem acesso à eletricidade. Outro bilhão vive com suprimento de baixa qualidade e/ou sem garantia de fornecimento. Quase metade da população mundial (2,7 bilhões de pessoas) ainda depende de biomassa (carvão vegetal) para cozinhar ou se aquecer.

A energia é um importante fio condutor da nossa sociedade moderna, complexa e interligada, e é um pré-requisito necessário para a maioria dos bens e serviços produzidos. Portanto, o setor de energia e suas infra-estruturas são geralmente considerados críticos, e desempenham um papel central nas avaliações de risco nacionais de muitos países.

No entanto, também não existe a tecnologia de energia que seja absolutamente livre de risco. Além disso, as perspectivas de risco podem diferir entre vários indivíduos, bem como grupos de interesse, dependendo de suas expectativas e objetivos. Como consequência, a avaliação de risco de um quadro global de tecnologias de energia deve ser transparente, compreensível e consistente para serem aplicáveis a diferentes tecnologias e produzir indicadores de risco cientificamente bem fundamentadas e socialmente aceites.

A energia é a chave para o planeta e para o estilo de vida da humanidade. Ela garante postos de trabalho, segurança, produção de alimentos, transporte e tudo mais. Na falta dela, as economias do mundo, os países, ecossistemas, etc., não funcionam.

Apesar de enormes ganhos em acesso global a eletricidade ao longo das duas últimas décadas, os governos e organizações de desenvolvimento devem continuar a investir em eletrificação para alcançar a saúde, proteção ambiental, qualidade de vida e sustentabilidade. Os problemas nos países em desenvolvimento podem parecer insuperáveis: a escassez de água potável, sistemas de saneamento básicos inadequados, o acesso limitado à eletricidade, baixa produtividade agrícola (devido à má irrigação), uso ambientalmente insustentável de recursos, e assim por diante.

Para ajudar a resolver estas questões, a tecnologia nuclear se apresenta como a tecnologia disponível mais madura, com menor emissão de carbono, sendo capaz de gerar grandes quantidades de energia para suprir as necessidades da sociedade em termos de qualidade, quantidade e confiabilidade.

Os riscos econômicos, sociais e ambientais das alterações climáticas são imensos. Eles ameaçam reverter os frutos de décadas de crescimento e desenvolvimento, minar a prosperidade, e pôr em risco a capacidade dos países para atingir até mesmo as metas de desenvolvimento sócio-econômico mais básicos no futuro, incluindo a erradicação da pobreza e o crescimento econômico continuado. Estes riscos afetam todos os países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Não é exagero dizer que a engenharia nuclear serve como um dos mais importantes motores do desenvolvimento econômico global. As emissões de CO<sub>2</sub> no setor de energia elétrica dependem do nível geral de demanda de energia elétrica, bem como o mix de

tecnologias de geração utilizadas para satisfazer essa demanda. Devido ao crescimento do consumo de energia em combinação com a escassez de fontes energéticas e restrições sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, globalmente não há alternativas que possam substituir a energia nuclear.

A energia nuclear desempenha um duplo papel. Primeiro, novos projetos de apoiar o crescimento econômico. Eles criam novos empregos e estimulam a produção e o consumo. Por exemplo, um projeto de 6 bilhões de dólares com compras locais no nível de 50-60%, acrescenta diretamente para o PIB, US \$ 3 bilhões e outros US \$ 3 bilhões indiretamente.

Em segundo lugar, engenharia de energia nuclear garante a previsibilidade das tarifas de energia e, portanto, reforça investimentos em indústrias que consomem energia. Esta vantagem da geração atômica parece especialmente importante se levarmos em conta a volatilidade dos preços da energia que temos observado no mercado durante os últimos 20-30 anos. Ninguém sabe quanto, digamos, o gás natural vai custar em 10 anos. As despesas da conta de gás são cerca de 85% dos custos operacionais em usinas a gás. Isto significa que se o gás dobrar de preço levará a um aumento do custo por kWh de pelo menos 70%.

Com a energia nuclear, o fator de combustível nas despesas operacionais é muito baixo - não mais de 25-30%, e, portanto, 3-5% do preço final por kWh. No caso de os preços do urânio dobrarem, o preço final de energia para os consumidores sobe por apenas 3-5%. Assim, o custo da energia nuclear é muito mais previsível.

O reposicionamento de vários líderes ambientalistas quanto à questão nuclear como o ativista Patrick Moore e Stephen Tindale (ex-Greenpeace), James Lovelock (teoria de Gaia), Hugh Montefiore (Friends of the Earth), Stewart Brand (Whole Earth Catalog) mostram a desmistificação do assunto que agora é tratado de forma mais técnica e menos dogmática. A oposição à energia nuclear movida por ambientalistas levou a um bilhão de toneladas extras de dióxido de carbono - CO<sub>2</sub> bombeadas diretamente para a atmosfera, uma vez que a energia que novas nucleares não geraram foi suprida por usinas movidas à combustível fóssil.

A independência energética é fator de segurança e riqueza para os países e a energia nuclear por ser uma fonte de grande porte, operando na base dos sistemas, produzida localmente, livre de emissões do efeito estufa é candidata a atender a estas condições.

Não há perspectiva de vencer a luta contra as alterações climáticas se os países falham na erradicação da pobreza, ou se os países não conseguem elevar os padrões de vida dos seus povos. Enfrentar as mudanças climáticas requer reduções de emissões profundas de todos os gases estufa (GEE), incluindo a profunda descarbonização de sistemas de energia. Para ser bem sucedido, esta transição deve garantir que as necessidades de desenvolvimento sócio-econômico são atendidas dentro das limitações de emissões muito baixas.

A disponibilidade e a acessibilidade da energia em especial a elétrica se tornaram indispensável para as condições de trabalho da sociedade moderna. A segurança de

suprimento é preocupação de todos os governos porque ela provê os serviços essenciais para a produção, a comunicação e o comércio.

Tendo em conta os níveis significativos de emissões de carbono evitadas pela energia nuclear, quaisquer políticas que direta ou indiretamente levem a uma redução na geração nuclear resultará em grande aumento da dependência de fontes que geram CO2 e de outros poluentes do ar e tornarão praticamente impossível de alcançar o estado ou metas de redução de emissões mundiais.

A segurança energética está intrinsecamente ligada às preferências geopolíticas, as estratégias tecnológicas escolhidas e às orientações das políticas sociais definidas pelos diversos países. A combinação das condições de fronteiras, da vizinhança, da localização continental e dos recursos internos leva a grande diversidade de entendimento do conceito de segurança energética e também da sustentabilidade.

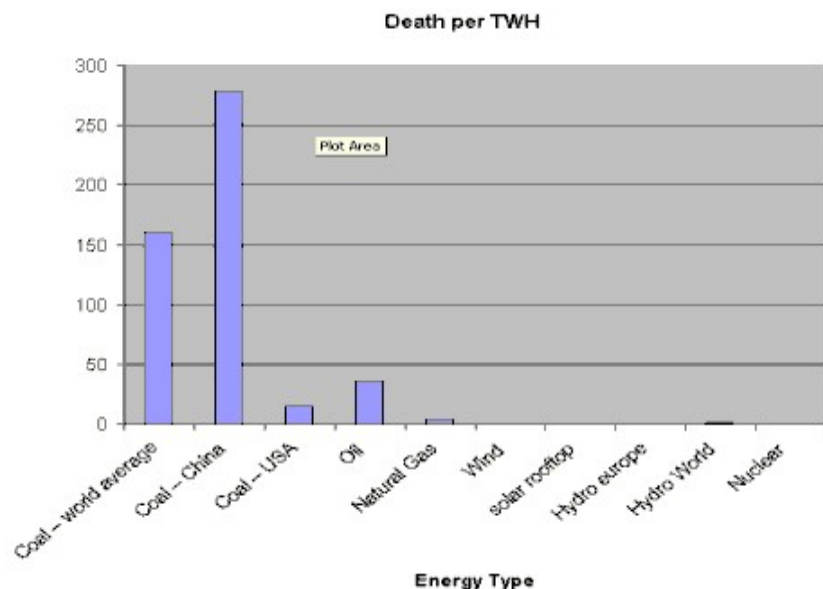
A política mundial de energia precisa de uma significativa revisão por razões que incluem desde a segurança energética até balança de pagamentos e preocupações ambientais de cada país.

Desastres ambientais devidos às buscas, a qualquer custo, de combustíveis fósseis trazem hoje um custo que a sociedade não quer e não pode mais pagar.

É importante aumentar a segurança sempre que possível, e as usinas nucleares se atualizam constantemente para fazer exatamente isso. Nunca houve uma morte sequer devido à operação de todo o ciclo de energia nuclear nos EUA.

A indústria de energia nuclear tem, literalmente, um dos melhores índices de segurança na comparação com qualquer outra indústria mundial. Por TWh produzido, menos pessoas morreram no ciclo de vida da energia nuclear do que o ciclo de vida de energia solar, e em ambos são muito menores os acidentes que na geração de energia de combustíveis fósseis; mesmo em usinas hidrelétrica a contagem de mortes se eleva muito quando as barragens se rompem.

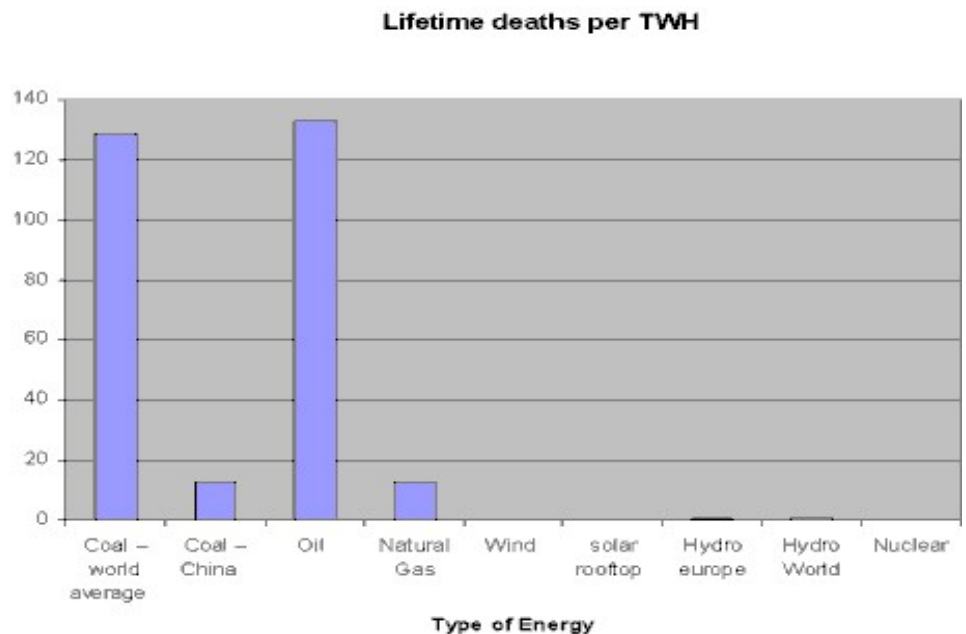
**Quantidade de óbitos por TWh gerado por fonte de Energia**





Porque as pessoas estão relutantes em entrar no avião devido ao medo por sua segurança e ao mesmo tempo dirigem carros todos os dias? A probabilidade de morrer em um carro é de 4 vezes maior do que morrer em um avião. (Em 2015, mais de 50.000 morreram e mais de 600.000 ficaram feridos ou inválidos em acidentes de carro no Brasil, conforme dados do DPVAT).

Tudo isso tem relação com a percepção de risco, e os seres humanos são péssimos em estimar os perigos em suas vidas cotidianas.



#### Quantidade de óbitos por TWh gerado ao longo da vida do gerador de energia

Segurança do público deve ser a preocupação número um, mas não pode ser dogmática. Quando se coloca vento e fazendas solares eles precisam plantas de gás em paralelo para substituir a falta de produção de energia quando não há vento ou sol. Esse sistema coloca mais carbono na atmosfera e gera mais perdas de vidas do que uma usina nuclear que produz a mesma energia.

Para criar um paralelo de comparação apresenta-se um indicador de qualificação de risco para uma fonte geração de energia: o de óbitos registrados por TWh gerado pela forma de geração e também ao longo da vida da usina.

A implantação de um projeto nuclear sempre levanta questões sobre os riscos associados tais como a liberação de radiação em condições de rotina e/ou em caso de acidente; a deposição dos resíduos e a questão da proliferação de armas nucleares.

Essas preocupações necessitam tratamento adequado e a sociedade como um todo precisa ser informada em linguagem clara e simples para que decisões não sejam tomadas em desarmonia com a sua vontade, ou sob efeito da emoção. Evitar conflitos só é possível quando a comunicação chega a todos adequadamente.

Os desafios associados com o desenvolvimento e execução de uma campanha de consulta pública eficaz são agravados pela profundidade da desconfiança pública e mal-entendidos sobre a radiação, usinas de geração e mineração de urânio. Uma consulta pública eficaz

se faz necessária para ganhar a aceitação pública de qualquer atividade nuclear desde a mineração do urânio até o descomissionamento de uma usina.

As empresas nucleares dos Estados Unidos e da Europa estão sendo incluídas nos indicadores de sustentabilidade de Bolsas de Valores como a de Nova York (Dow Jones Sustainability World Index - DJSI World). Este indicador é um altíssimo padrão internacional e qualquer empresa com ações em Bolsa quer fazer parte dele devido a sua credibilidade e isenção. As empresas nucleares incluídas em 2009 foram as alemãs EOn e RWE, as espanholas Endesa e Iberdrola, as americanas Entergy e Pacific Gas & Electric, a italiana ENEL e a finlandesa Fortum.

O aquecimento do mercado de trabalho na indústria nuclear traz mais estudantes universitários para esta tecnologia e cria um círculo virtuoso para o setor com mais universidades criando cursos na área. Esta é uma estratégia defendida pela AIEA em suas recentes conferências sobre desenvolvimento nuclear onde se dá muito ênfase ao treinamento e ao aprendizado.

Existe hoje falta de mão de obra especializada em quase todas as atividades e mais ainda na nuclear que requer muita qualificação. Treinar os treinadores também é uma meta da AIEA que tem oferecido cursos para treinadores que já foram freqüentados por mais de 700 especialistas.

Os Estados Unidos (DoE) investiram 17 milhões em bolsas de estudos para pesquisadores de universidades para especificamente desenvolver a tecnologia da próxima geração de reatores de energia, tentando desta forma manter a liderança neste campo. Além disso, o Idaho National Laboratory (INL) está investindo 50 milhões na construção de um centro dedicado à pesquisa e educação na área nuclear, que faz parte do programa de atualização da infraestrutura do laboratório.

O acidente de Fukushima atrasou um pouco todo este processo mundial sem, contudo, cancelá-lo. Em 2015 entraram em operação 10 novas usinas nucleares e outras 7 iniciaram suas construções. A próxima geração de energia nuclear é uma parte essencial da solução para proteger as gerações futuras.

## VIII – Combustível

### Urânio

O urânio, metal encontrado em formações rochosas da crosta terrestre, é extraído do minério, purificado e concentrado sob a forma de um sal de cor amarela, conhecido como "yellowcake", matéria prima do ciclo do combustível para produção da energia gerada em um reator nuclear.



Produção do Yellowcake– foto INB

O principal uso do urânio no setor civil é para abastecer usinas nucleares. **Um quilograma** de urânio-235 pode, teoricamente, produzir cerca de 20 terajoules de energia ( $2 \times 10^{13}$  joules), assumindo fissão completa; isso é tanta energia quanto **1.500 toneladas** de carvão.



Minério de Urânio - foto INB

As quantidades de recursos minerais são maiores do que comumente percebida. O Urânio é abundante e existem tecnologias capazes de extrair material suficiente para atender até 60 vezes as necessidades do consumo. As minas produzem cerca de 60.000 toneladas por ano, mas parte do mercado é suprida por fontes secundárias como o desmantelamento de armas nucleares. O maior uso do metal é na geração de energia elétrica.

Os recursos de urânio conhecidos no mundo aumentaram em pelo menos 25% na última década devido ao aumento da exploração mineral.

A mineração e a produção de concentrado de urânio ( $U_3O_8$ ) constituem a primeira etapa do ciclo do combustível, compreendendo a extração do minério da natureza (incluindo as fases de prospecção pesquisa) e beneficiamento, transformando-o no "yellowcake", composto de  $U_3O_8$ . Importante destacar que este óxido serve a todas as tecnologias de reatores nucleares, sendo hoje considerada uma "commodity".



Neste mercado qualquer empresa que interrompa o fornecimento de combustível arruína sua reputação como um fornecedor confiável e perde seus clientes globais, juntamente com uma menor chance de ganhar qualquer licitação de agora em diante. Nesta situação, o consumidor é rei, não o fornecedor.

Pastilhas de combustível nuclear

Para cada MW instalado em reator de tecnologia "água leve" (LWR) consome-se tipicamente 178 kg/ano de  $U_3O_8$ .

O preço do urânio tem pouca influência sobre o preço da energia nuclear gerada já que o combustível é uma parte muito pequena do custo total e o custo do combustível em si é dominado pelos custos de fabricação, e não o custo do urânio. Decisões de construir usinas nucleares não dependem de suprimentos de urânio. E há depósitos de urânio suficientes no mundo para fornecer a energia nuclear em qualquer nível por muitos milhares de anos.

#### Reservas de urânio por País – 2013 – WNA

Oitenta e nove por cento das necessidades de combustível da frota atual de reatores nucleares em todo o mundo, totalizando cerca de 377 milhões de libras peso de U3O8 (yellowcake), será entregue em 2016 pelo Canadá, Austrália e Cazaquistão.

Os recursos mundiais de urânio podem ser divididos em razoavelmente assegurados e estimados, sendo considerados de baixo, médio ou alto custo aqueles com custos de exploração menores do que 40 dólares/kgU, entre 40 e 80 dólares/kgU, e superiores a 80 dólares/kgU, respectivamente.

Além disso, os custos associados à classificação do recurso dependem, naturalmente, do método de produção. Cerca de 60% da produção de urânio no mundo vêm de minas do Cazaquistão (36,5%), Canadá (15%) e da Austrália (12%) e esta produção vinha caindo desde os anos de 1990 devido à queda dos preços no mercado internacional.

Recentemente a produção retomou o crescimento e hoje atende cerca de 67% das necessidades de geração de energia. As fontes de urânio já identificadas são suficientes para suprir 60 a 100 anos de operação das usinas existentes no mundo e ainda os cenários de maior expansão previstos até 2035 pela AIEA.

O Cazaquistão, tornou-se, ao final de 2009 o maior produtor mundial de urânio após aumentar enormemente a sua produção, quando atingiu a marca de 14.000 toneladas anuais.

Recursos de Urânio conhecidos e recuperáveis WNA - 2013		
País	Toneladas de U	Percentual Mundial
<b>Austrália</b>	1,706,100	29%
<b>Cazaquistão</b>	679,3	12%
<b>Rússia</b>	505,9	9%
<b>Canadá</b>	493,9	8%
<b>Niger</b>	404,9	7%
<b>Namíbia</b>	382,8	6%
<b>Africa do Sul</b>	338,1	6%
<b>Brasil</b>	276,1	5%
<b>Estados Unidos</b>	207,4	4%
<b>China</b>	199,1	4%
<b>Mongólia</b>	141,5	2%
<b>Ucrânia</b>	117,7	2%
<b>Uzbesquistão</b>	91,3	2%
<b>Botswana</b>	68,8	1%
<b>Tanzania</b>	58,5	1%
<b>Jordânia</b>	33,8	1%
<b>Outros</b>	191,5	3%
<b>Total Mundial</b>	<b>5,902,500</b>	

Reasonably Assured Resources plus Inferred Resources, to US\$ 130/kg U, 1/1/13, from OECD NEA & IAEA, Uranium 2014: Resources, Production and Demand ("Red Book"). The total to US\$ 260/kg U is 7.635 million tonnes U, and Namibia moves up ahead of Niger and USA ranks just after Canada.

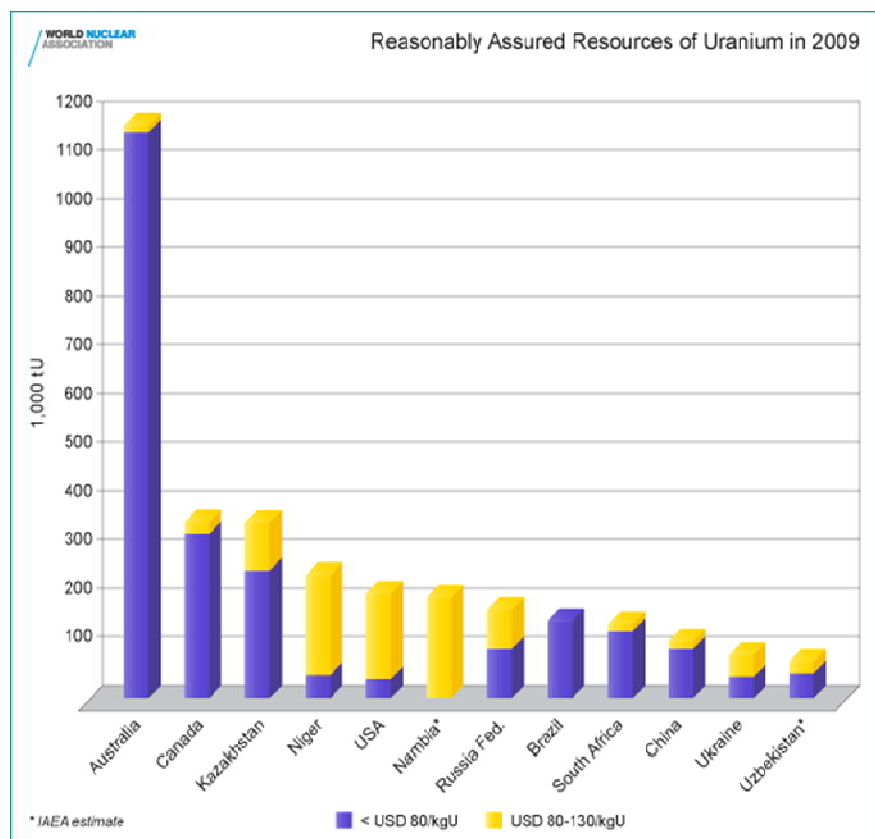
A produção mundial continuou a aumentar em 2013, com o Cazaquistão sendo novamente o maior produtor. As maiores empresas produtoras em 2013 foram Kazatomprom (Cazaquistão); Cameco (do Canadá), Rio Tinto (Austrália), Areva (França) e Atomredmetzoloto (Rússia). Todas estas empresas tem negócios em todos os continentes. Segundo a KazAtomProm (estatal do Cazaquistão que minera o urânio do país) a medida que indústria nuclear se desenvolve e o suprimento de urânio no mercado secundário diminui cresce a possibilidade de déficit de combustível nuclear no mercado e para isso a empresa está se preparando através de aumento de produção e ampliação de capacidade que atenderá ao pico de demanda previsto para 2016. Os investimentos são da ordem de 20 milhões de dólares. Em contraste o Canadá e a Austrália diminuíram suas produções enquanto Rússia e Uzbequistão as mantiveram constantes.

O urânio é minerado em 20 países, sendo que 7 deles (Austrália, Canadá, Namíbia, Cazaquistão, Rússia, Uzbequistão e Níger) respondem por 90% da produção.

Se forem necessários combustíveis para mais reatores os preços deverão aumentar considerando-se as bases geológicas conhecidas no momento.

Atualmente são usadas por ano cerca de 68 mil toneladas.

Com o uso em reatores convencionais apenas este valor é suficiente para alimentá-los por 80 anos.



A crise financeira global de 2008-2010 teve impacto na produção de urânio, causando a redução de produção de algumas minas. O preço do urânio teve forte queda devido à redução de demanda. Até 2013 a queda de preços continuava acentuada.

A diminuição dos preços, a inflação devido ao aumento dos custos de produção, menor crescimento do desenvolvimento e produção das minas e, mais recentemente o acidente das usinas no Japão, forçaram algumas empresas produtoras de urânio a colocar suas indústrias em manutenção. Contudo, a entrada em operação de novas usinas nucleares que estão em final de construção e a eventual recuperação da economia global deverão, a médio prazo, elevar a demanda de urânio no mercado internacional.

<b>Produção das Minas de Urânio em toneladas - WNA</b>								
<b>País / ano</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
Cazaquistão	6637	8521	14020	17803	19451	21317	22451	23127
Canadá	9476	9000	10173	9783	9145	8999	9331	9134
Austrália	8611	8430	7982	5900	5983	6991	6350	5001
Niger	3153	3032	3243	4198	4351	4667	4518	4057
Namíbia	2879	4366	4626	4496	3258	4495	4323	3255
Rússia	3413	3521	3564	3562	2993	2872	3135	2990
Uzbesquistão	2320	2338	2429	2400	2500	2400	2400	2400
USA	1654	1430	1453	1660	1537	1596	1792	1919
China	712	769	750	827	885	1500	1500	1500
Ucrânia	846	800	840	850	890	960	922	926
Africa do Sul	539	655	563	583	582	465	531	573
Índia	270	271	290	400	400	385	385	385
Malawi			104	670	846	1101	1132	369
Brasil	299	330	345	148	265	231	231	231
Rep. Checa	306	263	258	254	229	228	215	193
Romênia	77	77	75	77	77	90	77	77
Paquistão	45	45	50	45	45	45	45	45
Alemanha	41	0	0	8	51	50	27	33
França	4	5	8	7	6	3	5	3
<b>Total Mundial</b>	<b>41 282</b>	<b>43 764</b>	<b>50 772</b>	<b>53 671</b>	<b>53 493</b>	<b>58 394</b>	<b>59,37</b>	<b>56,217</b>
Ton. U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	48 683	51 611	59 875	63 295	63 084	68 864	70,015	66,297
percentagem Mundial	64%	68%	78%	78%	85%	86%	92%	85%

A Ásia está liderando esse aumento de capacidade nuclear e ultrapassará a América do Norte, atualmente a maior consumidora de urânio. O consumo mundial de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> deverá crescer de 44,4 mil toneladas para 110 mil toneladas em 2030. Foi levantada ainda a demanda projetada para os próximos 20 anos, que preconiza uma necessidade crítica de aumento de produção, uma vez que no ano de 2014 as minas primárias produziram apenas 56,2 mil toneladas do minério.

No Brasil a estatal Indústrias Nucleares do Brasil (INB) estima que as reservas da mina de Santa Quitéria cheguem a 142,5 mil toneladas de urânio. A capacidade produtiva plena é de 1,6 mil toneladas de concentrado de urânio por ano e os investimentos necessários para viabilizar o projeto são da ordem de US\$ 35 milhões. Nesta mina o urânio está associado ao fosfato - usado na produção de fertilizantes.

Atualmente, além do Brasil, apenas dez países do mundo detêm tecnologias de enriquecimento de urânio: Alemanha, China, Estados Unidos, França, Holanda, Índia, Irã, Japão, Paquistão e Reino Unido. Nenhum desses países vende ou transfere esses conhecimentos ou a tecnologia.

Minas - As 15 maiores produtoras de urânio de 2014					
Mina	País	Proprietário Principal	Tipo	Produção (tU)	% Mundial
McArthur River	Canadá	Cameco (69.8%)	subterrânea	7356	13
Tortkuduk & Myunkum	Cazaquistão	Katco JV/ Areva	ISL	4322	8
Olympic Dam	Austrália	BHP Billiton	by-product/	3351	6
			subterrânea		
SOMAIR	Niger	Areva (63.6%)	open pit	2331	5
Budenovskoye 2	Cazaquistão	Karatau JV/ Kazatomprom-Uranium One	ISL	2084	4
South Inkai	Cazaquistão	Betpak Dala JV/ Uranium One	ISL	2002	3
Priargunsky	Rússia	ARMZ	subterrânea	1970	4
Langer Heinrich	Namíbia	Paladin	open pit	1947	4
Inkai	Cazaquistão	Inkai JV/Cameco	ISL	1922	3
Central Mynkuduk	Cazaquistão	Ken Dala JSC/ Kazatomprom	ISL	1790	3
Rabbit Lake	Canadá	Cameco	subterrânea	1602	3
Budenovskoye 1, 3 & 4	Cazaquistão	Akbastau JV/ Kazatomprom-Uranium One	ISL	1594	3
COMINAK	Niger	Areva (34%)	subterrânea	1501	3
Rossing	Namíbia	Rio Tinto (69%)	open pit	1308	2
Southern Moinkum & Khanzhugan	Cazaquistão	Mining Co Taukent/ Kazatomprom	ISL	1174	2
Top 15 - total				36.255	64.5%

## Demanda de Urânio

No quadro a seguir é apresentada a expectativa das necessidades de urânio, considerando os reatores em operação, os em construção, os planejados e os propostos por cada país conforme compilado pelo World Nuclear Association – WNA até janeiro de 2016.

No final de 2015 os 439 reatores nucleares comerciais com capacidade de geração de 373.000 MWe necessitavam de cerca de 66.000 toneladas de urânio.

**REATORES DE POTENCIA NO MUNDO E SUPRIMENTO DE URANIO NECESSÁRIO**

País	GERAÇÃO DE ELECTRICIDADE NUCLEAR 2014		REATORES OPERACIONAIS		REATORES EM CONSTRUÇÃO		REATORES PLANEJADOS		REATORES PROPOSTOS		URANIO NECESSARIO 2015
	bilhões kWh	% e	No.	MWe liq.	No.	MWe bruto	No.	MWe bruto	No.	MWe bruto	toneladas U
Argentina	5.3	4.0	3	1627	1	27	2	1950	2	1300	215
Armenia	2.3	30.7	1	376	0	0	1	1060			88
Bangladesh	0	0	0	0	0	0	2	2400	0	0	0
Belarus	0	0	0	0	2	2388	0	0	2	2400	0
Belgium	32.1	47.5	7	5943	0	0	0	0	0	0	1017
Brazil	14.5	2.9	2	1901	1	1405	0	0	4	4000	326
Bulgaria	15.0	31.8	2	1926	0	0	1	950	0	0	324
Canada	98.6	16.8	19	13553	0	0	2	1500	3	3800	1784
Chile	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4400	0
China	123.8	2.4	30	26849	24	26885	40	46590	136	153000	8161
Czech Republic	28.6	35.8	6	3904	0	0	2	2400	1	1200	566
Egypt	0	0	0	0	0	0	2	2400	2	2400	0
Finland	22.6	34.6	4	2741	1	1700	1	1200	1	1500	751
France	418.0	76.9	58	63130	1	1750	0	0	1	1750	9230
Germany	91.8	15.8	8	10728	0	0	0	0	0	0	1889
Hungary	14.8	53.6	4	1889	0	0	2	2400	0	0	357
India	33.2	3.5	21	5302	6	4300	24	23900	36	41600	1579
Indonesia	0	0	0	0	0	0	1	30	4	4000	0
Iran	3.7	1.5	1	915	0	0	2	2000	7	6300	176
Israel	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1200	0
Italy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Japan	0	0	43	40480	3	3036	9	12947	3	4145	2549
Jordan	0	0	0	0	0	0	2	2000			0
Kazakhstan	0	0	0	0	0	0	2	600	2	600	0
Korea DPR (North)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	950	0
Korea RO (South)	149.2	30.4	24	21677	4	5600	8	11600	0	0	5022
Lithuania	0	0	0	0	0	0	1	1350	0	0	0
Malaysia	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2000	0
Mexico	9.3	5.6	2	1600	0	0	0	0	2	2000	270
Netherlands	3.9	4.0	1	485	0	0	0	0	1	1000	103
Pakistan	4.6	4.3	3	725	2	680	2	2300	0	0	101
Poland	0	0	0	0	0	0	6	6000	0	0	0
Romania	10.8	18.5	2	1310	0	0	2	1440	1	655	179
Russia	169.1	18.6	35	26053	8	7104	25	27755	23	22800	4206
Saudi Arabia	0	0	0	0	0	0	0	0	16	17000	0
Slovakia	14.4	56.8	4	1816	2	942	0	0	1	1200	466
Slovenia	6.1	37.2	1	696	0	0	0	0	1	1000	137
South Africa	14.8	6.2	2	1830	0	0	0	0	8	9600	305
Spain	54.9	20.4	7	7002	0	0	0	0	0	0	1274
Sweden	62.3	41.5	9	8849	0	0	0	0	0	0	1516
Switzerland	26.5	37.9	5	3333	0	0	0	0	3	4000	521
Thailand	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5000	0
Turkey	0	0	0	0	0	0	4	4800	4	4500	0
Ukraine	83.1	49.4	15	13107	0	0	2	1900	11	12000	2366
UAE	0	0	0	0	4	5600	0	0	10	14400	0
United Kingdom	57.9	17.2	15	8883	0	0	4	6680	9	11220	1738
USA	798.6	19.5	99	98990	5	6218	5	6263	17	26000	18692
Vietnam	0	0	0	0	0	0	4	4800	6	6700	0
<b>Mundo**</b>	<b>2,411</b>	<b>c 11.5</b>	<b>439</b>	<b>382,55</b>	<b>66</b>	<b>70,335</b>	<b>158</b>	<b>179,215</b>	<b>330</b>	<b>375,62</b>	<b>66,883</b>
	<b>billion</b>	<b>% e</b>	<b>No.</b>	<b>MWe</b>	<b>No.</b>	<b>MWe</b>	<b>No.</b>	<b>MWe</b>	<b>No.</b>	<b>MWe</b>	<b>tonnes U</b>

Sources:

Reactor data: WNA to 1/1/16 (excluding nine shut-down German units)

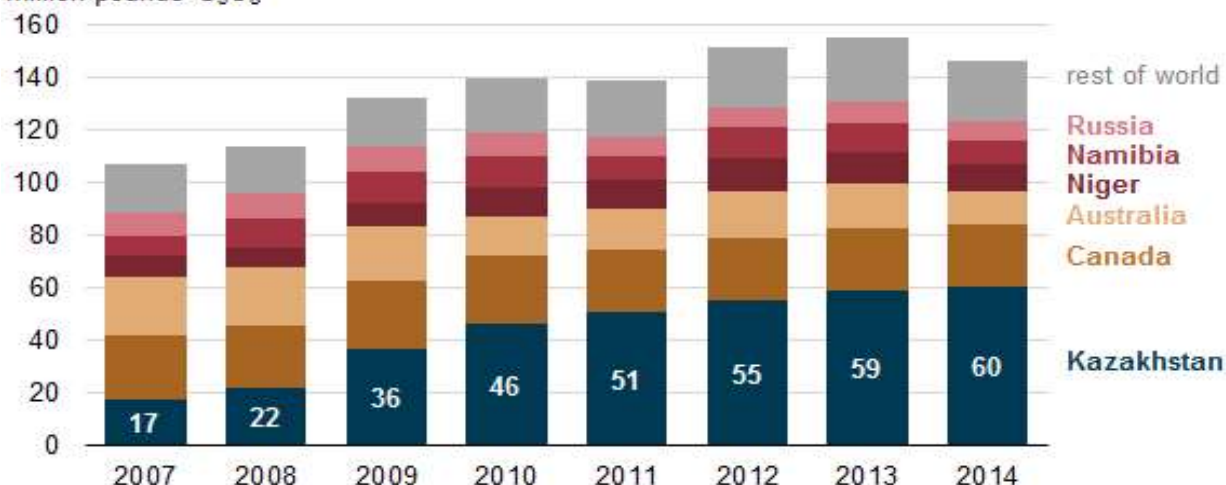
IAEA for nuclear electricity production &amp; percentage of electricity (% e) April 2015.

WNA: Global Nuclear Fuel report Sept 2013 (reference scenario 2015) – for U. 66,883 tU = 78,875 t U3O8



## Produção de Urânio de 2007a 2014 selecionados por maiores países produtores

World production of uranium, 2007-14  
million pounds U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>



Fonte: U.S.EIA - Energy Information Administration, based on *World Nuclear Association*

Nota: U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> é Concentrado de Urânio

Em 2035, a World Nuclear Association estima que a demanda de urânio estará compreendida entre 97.645 toneladas de urânio ( geração de 540.000 MWe, caso da demanda baixa), e 136.385 toneladas de urânio( para geração 746.000 MWe, caso da demanda elevada). O Leste da Ásia, em especial a China, deve ter o maior crescimento, com a implantação entre 100.000 MWE e 150.000 MWE até 2035.

## Tório

O tório tem um grande potencial como combustível alternativo ao urânio. Segundo o diretor do Institute of Nuclear Science at the University of Sydney, Reza Hashemi-Nezhad, o tório apresenta vantagens em relação ao urânio porque na operação de uma usina, ele não gera plutônio nem outros materiais que podem se destinar a armas nucleares, não oferecendo, portanto, riscos à proliferação de armamento nuclear. Por não ser um material normalmente físsil não pode ser usado em reatores térmicos com fluxo de neutros, mas ele absorve nêutrons e se transforma em bom combustível (urânio 233).

Houve várias demonstrações significativas da utilização de combustíveis à base de tório para gerar electricidade em vários tipos de reatores. Muitos destes testes iniciais utilizaram urânio altamente enriquecido (HEU) como componente do "condutor" físsil, e isso não seria possível hoje.

Existem sete tipos de reatores nos quais o tório pode ser introduzido como um combustível nuclear. Os cinco primeiros destes entraram em serviço operacional com tório em algum momento. Os dois últimos ainda são conceituais.

- Reatores a Água pesada (PHWRs)
- Reatores Alta Temperatura arrefecidos a gás (HTRs)

- Reatores de água Fervente (Light) (BWR)
- Reatores de água Pressurizada (Light) (PWR)
- Reatores de neutrons rápidos (FNRS)
- Molten salt Reactors (MSRs)
- Accelerator Driven Reactors (ADS)

Existe um reator ADS (accelerator-driven nuclear reactor) que poderia usar tório como combustível e poderia incinerar seu próprio resíduo e também o de outras usinas nucleares abastecidas com urânio. Ainda não é operacional.

O tório é 4 vezes mais abundante que o urânio no planeta e os depósitos conhecidos (principalmente na Índia, Brasil, Austrália, USA, etc..) poderiam fornecer energia por milhares de anos.

A Índia tem um programa nuclear baseado em tório, mas o processo não usa o combustível puro. O país espera ter um protótipo de usina à tório operando até 2022. Ratan Kumar Sinha, diretor da Bhabha Atomic Research Centre em Mumbai, na Índia, informou que sua equipe está finalizando o sítio para a construção de uma central de 300 MW movida a tório, com um reator AHWR (Advanced Heavy Water Reactor) que tem a flexibilidade de usar combinações de combustíveis como plutônio-tório ou Urânio-233-tório (com baixo enriquecimento). Cerca de 75% da potência virá do tório.

Com enormes recursos de tório facilmente acessíveis e relativamente pouco recursos de urânio, a Índia tem como meta importante no seu programa de energia nuclear a produção de energia em grande escala usando tório, utilizando um conceito de três estágios:

1-Reatores PHWR e PWR alimentados por urânio natural produzindo plutônio que é separado em combustíveis para uso em seus reatores rápidos e avançados reatores de água pesada indianos.

2-Reatores FBR vão usar combustível à base de plutônio para aumentar seus estoques de plutônio. A manta em torno do núcleo terá urânio, bem como tório, de modo que mais de plutônio (particularmente Pu-239) é produzido, assim como U-233.

3- Reatores Avançados AHWR vão queimar combustíveis tório-plutônio de tal maneira que gerem U-233 que pode eventualmente ser usado como um controlador de fissão auto-sustentável para alimentação de uma frota de AHWRs.

Em todas essas fases, o combustível utilizado precisa ser reprocessado para recuperar materiais físseis para reciclagem.

<b>Estimativa das Reservas Tório-2014 (WNA)</b>	
<b>País</b>	<b>Toneladas</b>
Índia	846
Brasil	632
Austrália	595
USA	595
Egito	380
Turquia	374
Venezuela	300
Canadá	172
Rússia	155
África do Sul	148
China	100
Noruega	87
Groelândia	86
Finlândia	60
Suécia	50
Cazaquistão	50
Outros Países	1.725.000

Países com forte e crescente demanda por energia, como China e Índia, são os mais fortes candidatos ao desenvolvimento da tecnologia do Tório. A Índia, com vastas reservas desse minério na próxima década pretende que 25% de sua produção energética venham do tório (hoje é de 3%), enquanto a China fabrica seu primeiro reator movido a tório para entrar em funcionamento em 2016.

Em março de 2014 a China anunciou que está acelerando sua pesquisa sobre os chamados reatores de sal fundido que podem usar tório. Se for bem sucedido, seria criar uma forma mais barata, mais eficiente e mais segura da energia nuclear, cujos resíduos nucleares são menores do que com urânio de hoje.

A não geração de plutônio pode ser fator de competitividade dependendo do que cada país deseja no seu programa nuclear. É provável que o pouco desenvolvimento do tório nas últimas décadas se deva ao fato de ele não atender as ambições militares (os Estados Unidos foi um dos países que abandonaram sua exploração nos anos 70).

Os núcleos gerados são gama radioativos, rastreáveis e facilmente detectáveis o que dificulta seu uso ilícito.

## **Plutônio**

É um metal actínido radioativo cujo isótopo, o plutônio-239, é um dos três isótopos físséis primários (urânio-233 e urânio-235 são os outros dois); plutônio-241 também é altamente físsil. A fissão de um quilo de plutônio-239 pode produzir uma explosão equivalente a 21 mil toneladas de TNT (88.000 GJ). É essa energia que faz plutônio-239 útil em armas e reatores nucleares.

Plutônio é formado em reatores nucleares de urânio. Quando em funcionamento, um reator nuclear de 1.000 MWe típico contém dentro de sua carga de combustível de urânio várias centenas de quilos de plutônio.

A produção mundial total de plutônio no combustível irradiado de reatores é cerca de 70 toneladas por ano. Cerca de 1300 toneladas foram produzidas até agora, e a maior parte deste permanece no combustível utilizado, com cerca de 370 toneladas extraídas. Cerca de um terço do plutônio (Pu) separado (130 ton.) tem sido usado em combustível MOX ao longo dos últimos 30 anos. Atualmente 8-10 toneladas de Pu é usado em MOX cada ano.

Todos os isótopos de plutônio são fissionáveis com nêutrons rápidos, embora apenas dois são físséis (com nêutrons lentos). Por esta razão, todos são significativos num reator de nêutrons rápidos (FNR), mas apenas um (Pu239) tem um papel importante em um reator convencional de água leve de energia.

O plutônio-239 é o isótopo mais importante de plutônio, com uma meia-vida de 24.100 anos. Ele pode sustentar uma reação nuclear em cadeia, levando a aplicações em reatores nucleares e também em armas nucleares. O plutônio é sintetizado através da irradiação de urânio-238 com nêutrons em um reator nuclear, em seguida, recuperados através de

reprocessamento nuclear do combustível. Este é um isótopo físsil, e é o segundo combustível nuclear mais utilizado em reatores nucleares após o U-235.

O plutônio pode formar ligas e compostos intermediários com a maioria dos outros metais, podendo ter diversos usos:

- **Plutônio-Gálio** ( Pu-Ga) - Seu principal uso é em poços para armas nucleares de implosão
- **Plutônio-Alumínio** é uma alternativa para a liga de Pu-Ga que pode também ser utilizado como um componente de combustível nuclear .
- **Plutônio-Gálio-Cobalto** (PuCoGa5) esa Liga é um supercondutor convencional , mostrando a supercondutividade em condições especiais
- **Plutônio-Zircônio** Liga que pode ser usado como combustível nuclear.
- **Plutônio-Cério** e **Plutônio-Cério-Cobalto** ligas são usados como combustíveis nucleares.
- **Plutônio-Urânio**, com cerca de 15-30 mol . % Plutônio, pode ser usado como combustível nuclear para reatores rápidos (fast breeder reactors) .
- **Plutônio-Urânio-Titânio** e **Plutônio-Urânio-Zircônio** foram investigados para uso como combustível nuclear .
- **Plutônio-Urânio-Molibdênio** tem a melhor resistência à corrosão, formando uma película protetora de óxidos, mas de titânio e zircônio são preferidos por razões físicas.
- **Tório-Urânio-Plutônio** foi investigado como combustível nuclear para reatores rápidos.

A produção mundial total de plutônio no combustível irradiado de reatores é cerca de 70 toneladas por ano. Cerca de 1300 toneladas foram produzidas até agora, e a maior parte deste permanece no combustível utilizado, com cerca de 370 toneladas extraídas. Cerca de um terço do plutônio (Pu) separado (130 ton.) tem sido usado em combustível MOX ao longo dos últimos 30 anos. Atualmente 8-10 toneladas de Pu é usado em MOX cada ano.

## Combustível MOX

Combustível de óxido misto, comumente referido como combustível MOX , é o combustível nuclear que contém mais de um óxido de material físsil, geralmente composto de plutônio misturado com urânio natural, o urânio reprocessado, ou o urânio empobrecido .

Combustível MOX é uma alternativa ao urânio pouco enriquecido (LEU) utilizado nos reatores de água leve que predominam a geração de energia nuclear atualmente. Por exemplo, uma mistura de 7 % e 93% do plutônio-urânio natural reage de forma semelhante, embora não de forma idêntica, a LEU combustível. Embora MOX possa ser utilizado em reatores térmicos para proporcionar energia, uma queima eficiente de plutônio em MOX só pode ser conseguida em reatores rápidos.

Uma atração do combustível MOX é que é uma maneira de utilizar o excesso de plutônio das armas nucleares, uma alternativa para armazenamento de excedentes de plutônio, que precisam ser protegidos contra o risco de roubo para utilização em armas nucleares.

Por outro lado, alguns estudos afirmam que ao normalizar o uso comercial global de combustível MOX, a expansão associada de reprocessamento nuclear vai aumentar, em vez de reduzir o risco de proliferação nuclear, ao incentivar o aumento da separação de

plutônio do combustível irradiado produzido nas centrais nucleares civis.

Cerca de 5% do conteúdo do combustível MOX é plutônio recolhido de combustível já queimado em uma central de geração nuclear. Reciclar este material é o método de aumentar a energia que ele pode produzir em 12% enquanto o urânio não fissionado é também recolhido e reusado aumentando a energia disponível em 22%. Este processo também permite a separação dos produtos mais radioativos da fissão nuclear reduzindo os volumes de rejeitos perigosos em até 60%.

Cerca de 40 reatores na Europa - na Bélgica, Suíça, Alemanha, Holanda e França – estão licenciados para usar o combustível MOX, e mais de outros 30 estão em fase de licenciamento. No Japão, cerca de 10 reatores estão licenciados para usá-lo e vários já o usam. Em janeiro de 2016 retornou à operação no Japão, a usina Takahama-3, que usa combustível MOX.



**Cilindro contendo combustível MOX, uma mistura de plutônio e urânio, chega à usina nuclear de Fukui, Japão**

Na Rússia, o reator rápido de nêutrons, tipo FBR, modelo BN-800, Beloyarsk-4, teve o carregamento de combustível MOX concluído em julho de 2014 e foi conectado à rede em dezembro de 2015.

Em 2014 a Rússia concluiu a instalação comercial da fábrica de combustível MOX em Zheleznogorsk, mesma região do reator Beloyarsk.

## IX - Combustível Irrradiado, Radiação, Gestão de Rejeitos

**Toda atividade humana produz resíduos. Nenhuma tecnologia é absolutamente segura ou livre de impactos ambientais.**

Resíduos convencionais são restos provenientes de quaisquer atividades ou processos de origens industrial, comercial, hospitalar, agropecuária e outros, incluindo os lodos e cinzas provenientes de sistema de controle de poluição ou de tratamento de água, nos estados sólido, semi-sólido e/ou líquido.

Certos resíduos industriais, os nucleares entre eles, devem ser considerados como perigosos e por isso precisam de tratamento específicos, devendo ser, por norma, otimizada a sua produção e natureza.

A energia nuclear é a única tecnologia de produção de energia em larga escala que assume a total responsabilidade por todos os seus resíduos e pelo custo disso no produto.

### Combustível irradiado

"Combustível irradiado" significa combustível nuclear que foi irradiado no reator e removido em caráter definitivo do núcleo do reator. Segundo a AIEA, a descarga anual de combustível irradiado proveniente de todos os reatores de geração de energia elétrica é de 10.500 toneladas (de metal pesado).



**Usina de Reprocessamento Sellafield - Cumbria – Inglaterra**

Um reator de água leve 1.000 MWe dá origem a cerca de 25 toneladas de combustível usado em um ano de operação, contendo até 290 quilogramas de plutônio. Se o plutônio é extraído do combustível, ele pode ser usado como um substituto direto para o U-235 no combustível nuclear e usado num reator preparado para este novo combustível. O Pu-239 é a parte principal fissionável.

Alguns países veem o combustível irradiado como rejeito que deve ser guardado em repositórios definitivos para alta radiação. Outros países veem este material como um recurso energético para ser reprocessado e reutilizado.

Desta forma, existem duas estratégias de gerenciamento deste material sendo implementadas no mundo. A primeira é o reprocessamento ou armazenagem para futuro reprocessamento, de forma a extrair o combustível ainda existente no material irradiado (Urânio, Plutônio) para produzir o MOX (óxido misto de Urânio e Plutônio) que será usado

como combustível em usinas preparadas para tal. Cerca de 33% da descarga mundial tem sido reprocessada.

Na segunda estratégia o combustível usado é considerado rejeito e é armazenado preliminarmente até a sua disposição final. A experiência de 50 anos no manuseio deste material se mostrou segura e eficiente em ambas as tecnologias que foram até agora empregadas – armazenamento a seco ou em piscinas (Wet and Dry technologies). Nos dois casos o combustível irradiado é primeiramente armazenado na piscina do reator e depois em repositórios intermediários que podem ser na própria usina.

Hoje os países que reprocessam combustível nuclear são China, França, Índia, Japão, Rússia e Reino Unido. Os que guardam podendo reprocessar no futuro são Canadá, Finlândia e Suécia.

<b>Gestão de Resíduos de Combustível Irradiado e Resíduos de Alta Atividade de Reatores de Potência - WNA Out. 2015</b>		
<b>País</b>	<b>Política do país</b>	<b>Status das Unidades e progresso em direção a uma solução de depósito final</b>
<b>Belgica</b>	<b>Reprocessamento</b>	Repositório de resíduos Central - Dessel
		Laboratório Subterrâneo estabelecido em 1984 - Mol
		Construção de repositório prevista para começar em 2035
<b>Canadá</b>	<b>deposição direta</b>	Criada em 2002 a Organização de Gestão de Residuo Nuclear
		Política de repositório geológico profundo e recuperável confirmada
		Pesquisa de site para Repositório a partir de 2009, prevista para utilização 2025
<b>China</b>	<b>Reprocessamento</b>	Central de armazenamento de combustível irradiado em LanZhou
		Escolha do local do Repositório deve ser concluída em 2020
		Laboratório de pesquisa no subsolo a partir de 2020, o Repositório em 2050
<b>Finlandia</b>	<b>deposição direta</b>	Início do programa em 1983, dois depósitos de combustível irradiado em operação
		A empresa Posiva Oy foi criada 1995 para implementar o depósito geológico profundo
		Laboratório de pesquisa subterrâneo de Onkalo em construção
		Repositório planejado perto Olkiluoto, previsão de abertura em 2020
<b>França</b>	<b>Reprocessamento</b>	Laboratórios em rocha subterrânea (argila e granito)
		Confirmação Parlamentar em 2006 para o armazenamento geológico profundo, recipientes para
		Depósito de argila Bure é o provável repositório a ser licenciado em 2015 e deve estar
<b>Alemanha</b>	<b>Reprocessamento, mas movendo-se para deposição direta</b>	Planos de Repositorio começaram em 1973
		Armazenamento de combustível usado em Ahaus e em minas de sal em Gorleben
		Depósito geológico pode ser operacional Gorleben após 2025
<b>India</b>	<b>Reprocessamento</b>	Investigação sobre deposição geológica profunda para resíduos de alta atividade
<b>Japão</b>	<b>Reprocessamento</b>	Laboratório Subterrâneo em Mizunami em granito desde 1996
		Combustível irradiado e instalação de armazenamento de resíduos de alta atividade em
		Armazenamento de combustível irradiado em construção em Mutsu, iniciou-se 2013
		Empresa NUMO criada 2000, a escolha do local para depósito geológico profundo em

**Nota: na maioria dos países os repositórios ou pelo menos as instalações de armazenagem para resíduos de baixo nível e resíduos de nível intermédio estão operando.**

Gestão de Resíduos de Combustível Irradiado e Resíduos de Alta Atividade de Reatores de Potência - WNA Out. 2015		
País	Política do país	Status das Unidades e progresso em direção a uma solução de depósito final
Rússia	Reprocessamento	Laboratório subterrâneo em granito na região de Krasnoyarsk a partir de 2015, pode evoluir para repositório
		Sites para depósito final sob investigação na península de Kola
		Piscina de armazenamento para o combustível VVER-1000 usado em Zheleznogorsk desde 1985
		O armazenamento a seco para combustível de reator RBMK usado e outros combustíveis em Zheleznogorsk a partir de 2012
		Várias instalações de armazenagem provisória em operação
Coreia do Sul	deposição direta, Busca mudança	Programa de resíduos confirmaram 1998, KRWM criado 2009.
		Armazenamento provisório Central planejado a partir de 2016
Espanha	deposição direta	ENRESA estabelecida 1984, o seu plano foi aceito 1999
		Armazenamento provisório Central em Villar de Canas de 2016 (locação oferecida pela população)
		Investigação sobre deposição geológica profunda, decisão depois de 2010
Suécia	Direct disposal	instalação Central de armazenamento de combustível - CLAB - em funcionamento desde 1985
		Laboratório subterrâneo de pesquisa em Aspo para repositório de resíduos de alta atividade selecionado o sítio de Osthhammar para repositório (locação oferecida pela população)
Suíça	Reprocessamento	Armazenamento Central provisória para resíduo de alta atividade e combustível irradiado em ZZL Wurenlingen desde 2001
		Pequeno armazenamento de combustível irradiado em Beznau
		Laboratório subterrâneo de pesquisa para depósito de resíduos de alta atividade em Grimsel desde 1983
		Repositório profunda em 2020, recipientes para ser recuperável
Grã Bretanha	Reprocessamento	Depósito de resíduos de baixa atividade em operação desde 1959
		Resíduos de alta atividade vindos de reprocessamento são vitrificados e armazenados em Sellafield
		repositório Local será definido em acordo com a comunidade
		Criada uma Subsidiária NDA para avançar o projeto da deposição geológica
EUA	deposição direta mas está reconsiderando	Depto de Energia americano é o responsável pelo combustível irradiado desde de 1998; o fundo acumulado para tratar resíduos é de 32 bilhões de dólares americanos
		Número considerável de pesquisas e desenvolvimento no repositório em tufos soldados em Yucca Mountain, Nevada
		A decisão de 2002 do Congresso que depósito geológico ficaria em Yucca Mountain foi combatida politicamente em 2009
		Armazenamento Central provisório para o combustível irradiado é mais provável agora

**Nota: na maioria dos países os repositórios ou pelo menos as instalações de armazenagem para resíduos de baixo nível e resíduos de nível intermédio estão operando.**

Os Estados Unidos não estão completamente definidos sobre a tecnologia a usar. A grande maioria dos demais países sequer definiu a estratégia e estão armazenando seu combustível usado e aguardando maior desenvolvimento das tecnologias associadas a ambas as estratégias.



Em 2006 cerca de 180 toneladas de MOx foram usadas em dois reatores BWR e em 30 reatores PWR em diversos países (Bélgica, França, Suíça, Alemanha, etc.). O maior uso é na Índia a partir de 2010. Em 2016, o Japão religou a usina Takahama-3 que usa MOX.

Programas de depósitos definitivos para combustível irradiado estão em andamento em diversos lugares, mas nenhum deles deve operar comercialmente antes de 2020.

O fato de não haver nenhum depósito definitivo em operação não significa que não se tenha concebido uma solução para o tratamento dos rejeitos. A tecnologia de tratamento para deposição definitiva compreende o isolamento dos materiais através de blindagem e vitrificação e em seguida o seu depósito em cavidades rochosas estáveis. Neste local o material deverá permanecer contido até o seu decaimento a níveis que não causem danos à espécie humana ou ao meio ambiente.

O desenvolvimento de soluções inovativas como o projeto Myrrha (Multi-purpose Hybrid Research Reactor for High-Tech Applications) na Bélgica oferecem outras possibilidades para o tratamento de resíduo nuclear como a transmutação. Apesar de uma fábrica com grande capacidade ainda estar muito distante, um projeto piloto (ao custo de 1 bilhão de euros) deverá ser comissionado até 2019 no Centro Belga de Pesquisas Nucleares-SCK, como parte do projeto Myrrha. Os testes levarão 5 anos até o início da operação comercial, porém poderão levar a uma grande redução na quantidade e no tamanho dos depósitos permanentes para resíduos de alta atividade.

## **Radiação**

*"A vida na Terra se desenvolveu com a radiação natural de fundo sempre presente. Não é algo novo, inventado pela sagacidade do homem. Radiação sempre esteve lá." como disse Eric J Hall, Professor de Radiologia da Faculdade de Médicos e Cirurgiões da Universidade de Columbia, New York, em seu livro "Radiação e Vida".*

A radiação é a emissão de energia sob a forma de partículas ou de ondas eletromagnéticas. Este é um fenômeno natural que existe há milhares de milhões de anos.

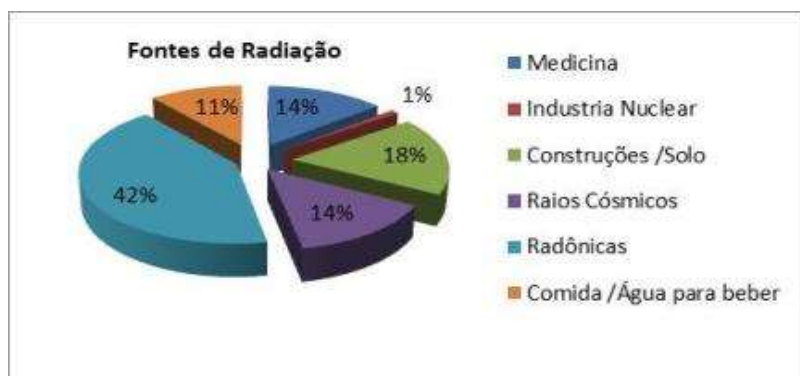
Todos os organismos vivos estão sob os efeitos da radiação natural.

Diferentes tipos de radiação atingem a superfície da Terra a partir do espaço e de substâncias radioativas localizados na crosta da Terra. Os sentidos dos seres humanos não são capazes de detectar radiação e por isso são necessários equipamentos de detecção para a medição de tais liberações, sejam elas naturais ou derivadas de acidentes.

O potássio localizado na crosta da Terra também contém isótopo radioativo natural. Elementos radioativos estão sempre presente nos tecidos do corpo humano, e é fisicamente impossível para se livrar deles.

Fontes naturais de radiação são características do ambiente. Radiação e substâncias radioativas têm muitas aplicações benéficas, que vão desde a geração de energia até usos na medicina, indústria, agricultura e etc..

No nosso planeta existe uma radiação natural de fundo (natural background source) à qual todos nós estamos submetidos todos os dias. O ser humano está adaptado a essas fontes. O sol, as rochas de granito, as areias monazíticas, outros materiais naturalmente radioativos encontrados no ar, no mar e na terra fazem parte dessa radiação. As radiações de fundo variam enormemente pelas regiões do mundo dependendo de fatores como composição de rochas no ambiente, altitude, etc.



Como muitas coisas na natureza a radiação pode ser boa ou ruim dependendo da quantidade (dose).

Os riscos da radiação para os trabalhadores, para o público e para o meio ambiente que podem surgir a partir dessas aplicações têm de ser avaliados e, se necessário, controlados.

**Apenas 15% das emissões é provocada pelo homem (através de usos da medicina e indústria nuclear)**

Atividades como as utilizações médicas das radiações, a operação de instalações nucleares, a produção, o transporte e a utilização de material radioativo, e a gestão dos resíduos radioativos devem, portanto, estar sujeitos a normas de segurança.

Diariamente cada habitante do planeta recebe uma carga radioativa que varia conforme sua localização e/ou atividade desenvolvida. Procedimentos médicos já corriqueiros na sociedade acrescentam doses extras de radiação ao corpo humano

Procedimento Médico	Dose em mSv
Radiografia Dental	0,005
Mamografia	2
Scan de Cérebro	0,8 a 5
Scan de Mama	6 a 18
Raio-X Gastrintestinal	14

A radiação produzida por um reator nuclear é similar à natural só que mais intensa, e por isso ele tem as proteções necessárias de forma a isolar a radiação do ambiente e das pessoas. As doses de radiação recebidas pela humanidade são, em mais de 85%, vindas da natureza.

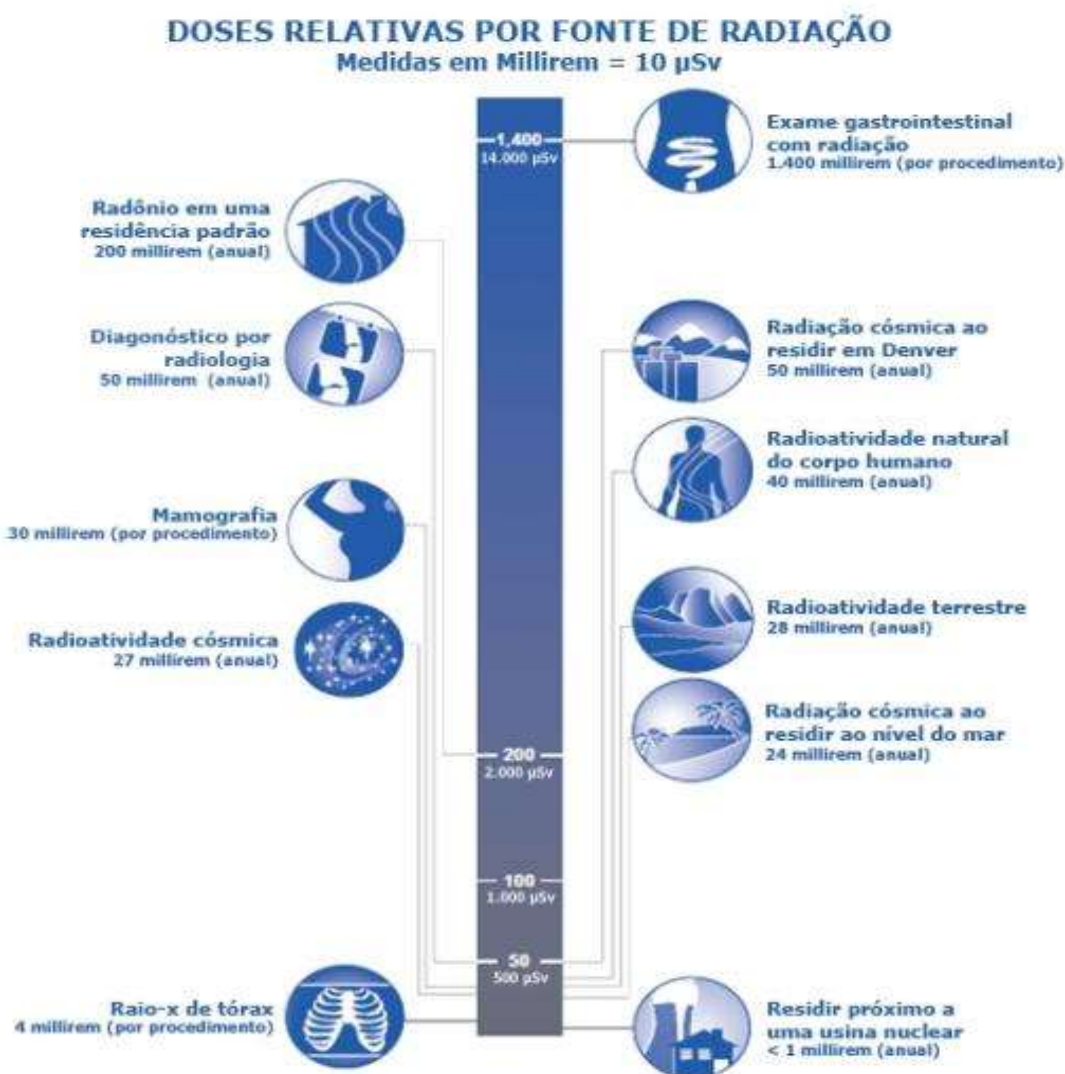
A tabela dá exemplos de dose radioativa por procedimento médico realizado:

A unidade de medida de exposição à radiação é o Sievert (Sv) e seus derivados, o mili Sievert – mSv (um milésimo do Sievert =0,001 Sv) e o micro Sievert - μSv (milionésimo do

Sievert = 0,000001 Sv). Esta é a unidade internacional que define os padrões para as proteções contra a radiação, levando em conta os diferentes efeitos biológicos dos diferentes tipos de radiação.

As doses são cumulativas quando a fonte é constante:

$\mu\text{Sv/h} = 1$  milionésimo do Sievert por hora de exposição (0,000001 Sv/h). Outra unidade usada é o Rem que é igual a 0,01 Sv.



A partir de EPA – Radiations: Risks and Realities

Comparado com outros eventos que afetam a saúde das pessoas a Radioatividade é um dos assuntos mais estudados e compreendidos pela ciência. Em cada país os padrões de proteção são estabelecidos em acordo com as recomendações da Comissão Internacional para a Proteção Radiológica (ICRP- International Commission on Radiological Protection) que determina que qualquer exposição deve ser tão baixa quanto possível (conceito ALARA - as low as reasonably achievable). A maior autoridade mundial em efeitos da radiação na saúde

humana é o UNSCEAR- UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, órgão das Nações Unidas dedicado ao assunto.

Tipos de Radiação	Características - Perigo Apresentado
Alfa	Não penetra na pele - perigoso apenas se ingerido
Beta	podem ser barrados por madeira/ alumínio, etc. - pouco perigo
Raio Gama	perigoso para pessoas - precisa ser isolado
Raio X	perigoso para pessoas - precisa ser isolado
Radiação Cósmica	Partículas que veem do espaço muito perigosas, não fosse a proteção da atmosfera terrestre
Neutrons	produzidos por fissão nuclear, podem causar danos ao homem - precisa ser isolado

O desconhecimento do público em geral sobre este assunto e a grande quantidade de unidades de medida dão margem a muita confusão e permite a desinformação, muitas vezes proposital, podendo causar medo e ansiedade no público leigo.

### Contaminação radioativa

É a presença de material radioativo em algum lugar onde não queremos, portanto, um material radiativo sem um controle de contenção. Limpar resíduos radioativos normalmente significa esfregar com água e sabão, baldes e pincéis, num processo confuso que é perigoso para as pessoas expostas à poeira e águas residuais contaminadas.

Quase tudo no mundo emite radiação normalmente. A radioatividade de um material emissor de radiação precisa ser medida para se definir os critérios de proteção.

Neste caso a física define a unidade Bequerel (Bq) que representa a quantidade de desintegrações por segundo no material considerado.

No Brasil, na localidade de Guarapari, no Espírito Santo uma dose de 200mSv/ano é normal devido às areias monazíticas que compõem as praias.

Dose média de radiação medida	$\mu\text{Sv/h}$
Média individual por radiação de fundo	<b>0,230</b>
Média individual por radiação de fundo para Americanos	<b>0,340</b>
Média individual por radiação de fundo para Australianos	<b>0,170</b>
Dose média em <u>Fukushima</u> no dia 25/05/2011	<b>1,600</b>
Dose média na cidade de Tóquio no dia 25/05/2011	<b>0,062</b>

A exposição à radioatividade é acumulativa, pode ser medida em  $\mu\text{Sv/h}$ . É muito variada e conhecida na maioria dos casos. Ao lado apresentamos exemplos de dose radioativa por hora de exposição em  $\mu\text{Sv/h}$ .

Doses acidentais de radiação apresentam efeitos variados no ser humano em

função da exposição ser maior ou mais concentrada, como por exemplo:

- Efeitos biológicos começam a ser sentidos a partir de uma exposição aguda de 250 mSv.
- Efeitos transitórios como náuseas, vômitos e diarreia aparecem com dose aguda de 1000 mSv.
- Com doses agudas de 4.000 mSv o ser humano é severamente afetado e cerca de 50% veem a falecer em curto espaço de tempo (cerca de 1 mês)
- Com doses agudas de 7.000 mSv são letais para 100% das pessoas

Se a radiação é recebida de fontes externas, a pele e os tecidos próximos a superfície do corpo são os mais afetados. Os órgãos profundos dentro do corpo são afetados somente pela radiação penetrante gama e nêutron. Entretanto se o material radioativo é ingerido, inalado ou introduzido no corpo através de ferimentos, o material radioativo pode ser levado às proximidades dos órgãos críticos e irradiá-los nesta posição interna.

A quantidade de radiação recebida de uma fonte externa pode ser controlada simplesmente afastando a fonte.

Exemplos de dose radioativa por ano de exposição contínua:

<b>Dose Radioativa Anual</b>	<b>mSv/ano</b>
Dose máxima aceitável para qualquer obra humana	1
Dose aceitável para viver próximo a Central Nuclear	0,0001 a 0,01
Dose aceitável para viver próximo a Central a Carvão	0,0003
Dose para dormir junto a outra pessoa (8 horas/ dia)	0,02
Dose anual por radiação cósmica	0,24
Dose anual por radiação terrestre	0,28
Dose anual por radiação do corpo humano	0,4
Dose anual por radiação de fontes atmosféricas	2
Dose média anual para americanos	6,2
Dose média em vôos de Nova York a Tóquio	9
Dose média anual limite para empregados de nucleares	20
Dose de radiação de fundo em partes do Irã, da Índia e da Europa	50
Dose de radiação por fumar 30 cigarros por dia	60 a 160

Uma vez que um material radioativo é inalado e/ou ingerido, ele continua a irradiar o corpo até ser eliminado naturalmente pelo organismo. Alguns radionuclídeos permanecem no corpo por longo período de tempo – meses ou mesmo anos. Os efeitos biológicos do material radioativo ingerido são idênticos àqueles produzidos pela radiação externa, visto que a contaminação emite radiação.

A localização interna do material emitindo radiação alfa e beta permite que essas radiações afetem os órgãos e tecidos, que normalmente não afetariam devido a sua baixa capacidade de penetração.

<b>Radioatividade em alguns materiais naturais ou não (WNA)</b>	
1 adulto humano (65 Bq/kg)	4.500 Bq
1 kg de café	1.000 Bq
1 kg de fertilizante superfosfatado	5.000 Bq
O ar de uma casa de 100 m <sup>2</sup> na Austrália (radon)	3.000 Bq
O ar de uma casa de 100 m <sup>2</sup> na Europa (radon)	até 30.000 Bq
1 detector de fumaça (com amerício)	30.000 Bq
Radioisótopos para diagnósticos médicos	70 milhões Bq
Fontes de Radioisótopos terapias médicas	100 Trilhões Bq (100 TBq)
1 kg de resíduo nuclear (vitrificado) de alta atividade com 50 anos de idade	10 Trilhões Bq (= 10 TBq)
1 sinal luminoso de saída (anos 1970)	1 Trilhão Bq (1 TBq)
1 kg de urânio	25 milhões Bq
1 kg do minério de urano (Canadá, 15%)	25 milhões Bq
1 kg do minério de urano (Austrália, 0.3%)	500.000 Bq
1 kg de resíduo nuclear de baixa atividade	1 milhão Bq
1 kg de cinzas de carvão	2.000 Bq

### **Fatos sobre Radiação**

Mesmo quando se vive ao lado de uma central nuclear, ainda se recebe menos radiação anual do que fazendo apenas uma viagem de avião entre Porto Alegre e Manaus.

Cerca de 85% da radiação recebida pelo homem vem de fontes naturais como os raios cósmicos vindos do espaço, do granito das rochas e mesmo da comida. O restante da dose anual de cada um vem de fontes artificiais como aparelhos de raio X médicos. Menos de 0,1% vem da indústria nuclear como um todo.

### **Iodeto de Potássio – Uma medida preventiva e não uma pílula mágica**

Uma das medidas de proteção que as comunidades próximas a centrais nucleares podem fazer uso em caso de emergências radiológicas é o iodeto de potássio. Mas este produto, um sal (fórmula química KI), não é uma pílula antirradiação.

Ele se destina, se tomado em tempo adequado e na quantidade correta, a proteger a glândula tireoide de doenças causadas pela absorção indesejada de iodo radiativo, impedindo que a glândula absorva esse este radionuclídeo em caso de acidente severo num reator nuclear. O iodeto de potássio (KI) não protege a glândula nem o corpo contra quaisquer outros elementos radiativos a que a pessoa possa estar submetida.

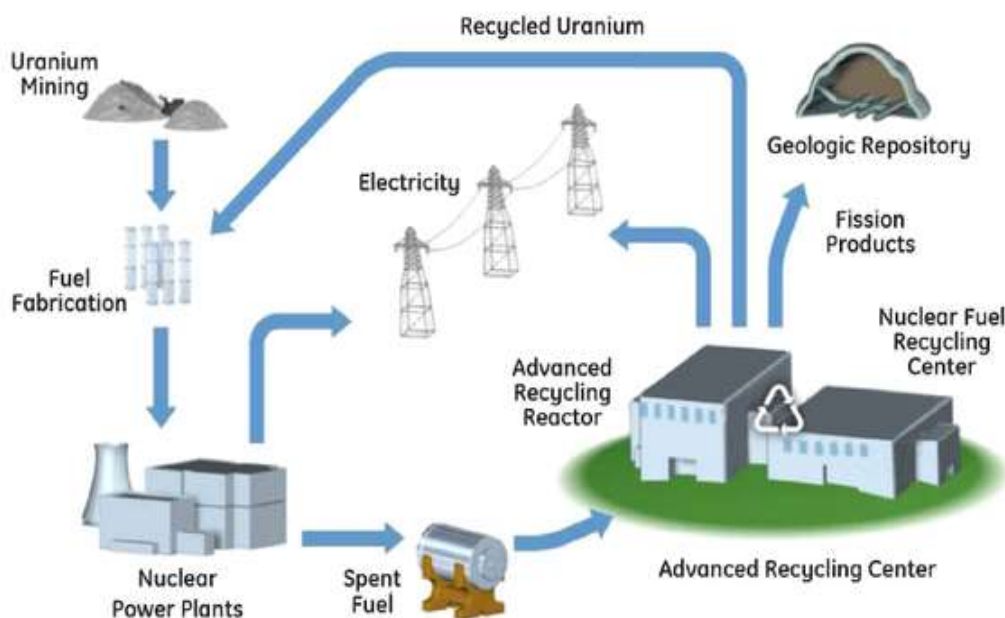
## Gestão de Rejeitos

### Resíduos nucleares, Rejeitos Radiativos e Reprocessamento

Todos os resíduos tóxicos precisam ser tratadas de forma segura, não apenas os resíduos radioativos. A gestão de resíduos nucleares começa no projeto da instalação que usa material radioativo e prossegue durante a operação destas instalações considerando a necessidade de limitar, ao máximo, o volume e a atividade radiativa de sua produção de resíduos.

A identificação, seleção, tratamento, empacotamento, transporte, o depósito intermediário e o depósito definitivo fazem parte do processo de gestão, sendo que cada item precisa ser apropriadamente tratado. As condições de segurança, proteção radiológica, rastreabilidade e redução de volume são a base deste trabalho.

Todas as partes do ciclo do combustível nuclear produzem alguns resíduos radioativos e o custo relativamente modesto de gestão e/ou eliminação deste resíduo é parte do custo de geração de energia elétrica.



Ciclo do Combustível Nuclear

Ao contrário de outros resíduos industriais, o nível de risco de todos os resíduos nucleares - sua radioatividade - diminui com o tempo. Cada radionuclídeo contido nos resíduos tem uma meia-vida, que é o tempo necessário para seus átomos perderem a metade de sua radioatividade (decaimento) e, assim, diminuírem a periculosidade. Radionuclídeos com longas semi-vidas tendem a ser alfa e beta emissores - fazendo seu manuseio mais fácil - enquanto aqueles com meias-vidas curtas tendem a emitir mais os raios gama penetrantes. Eventualmente, todos os resíduos radioativos decaem em elementos não radioativos. Quanto mais radioativo é um isótopo mais, mais rápido ele decai.

A maioria das nações que usam energia nuclear realizam alguma medida de reprocessamento de combustível usado, que envolve separação dos núcleos atômicos úteis a partir de resíduos de alta atividade.

No que diz respeito ao combustível nuclear irradiado de uma central nuclear, cada país escolhe uma das duas abordagens possíveis. Ou o material é considerado um recurso importante ou é percebido como resíduos. Na Rússia, bem como em alguns países europeus como a França e a Inglaterra, considera-se o combustível nuclear irradiado como um valioso material. O reprocessamento com a extração de componentes valiosos é um método ambientalmente amigável de manuseio de combustível nuclear irradiado.

Todos os rejeitos radioativos gerados nas usinas nucleares devem ser armazenados de forma segura e isolados do público e meio ambiente.

Os rejeitos são classificados como de alta atividade (elementos combustíveis irradiados); rejeitos de média atividade (resinas de purificação e fluídos de processo); e rejeitos de baixa atividade (material descartável usado na operação e manutenção).

Os rejeitos de alta atividade das usinas nucleares são armazenados em piscinas no interior ou no exterior das usinas, com capacidade para toda a vida útil de operação da usina. Os rejeitos de média atividade devem estar armazenados em prédios adequadamente projetados junto à usina e devem ter capacidade para toda a vida útil da usina. Os rejeitos de baixa atividade também estão armazenados em prédios localizados próximos a usina.

Os elementos combustíveis irradiados, considerados resíduos de alta atividade, são colocados dentro de uma piscina no interior das usinas ou em um depósito intermediário de longa duração, cercado de todos os requisitos de segurança exigidos internacionalmente. Até que o ciclo do combustível seja fechado, através de reprocessamento, os reatores refrigerados a água continuarão a produzir rejeitos de alta atividade que precisam ser gerenciados e guardados por longo tempo. Apenas um pequeno volume dos resíduos nucleares totais (cerca de 3% do volume do total de resíduos produzidos) é de longa duração e altamente radioativo exigindo isolamento do ambiente para muitos milhares de anos.

Resíduos de baixa atividade compreendem cerca de 90% do volume, mas apenas 1% da radioatividade de todos os resíduos radioativos. Resíduos de média atividade são cerca de 7% do volume e tem 4% da radioatividade de todos os resíduos radioativos.



Resíduos de baixa e média atividade de usinas nucleares são em geral os materiais usados em limpeza, peças de reposição, roupas, sapatilhas e luvas utilizadas no interior dos prédios dos reatores, impurezas, filtros etc. Eles representam 97 % dos resíduos nucleares. Tais materiais são acondicionados em embalagens metálicas, testadas e qualificadas por órgão regulador e transferidos para um depósito inicial, construído, normalmente, no próprio sítio da usina. Esse depósito é permanentemente controlado e fiscalizado por técnicos em proteção radiológica e especialistas em segurança da nuclear.

Os rejeitos radioativos são gerados em diferentes fases do ciclo do combustível e podem aparecer sob a forma de líquidos, gases e sólidos em um largo espectro de toxicidade. O tratamento, condicionamento e armazenagem são dependentes do nível de atividade (baixa, média ou alta) do material.

No mercado internacional existem empresas que desenvolveram tecnologias que já se encontram licenciadas, destinadas ao para o armazenamento de combustível nuclear usado e também para o seu transporte.

No Brasil a A CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear tem a responsabilidade da implantação da Política Nacional de Rejeitos Radioativos. A CNEN possui os seguintes projetos em andamento:

- **Repositório para Rejeitos de Baixo e Médio Nível de Radiação**

Objetivo: Conceber, projetar, licenciar, construir, e comissionar o Repositório Nacional para Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Nível de Radiação.

- **Desenvolvimento de Recipientes para Transporte e para Armazenagem de Combustíveis Irradiados**

Objetivo: Definir, desenvolver, construir e qualificar um recipiente para transporte e, outro recipiente para armazenagem de combustíveis irradiados de centrais nucleares de potência.

Com a projeção de que o uso da energia nuclear vai continuar a crescer nas próximas décadas, e, com isso o volume de combustível irradiado também crescerá, a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) pediu, 15 de junho de 2015, aos países com programas de energia nuclear para compartilhar o know-how do gerenciamento de seu combustível irradiado e dos resíduos radioativos com países menos experientes de forma que isto seja gerido com segurança.

O desenvolvimento da energia nuclear pressupõe um comprometimento desta indústria na gestão dos rejeitos.

## Volumes

Os testes nucleares realizados acima do solo pela União Soviética e os Estados Unidos na década de 1950 e início dos anos 1960 e da França em 1970 e 1980 espalharam uma

quantidade significativa de precipitação de isótopos de urânio em todo o mundo, sem qualquer tipo de controle.

A cada ano, as instalações de geração de energia nuclear em todo o mundo produzem cerca de 200.000 m<sup>3</sup> de resíduos radioativos de baixa e de nível intermediário, e cerca de 10.000 m<sup>3</sup> de resíduos de alto nível, incluindo o combustível utilizado designado como resíduos.

Um típico reator PWR 1.000 MWe irá gerar (direta e indiretamente) 200-350 m<sup>3</sup> de resíduos de baixa e média atividade por ano. Ele também gerará cerca de 20 m<sup>3</sup> (27 toneladas) de combustível utilizado por ano, o que corresponde a uma encapsulação de 75 m<sup>3</sup> de volume para disposição se ele for tratado como resíduo. Em países que o combustível utilizado é reprocessado, apenas 3 m<sup>3</sup> de resíduos vitrificados são produzidos, o que é equivalente a 28 m<sup>3</sup> de volume de armazenamento a seco (canister). Uma usina à carvão, da mesma capacidade de energia, produz uma média de 400.000 toneladas de cinzas no mesmo período.

Em países com energia nuclear, os resíduos radioativos compreendem menos de 1% do total de resíduos tóxicos industriais (que permanecem perigosos indefinidamente).



Uma vez que estes resíduos nucleares são de magnitude muito menor que resíduos de geração elétrica à combustíveis fósseis como o carvão, por exemplo, e como nas centrais nucleares em geral, há muito espaço para armazenagem dos rejeitos durante a vida útil da usina, não há urgência na implementação de uma solução definitiva para o acondicionamento dos mesmos. Esta condição permite desenvolver, com cuidado, planos e políticas para fechar o ciclo incluindo a deposição final do rejeito.

#### Exemplo de armazenamento a seco (Holtec International Co)

No longo prazo, contudo, a eliminação apropriada dos resíduos é necessária para resíduos de longa atividade, devido à sua radioatividade prolongada.

mais informações podem ser acessadas na biblioteca da WNA (World Nuclear Association) nos links abaixo:

- <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/radioactive-waste-management.aspx>
- <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/radioactive-wastes-myths-and-realities.aspx>

## Deposição Geológica

A maioria dos países com resíduos radioativos de alto atividade e de longa vida têm investigado a sua eliminação em camadas geológicas profundas e é a política oficial em vários países (variações também incluem empresas multinacionais). A longa escala de tempo durante o qual alguns dos resíduos permanece radioativo levou à ideia da eliminação geológica profunda em depósitos subterrâneos em formações geológicas estáveis. O isolamento é fornecido por uma combinação de barreiras artificiais e naturais (rocha, sal, argila).

A Deposição Geológica consiste em depósitos profundos subterrâneos para resíduos, e é frequentemente considerado como a solução mais segura para este desafio de longa duração. Dos 43 países que terão de lidar com esse desafio 25 determinaram a solução de depósito geológico como a resposta e têm algum tipo de plano geológico em andamento, ainda que em diferentes estágios de progresso. Esses processos estão sendo ativamente implementado no Canadá, França, Finlândia e Suécia.

O princípio da deposição geológica é isolar os resíduos dentro de uma formação rochosa profunda adequada para garantir que não haverá quantidades significativas ou nocivos de radioatividade chegando ao ambiente da superfície. Eliminação geológica é uma abordagem multi-barreira, com base na colocação de resíduos acondicionados em túneis subterrâneos em uma profundidade de entre 200m e 1000m, para protegê-los de qualquer interrupção por eventos causados pelo homem ou naturais (por exemplo, inundações, erosão costeira, terremotos ou ação terrorista), que afectam principalmente a superfície.

De acordo com a Energia Nuclear Insider em 2013, o mercado global de desmantelamento nuclear, tratamento e eliminação de resíduos avaliado em mais de 250 bilhões de libras e a questão da disposição final é uma prioridade clara para a indústria nuclear internacional. Não há expectativa de mudança nos valores sendo provável que atinjam 600 bilhões de libras nos próximos 20 anos devido ao aumento esperado dos resíduos.



Finlândia: Acesso ao túnel que serpenteia gradualmente para baixo através da rocha a uma profundidade de mais de 420 metros. <http://finland.fi/pt/vida-amp-sociedade/os-residuos-nucleares-descansarao-em-paz/>

Foto cedida pela Posiva- Finlândia

## X- Proliferação e Riscos para a Segurança- TNP

O desenvolvimento de armas nucleares é um histórico divisor de águas. Ele transformou a política internacional e deu uma dimensão existencial às relações entre as grandes potências do mundo.

Durante a Guerra Fria (pós 2ª guerra mundial), grandes estoques de plutônio para armas foram construídos tanto pela União Soviética e quanto pelos Estados Unidos. Os reatores dos EUA em Hanford e Savannah River Site em Carolina do Sul produziram 103 toneladas. Um número estimado de 170 toneladas de plutônio de qualidade militar foi produzido na União Soviética.

São necessários cerca de 10 quilos de Pu-239 quase puro para fazer uma bomba (embora a bomba de Nagasaki, em 1945, utilizasse menos).

A cada ano, cerca de 20 toneladas do plutônio ainda é produzido como um subproduto da indústria de energia nuclear. Cerca de mil toneladas de plutônio podem ser armazenadas, sendo mais de 200 toneladas extraída de armas nucleares. O relatório SIPRI estimou o estoque mundial de plutônio em cerca de 500 mil toneladas, divididas igualmente entre arma e ações civis. Desde o fim da Guerra Fria, esses estoques tornaram-se o foco de preocupações de proliferação nuclear.

Forças Nucleares - 2015				
País	Armas Operacionais*	Outras armas	Total - 2014	Ano do 1º Teste nuclear
EUA	2080	5180	7260	1945
Rússia	1780	5720	7500	1949
UK	150	65	215	1952
França	290	10	300	1960
China		260	260	1964
Índia		90–110	90–110	1974
Paquistão		100–120	100–120	1998
Israel		80	80	..
Coréia do Norte			de 6 a 8	2006
<b>Total</b>	<b>4.300</b>	<b>11.545</b>	<b>15.850</b>	
Fonte: SIPRI Yearbook 2015				
* 'Armas Operacionais são as armas instaladas em mísseis ou alocadas em bases com forças operacionais.				
Todos os dados são estimativos com data de Janeiro de 2015.				

O Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares - TNP, concluído a nível internacional, reconhece a todas as suas Partes envolvidas o direito de desenvolver e utilizar a energia nuclear para fins pacíficos. Estabelecem ainda medidas de Salvaguardas que são apoiados por medidas diplomáticas e econômicas.

Os 189 signatários do histórico tratado de controle de armas de 1970 - que visa impedir a proliferação de armas nucleares e pede aos países que possuem ogivas atômicas que abram mão delas - se reúnem a cada cinco anos para avaliar o cumprimento dos termos do pacto e os avanços feitos para alcançar suas metas. A última conferência de revisão do NPT foi em abril de 2012 em Viena.

Mais de duas décadas depois do fim da Guerra Fria, o inventário de ogivas nucleares permanece em nível muito alto: quase 16.000. Destas, algo como 4.300 ogivas são consideradas operacionais, das quais cerca de 1.800 ogivas americanas e russas estão em alto alerta, ou seja prontas para uso imediato.

<b>Forças Nucleares 2010 –2015</b>						
<b>País*</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>EUA</b>	<b>9600</b>	<b>8500</b>	<b>8000</b>	<b>7700</b>	<b>7300</b>	<b>7260</b>
<b>Rússia</b>	<b>12 000</b>	<b>11 000</b>	<b>10 000</b>	<b>8500</b>	<b>8000</b>	<b>7500</b>
<b>UK</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>215</b>
<b>França</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>300</b>
<b>China</b>	<b>240</b>	<b>240</b>	<b>240</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>260</b>
<b>Índia</b>	<b>60–80</b>	<b>80–100</b>	<b>80–100</b>	<b>90–110</b>	<b>90–110</b>	<b>90–110</b>
<b>Paquistão</b>	<b>70–90</b>	<b>90–110</b>	<b>90–110</b>	<b>100–120</b>	<b>100–120</b>	<b>100–120</b>
<b>Israel</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>
<b>Total</b>	<b>22.600</b>	<b>20.530</b>	<b>19.000</b>	<b>17.270</b>	<b>16.300</b>	<b>15.850</b>
<b>Source: SIPRI Yearbook 2015</b>						
* Baseado em Informação públicas sobre as atividades de produção de plutônio da Coreia do Norte. É estimado que a Coreia do Norte produziu de 6 – 8 armas nucleares.						

Apesar de reduções significativas nos EUA, Rússia, França e nas forças de nucleares britânicas em comparação com os níveis da Guerra Fria, todos os estados que possuem armas nucleares continuam a modernizar as suas forças nucleares restantes e parecem comprometidos com a retenção dessas armas nucleares por futuro indeterminado.

O exato número de armas que cada país detém chega a ser um segredo nacional. Apesar destas limitações as informações públicas disponíveis e os vazamentos ocasionais tornam possível uma estimativa sobre o tamanho, a composição dos estoques de armamento nuclear e a sua evolução.

Hoje, a manutenção e proteção do arsenal nuclear americano é uma preocupação de trilhões de dólares, enquanto um nível incrível de esforços tanto dos EUA quanto da diplomacia global é dedicado à prevenção de novos países de possuírem armas nucleares. O simples fato de que a raça humana é capaz de estirpar-se em poucos minutos é um desenvolvimento recente na história do mundo.

O risco de proliferação ligado à utilização da energia nuclear pode provir essencialmente de duas atividades nucleares específicas: o enriquecimento do urânio e o reprocessamento do combustível nuclear irradiado. Estas atividades requerem tecnologias muito complexas e dispendiosas.

De acordo com várias fontes, mesmo países sem arsenal militar atômico possuem material físsil. O Japão, por exemplo, dispõe de mais de 300 quilos de plutônio e quase 200 quilos de urânio 235 (altamente enriquecido). Tal material foi entregue ao país pela Grã-Bretanha e Estados Unidos.

A maioria dos países renunciou às armas nucleares, reconhecendo que a posse delas iria ameaçar a segurança nacional ao invés de aumentá-la. Tais países se comprometeram com TNP como um compromisso público com a utilização de materiais e tecnologias nucleares apenas para fins pacíficos. O fator mais importante que sustenta o regime de salvaguardas é a pressão política internacional e como as nações, em particular, percebem seus interesses de segurança de longo prazo em relação aos seus vizinhos imediatos.

Foram estabelecidas por tratados internacionais as Zonas Livres de Armas Nucleares (NWFZ-nuclear weapons Free zone) na América Latina e no Caribe (Tratado de Tlatelolco), no Pacífico Sul (Tratado de Rarotonga), Sudeste da Ásia (Tratado de Bangkok, África (Tratado de Pelindaba) e Ásia Central (Tratado Livre de Armas Nucleares Zona da Ásia Central). O estabelecimento destas Zonas Livres são de particular relevância para o exame das obrigações materiais a serem incluídas no regime de verificação a ser implementado em um futuro Oriente Médio.

Combustível nuclear e materiais na cadeia de suprimento da indústria nuclear e radiológica podem ser usados na fabricação de armas nucleares e por isso devem ser protegidos contra roubo, sabotagem ou acidente. Como consequência todo o uso de material nuclear requer cuidados e salvaguardas inclusive para as instalações de manuseio (por exemplo, um evento externo -uma explosão- próximo a uma unidade de separação de combustível nuclear pode impedir o seu funcionamento por décadas e abalar a confiança do público, criando enormes problemas para a aceitação em geral desta indústria).

Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares - TNP é considerado desigual mesmo por países que o assinam, como é o caso do Brasil porque perpetua a divisão entre as potências nucleares e as não nucleares. Adicionalmente as grandes potências dão prioridade à agenda de não proliferação — e exercem fortes pressões sobre o direito dos demais países em desenvolver o uso pacífico da energia nuclear. No entanto, pouco se exige das potências nucleares, no que se refere ao desarmamento.

Nos últimos anos, as grandes potências nada realizaram de concreto no sentido de diminuir e de destruir seus arsenais nucleares. Ao contrário, em muitos casos o que tem existido é um esforço de modernizá-los e desenvolver estratégias nas quais se rogam ao direito de utilizar armas nucleares contra seus inimigos. É o caso dos Estados Unidos, com sua estratégia da “contra proliferação” - um corolário que afirma que os americanos têm o direito de usar armas nucleares contra grupos terroristas e países que lhes dão apoio. A consequência é um clima de profunda insegurança e inquietação no sistema internacional, gerando a necessidade da adoção de estratégias de dissuasão pelos países que se sentem ameaçados.

Um exemplo disso é a posição da Índia, defendida pelo seu ex-embaixador no Brasil - B.S. Prakash, que é clara e enfática ao afirmar que seu país se recusa a participar do TNP por considerá-lo discriminatório e injusto. Defendeu que a Índia “por suas dimensões, por ser quase um quinto da população do globo, não pode abrir mão de fontes de energia, de uma tecnologia, de meios de dissuasão, que os outros países semelhantes à Índia possuem e não abrem mão”.

Existe uma proposta defendida por vários países em desenvolvimento, de criar uma convenção internacional que proibisse o uso de armas nucleares, na qual seria considerado crime contra a humanidade o uso desse artefato, mas é rejeitada pelos países desenvolvidos possuidores de armas nucleares.

Outra proposta é a americana de “multilateralização do ciclo de enriquecimento de urânio”. Trata-se da constituição de um mecanismo internacional (similar a um banco) que enriqueceria o urânio para os países signatários do tratado. Nesta proposta o país entregaria suas reservas de urânio ao banco, que autorizaria um outro país “credenciado” (uma das cinco potências nucleares) a realizar o enriquecimento. Em seguida, o urânio seria devolvido ao país de origem, em pequenas quantidades, sob o argumento de “evitar que se possa ter quantidade suficiente de urânio enriquecido, para a produção de um artefato nuclear”.

A opinião dos países detentores de reservas e tecnologia é que se trata de uma proposta com um grande conteúdo de ingerência sobre um recurso estratégico. A demanda mundial por fontes de energia é grande e se amplia pelos dilemas surgidos a partir do aquecimento global, o que faz com que a energia nuclear seja tanto um tema de disputa comercial como um tema de segurança. Nesse aspecto, além das questões de segurança nacional, está o interesse em manter o monopólio do comércio de material físsil, impedindo a emergência de que outros países o possam participar desses mercados. As grandes potências têm realizado fortes pressões aos países em desenvolvimento, como o Brasil, para que estes assinem protocolos adicionais que ampliam ainda mais restrições ao desenvolvimento da energia nuclear, a produção e o gerenciamento de materiais físséis.

O Brasil tem se recusado a assinar tal protocolo adicional. Adenais o Brasil possui, em conjunto com a Argentina, uma agência que fiscaliza a produção de material físsil de forma

conjunta, a ABACC (Agência Brasileiro Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares), que dá garantias sobre os fins do material produzido pelos dois países.



Estes cilindros contem urânio que já foi parte de uma arma nuclear soviética. (foto USEC)

Segundo Samuel Pinheiro Guimarães da Ex-Ministro Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, a concordância do Brasil em assinar um Protocolo Adicional ao Acordo de Salvaguardas, que é instrumento do Tratado de Não Proliferação (TNP), permitiria que inspetores da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), sem aviso prévio, inspecionassem qualquer indústria que considerassem de interesse além das instalações nucleares.

Nisto se incluem as fábricas de ultra centrífugas e o submarino a propulsão nuclear permitindo o acesso a qualquer máquina, a suas partes e aos métodos de sua fabricação, ou seja, a qualquer lugar do território brasileiro, para inspecioná-lo, inclusive instituições de pesquisa civis e militares. Como os inspetores são formalmente funcionários da AIEA, mas, em realidade, são técnicos altamente qualificados, em geral nacionais de países desenvolvidos, naturalmente imbuídos da "justiça" da existência de um oligopólio nuclear não só militar, mas também civil, estes estão sempre prontos a colaborar não só com a AIEA, o que fazem por dever profissional, mas também com as autoridades e empresas dos seus países de origem.

Um ponto positivo a ser considerado foi o programa **Megatons to Megawatts (M2M)** que, até dezembro de 2013, eliminou o equivalente a 20.000 ogivas de armas nucleares, através da reciclagem de 500 milhões de toneladas (MT) de urânio altamente enriquecido (90%) que foi transformado em combustível para usinas nucleares de geração de energia elétrica.

Durante os 20 anos do programa **M2M**, os russos desmantelaram milhares de armas nucleares e geraram centenas de milhões de libras peso de Urânio equivalente na forma de Urânio pouco enriquecido - LEU a 4% que foi entregue às fábricas de combustível para geradoras nucleares, a maioria americana, para uso em reatores comerciais de geração elétrica. Por muitos anos as entregas deste Urânio evitou a mineração de 24 milhões de libras peso.

Desta forma a geração de energia de fonte nuclear no programa **M2M** contribuiu mais que qualquer outra política para a redução de armas nucleares no planeta. O programa, que expirou no fim de 2013, trará pressão no suprimento internacional de Urânio.

A energia nuclear civil não tem sido a causa ou rota para armas nucleares em qualquer país que tenha armas nucleares, e nenhum de urânio negociado para a produção de eletricidade já foi desviado para uso militar.



## XI – Descomissionamento

Toda usina de energia, independente de seu combustível é projetada para uma determinada vida útil, a partir da qual não será mais econômico operá-la.

O termo descomissionamento é usado para descrever toda a gestão e ações técnicas associadas com o término de operação de uma instalação nuclear e seu subsequente desmantelamento para facilitar o término do controle dos órgãos reguladores (“licença de finalização”). Essas ações envolvem descontaminação das estruturas e componentes, desmonte dos componentes, demolição dos prédios, remediação de qualquer contaminação de solo e remoção e tratamento dos resíduos resultantes.

**Mais de 100 reatores comerciais de geração de energia, centenas de minas, 46 reatores experimentais ou protótipos, mais de 250 reatores de pesquisa e um grande número de fábricas de combustível foram aposentadas ou retiradas de operação. Algumas já foram completamente desmanteladas.**

No mundo existem cerca de 560 usinas nucleares de geração de energia que estão ou estiveram em operação. Destas 133 estão no estado “*fechadas permanentemente*” e em algum estágio de descomissionamento.

Reatores fechados após danos sofridos em algum acidente (11)						
País	Reator	Tipo	MWe liq.	anos em operação	Fechamento	Motivo do fechamento
Alemanha	Greifswald 5	VVER-440/V213	408	0,5	nov/89	Derretimento Parcial do núcleo
	Gundremmingen A	BWR	237	10	jan/77	Erro de operação no desligamento
Japão	Fukushima Daiichi 1	BWR	439	40	mar/11	Derretimento do núcleo por perda de refrigeração
	Fukushima Daiichi 2	BWR	760	37	mar/11	Derretimento do núcleo por perda de refrigeração
	Fukushima Daiichi 3	BWR	760	35	mar/11	Derretimento do núcleo por perda de refrigeração
	Fukushima Daiichi 4	BWR	760	32	mar/11	Damage from hydrogen explosion
Eslovaquia	Bohunice A1	Prot GCHWR	93	4	1977	Core damage from fuelling error
Espanha	Vandellós 1	GCR	480	18	mid 1990	Incendio na Turbina
Suíça	St Lucens	Exp GCHWR	8	3	1966	Derretimento do núcleo
Ucrânia	Chernobyl 4	RBMK LWGR	925	2	abr/86	Incendio e Derretimento do núcleo
EUA	Three Mile Island 2	PWR	880	1	mar/79	Derretimento Parcial do núcleo

Cerca de 10% dessas usinas fechadas já foram completamente descomissionadas, incluindo 8 reatores de mais de 100 MWe. Grande quantidade de outras instalações e usinas, como extração e enriquecimento de urânio, fabricação de combustível, instalações de pesquisa, de reprocessamento laboratórios já foram fechadas e descomissionadas.

De acordo com a WNA- World Nuclear Association, os seguintes reatores que foram ou serão descomissionados devido a acidentes que de alguma forma os destruiu:

O quadro a seguir apresenta os reatores que foram fechados por razões políticas que não permitiram a continuação de suas operações. Conforme WNA eles foram ou serão descomissionados.

<b>Reatores fechados prematuramente por decisões políticas (37)</b>					
<b>País</b>	<b>Reator</b>	<b>Tipo</b>	<b>MWe Liq. Cada</b>	<b>Anos de operação de cada</b>	<b>Data de fechamento</b>
<b>Armenia</b>	Metsamor 1	VVER-440/V270	376	13	1989
<b>Bulgaria</b>	Kozloduy 1-2	VVER-440/V230	408	27, 28	dez/02
	Kozloduy 3-4	VVER-440/V230	408	24, 26	dez/06
<b>França</b>	Super Phenix	FNR	1200	12	1999
<b>Alemanha</b>	Greifswald 1-5	VVER-440/V230	408	10, 12, 15, 16; 0,5	1990
	Muelheim-Kaerlich	PWR	1219	2	1988
	Rheinsberg	VVER-70/V210	62	24	1990
	GRAFENRHEINFELD	PWR	1275	34	jun/15
	KRUEMMEL	BWR	1346	28	ago/11
	PHILIPPSBURG-1	BWR	890	32	ago/11
	BIBLIS-A	PWR	1167	37	ago/11
	BIBLIS-B	PWR	1240	35	ago/11
	BRUNSBUETTEL	BWR	771	35	ago/11
	NECKARWESTHEIM-1	PWR	785	35	ago/11
	UNTERWESER	PWR	1345	33	ago/11
	ISAR-1	BWR	878	34	ago/11
<b>Itália</b>	Caorso	BWR	860	12	1986
	Latina	GCR	153	24	1987
	Trino	PWR	260	25	1987
<b>Japão</b>	Fukushima Daiichi 5	BWR	760	33	2011
	Fukushima Daiichi 6	BWR	1067	32	2011
<b>Lituania</b>	Ignalina 1	RBMK LWGR	1185	21	2005
	Ignalina 2	RBMK LWGR	1185	22	2009
<b>Eslováquia</b>	Bohunice 1	VVER-440/V230	408	28	dez/06
	Bohunice 2	VVER-440/V230	408	28	dez/08
<b>Suécia</b>	Barseback 1	BWR	600	24	nov/99
	Barseback 2	BWR	600	28	mai/05
<b>Ucrania</b>	Chernobyl 1	RBMK LWGR	740	19	dez/97
	Chernobyl 2	RBMK LWGR	925	12	1991
	Chernobyl 3	RBMK LWGR	925	19	dez/00
<b>EUA</b>	Shoreham	BWR	820	3	1989

Existem outros 97 reatores no mundo que, por terem encerrado sua vida útil, também serão descomissionados.

Em 2015 a Rosatom informou ter descomissionado pela primeira vez uma unidade de reator nuclear moderado a grafite (LWGR). O Centro russo de demonstração experimental em Moscou, descomissionou com êxito o reator EI-2, que foi colocado em serviço como a primeira central nuclear industrial da Rússia em Tomsk-7 zona restrita da Sibéria em 1958. EI-2 foi fechado em 1990.

### **Detalhes para o descomissionamento da central de Fukushima Daiishi**

O programa de descomissionamento deve durar entre 30 e 40 anos. A remoção do combustível irradiado dos reatores 1- 3 deve se iniciar em dezembro de 2013. Haverá também até 2014, a construção de uma parede ao longo da costa em frente à central para conter qualquer possível vazamento de água subterrânea contaminada para o mar. A empresa Tepco (Tokyo Electric Power Co.) informou que pretende começar a descomissionar os reatores 1-4 de Fukushima Daiishi removendo o combustível irradiado do reator número 4.

As atividades foram distribuídas em 3 etapas: (a primeira já concluída)

1. Pesquisa e desenvolvimento para lidar com os fragmentos dos reatores danificados assim como tratamento e disposição dos resíduos nucleares resultantes.(2013)
2. Nos 10 anos seguintes serão descontaminados os três edifícios dos reatores e reparadas as contenções dos reatores. Serão iniciadas as obras de desmonte
3. Em até 40 anos deverão ser terminadas o desmonte e a disposição dos resíduos.

Em 26 de dezembro de 2011 três empresas japonesas vendedoras de reatores (Hitashi-Ge; Mitisubishi e Toshiba) se juntaram ao governo japonês e à Tepco no processo de descomissionamento desta central. Elas farão pesquisas e dividirão custos das atividades.

## XII – Conclusões

Com os iminentes desafios de segurança energética e ambiental, a cooperação internacional no domínio da energia nunca foi tão vital.

A transição de energia está em andamento, mas precisa de um sinal forte dos governos com políticas contra as oscilações do mercado

Passados cinco do acidente de Fukushima, é cada vez mais claro que o uso da energia nuclear vai continuar a crescer nas próximas décadas, embora o crescimento seja mais lento do que o previsto antes do acidente. Muitos países com programas nucleares existentes planejam expandí-los. Outros países, tanto desenvolvidos como em desenvolvimento, pretendem introduzir a energia nuclear.

Além de plantas nucleares comerciais, existem cerca de 240 reatores de pesquisa operacionais, em 56 países, com outros em construção. Estes têm muitos usos, incluindo a investigação ea produção de isótopos médicos e industriais, bem como para o treinamento.

O uso de reatores para propulsão de embarcações é mais confinado às principais marinhas onde tem desempenhado um papel importante durante cinco décadas, fornecendo energia para submarinos e grandes navios de superfície. Cerca de 150 navios são movidos por cerca de 180 reatores nucleares e mais de 13.000 anos-reator de experiência foi adquirida com reatores navais. Cabe destacar a entrada da Índia nesta tecnologia e outros futuros entrantes como Brasil e Argentina.

A Rússia também opera uma frota de seis grandes quebra-gelos de propulsão nuclear e um navio de carga de 62.000 toneladas que são mais civil do que militar. Ele também está concluindo uma usina nuclear flutuante com dois reatores de 40 MWe para uso em regiões remotas.

Rússia e EUA têm descomissionado muitos de seus submarinos nucleares da época da Guerra Fria.

Os fatores que contribuíram para esse crescente interesse incluem o aumento da demanda global por energia, bem como preocupações com a mudança climática, volatilidade de preços dos combustíveis fósseis, e a segurança do abastecimento de energia. Vai ser difícil para o mundo atingir o duplo objetivo de assegurar o abastecimento de energia sustentável e reduzir gases de efeito estufa sem a energia nuclear. A AIEA ajuda países que optam por energia nuclear para usá-la de forma segura.

Os países que decidiram banir a energia nuclear não eliminam de fato as questões nucleares e terão de lidar com questões como o desmantelamento de plantas, recuperação e gestão de resíduos antecipadamente.

O aumento do consumo de energia nas próximas décadas é inevitável e deriva do crescimento econômico, da prosperidade e do aumento da população. A diretora executiva

da IEA, Maria van der Hoeven declarou que os países precisam ser honestos com os seus cidadãos sobre o impacto que decisões de abandono da energia nuclear trarão quanto à segurança de suprimento de energia, se ocorrerão importações, de onde, de que fonte, por que valor, como será transmitida, etc. Segundo ela estas questões têm poucas opções de solução.

A principal consequência do fechamento de usinas operacionais em alguns países será, como na Alemanha, a perda de bilhões de dólares em investimentos já realizados, a criação de instabilidade nos sistemas de produção e distribuição de energia, o aumento da poluição, a perda de competitividade para a indústria e a economia, a perda de empregos e o aumento do custo da energia para a população.

Como os governos em todo o mundo têm que encarar os compromissos relativos às alterações climáticas no âmbito do acordo COP21(Paris-dezembro de 2015) e a necessidade de grandes - e crescentes - quantidades de energia de base, a geração nuclear é saudada novamente como uma resposta real para os problemas de energia do mundo.

No entanto, como com todas as soluções de energia, a configuração dos custos podem ser proibitivos. Dadas as limitações e apertos nos balanços, governos e desenvolvedores nacionais estão criando novas e muitas vezes inovadores métodos de financiamento para usinas nucleares, escreve Fiona Reilly da World Nuclear Association.

O argumento de que as autoridades estão preocupados com a segurança não procede. Não houve uma só morte derivada da exposição à radiação em Fukushima, enquanto que o terremoto e o tsunami (causadores do acidente) que se seguiu ocasionaram mais de 20.000 óbitos na região. Segundo o governo japonês apenas 8 dos 3.700 funcionários foram expostos à radiação, mas mesmo assim sem expectativas de maiores danos a saúde deles (até 1% de chance de danos no futuro).

Para que a energia nuclear seja parte do futuro o setor precisa vencer os enormes desafios que vão das dificuldades no suprimento de materiais como forjados de grande porte à falta de mão de obra de engenharia nuclear e em outras engenharias correlatas, além do envelhecimento dos especialistas para os quais há dificuldade de reposição. Há ainda o envelhecimento das plantas nucleares.

O interesse pelo desenvolvimento de novas usinas nucleares pelo mundo tem crescido. Além dos atuais países que possuem usinas nucleares, outros 65 manifestaram o interesse por esta fonte de geração de energia principalmente quando se leva em conta o volume de energia que é possível gerar sem maiores emissões de poluentes, e num espaço físico muito reduzido. O uso da energia nuclear para a produção de hidrogênio, de eletricidade para transporte, para dessalinização ou para outras aplicações não tradicionais trarão demandas adicionais no projeto de reatores avançados, que serão menores, mais baratos, mais simplificados, além de terem ciclos termodinâmicos mais eficientes.

Um novo setor que se apresenta é o descomissionamento e o gerenciamento de rejeitos que tem uma agenda impressionante de crescimento através de: desmantelamento, tratamento, transporte e armazenamento de material de uma frota crescente de plantas que se aposentarão. Desenvolvimento de novas tecnologias, mais progressistas para minimizar resíduos de baixa, média e alta atividade e uma demanda crescente para a melhoria das operações do estado-da-arte e gestão de riscos.

Os técnicos, com seu conhecimento e experiência acumulada, são o capital mais importante das empresas, em especial na área nuclear. Hoje há um “gap” de uma geração em termos de educação nuclear que o setor tem como desafio resolver.

Diversos países estão atuando para a formação de novos engenheiros e técnicos, como a proposta do Departamento de Energia americano - DoE, que criou o programa universitário de energia nuclear no qual, entre outras ações, são oferecidas aos estudantes bolsas de estudo que chegam a 150 mil dólares. O NRC – Nuclear Regulatory Commission também tem programa similar. Outras propostas, como da European Safety Organizations que criou um instituto de treinamento específico para atender suas necessidades no campo da segurança e da radiologia caminham para diminuir os problemas futuros.

As fontes livres de carbono não devem ser encaradas como competidoras entre si, mas sim como parceiras no desafio de prover o mundo com energia limpa e abundante.



## XIII – Principais Fontes de Informação

- IAEA 2015, Country Nuclear Power Profiles
- Nuclear Technology Review 2014 (NTR 2014) <http://www.iaea.org/Publications/Reports/index.html#ntr>
- Nucnet - vários
- Nucleonics Week e NuclearFuel - vários
- IAEA PRIS - <http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html>
- WNA – World Nuclear Association - <http://www.world-nuclear.org/>
- NRC- Nuclear Regulatory Commission – USA <http://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/col/new-reactor-map.html>
- INB – Indústrias Nucleares do Brasil – <http://www.inb.gov.br>
- Empresa de Pesquisa Energética –EPE – <http://www.epe.com.br>
- Sweden - <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515001731>
- IAEA Publications - <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/NuclearPower/np08.pdf>
- NRU: <http://www.nrucanada.ca/en/home/projectrestart/statusupdates/nrustatusupdate25.aspx>
- Bélgica - [http://www.ce2030.be/public/documents\\_public/CE2030%20Report\\_FINAL.pdf](http://www.ce2030.be/public/documents_public/CE2030%20Report_FINAL.pdf)
- WNN: <http://www.world-nuclear-ews.org> e [http://www.world-nuclear.org/info/inf122\\_heavy\\_manufacturing\\_of\\_power\\_plants.html](http://www.world-nuclear.org/info/inf122_heavy_manufacturing_of_power_plants.html)
- DoE: <http://www.eia.gov>
- TNP : <http://www.un.org/events/npt2005/npttreaty.html>
- European Nuclear Safety Training and Tutoring Institute : [www.enstti.org](http://www.enstti.org)
- Energy - Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2030
- Nuclear Energy – Technology Roadmap - [http://www.iea.org/papers/2010/nuclear\\_roadmap.pdf](http://www.iea.org/papers/2010/nuclear_roadmap.pdf)
- <http://www.sipri.org/yearbook/2015/downloadable-files/sipri-yearbook-2015-summary-pdf-Deployed-warheads> – SIPRI Year Book 2015
- [www.nea.fr/html/rwm/wpdd](http://www.nea.fr/html/rwm/wpdd)
- [www.world-nuclear.org/how/decommissioning.html](http://www.world-nuclear.org/how/decommissioning.html)
- <http://www.friendsjournal.org/earthquake-tsunami-and-nuclear-power->
- ExelonCorp<http://www.exeloncorp.com/powerplants/peachbottom/Pages/profile.aspx>
- Radiation : <http://microsievert.net/>
- Radiation risk and realities - <http://www.epa.gov/rpdweb00/docs/402-k-07-006.pdf>
- WNA - Nuclear Radiation and Health Effects - <http://world-nuclear.org/info/inf05.html>
- WNA - Environment, Health and Safety in Electricity Generation - <http://www.world-nuclear.org/info/default.aspx?id=15882&terms=Severe%20Accidents%20in%20the%20Energy%20Sector>
- Aprovação do AP1000 - <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/news/2011/11-226.pdf>
- CBE Embrarad -- <http://www.cbesa.com.br/>
- <http://www.fas.org/programs/ssp/nukes/nuclearweapons/nukestatus.html>
- <http://bos.sagepub.com/content/66/4/77.full.pdf>
- <http://www.fas.org/programs/ssp/nukes/nuclearweapons/nukestatus.html>
- <http://bos.sagepub.com/content/66/4/77.full.pdf>
- <http://investorintel.com/nuclear-energy-intel/the-end-of-the-megatons-to-megawatts-program-m2m/#sthash.MdIOWRZf.dpuf>
- INVAP -[http://www.invap.net/nuclear/carem/desc\\_tec.html](http://www.invap.net/nuclear/carem/desc_tec.html)
- [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/doc/swd\\_2012\\_0287\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/doc/swd_2012_0287_en.pdf)
- <http://www.world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Nuclear-Wastes/Decommissioning-Nuclear-Facilities/>
- <http://www.csmonitor.com/Environment/Energy-Voices/2014/0328/Thorium-a-safer-nuclear-power>
- <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/radioactive-waste-management.aspx>