

## NOTA DE ESCLARECIMENTO

### USINAS NUCLEARES DESLIGADAS DE FORMA PERMANENTE – Situação em Junho de 2013

De acordo com estatística da Agência Internacional de Energia Atômica - IAEA, publicada no seu site oficial na Internet, 145 reatores nucleares de potência haviam sido desligados de forma permanente em todo o mundo até junho de 2013.

Este número tem certa expressão quando confrontado com o total de reatores em operação no mundo na mesma data, 437, já que representa cerca de 25% da totalidade de reatores de potência já construídos no mundo.

Sem uma análise mais criteriosa, este número poderia ser entendido como um indicador negativo para a indústria nuclear, que colocaria sob questionamento a expectativa da indústria de operar seus reatores hoje em funcionamento e em construção de forma eficiente, durante toda a vida útil planejada para estas instalações.

Mesmo considerando que dentre os 437 reatores em operação mais de 80% dos reatores em operação no mundo já operam há mais de 20 anos, já tendo, portanto, ultrapassado a metade da sua vida útil, justificase uma análise mais detalhada das condições que levaram ao desligamento dos 145 reatores.

#### Reatores de tecnologias abandonadas ou de participação inexpressiva no mercado

Uma primeira consideração que se faz necessária ao analisar os reatores já desligados diz respeito ao tipo de tecnologia empregada nesses reatores e sua relevância no cenário internacional atual e futuro.

As tecnologias PWR (Reator a Água Leve Pressurizada), BWR (Reator a Água Leve Fervente) e PHWR (Reator a Água Pesada Pressurizada) representam hoje mais de 92% dos reatores em operação no mundo e mais de 95% dos reatores em construção.

Desta forma, históricos operacionais desfavoráveis em reatores utilizando outras tecnologias que não PWR, BWR e PHWR são de pouca relevância no questionamento da expectativa de desempenho dos reatores já em operação ou em construção.

A tabela 1 a seguir apresenta as tecnologias empregadas nos 145 reatores já desligados de forma permanente.

Reactor Type ▲	Reactor Type Descriptive Name	Number of Reactors	Total Net Electrical Capacity [MW]
BWR	Boiling Light-Water-Cooled and Moderated Reactor	31	13260
FBR	Fast Breeder Reactor	7	1705
GCR	Gas-Cooled, Graphite-Moderated Reactor	37	6742
HTGR	High-Temperature Gas-Cooled Reactor	4	679
HWGCR	Heavy-Water-Moderated, Gas-Cooled Reactor	4	269
HWLWR	Heavy-Water-Moderated, Boiling Light-Water-Cooled Reactor	2	398
LWGR	Light-Water-Cooled, Graphite-Moderated Reactor	9	6138
PHWR	Pressurized Heavy-Water-Moderated and Cooled Reactor	8	1972
PWR	Pressurized Light-Water-Moderated and Cooled Reactor	40	21608
SGHWR	Steam-Generating Heavy-Water Reactor	1	92
X	Others	2	87
<b>Total</b>		<b>145</b>	<b>52950</b>

Tabela 1 – Reatores desligados até junho de 2013 por tipo de reator  
(fonte: site IAEA Junho de 2013)

Conforme pode ser visto, do total de 145 reatores desligados de forma permanente, apenas 79 eram do tipo PWR, BWR e PHWR. Os demais 66 reatores empregavam tecnologias diversas que ou foram abandonadas ou têm uma participação bastante reduzida no cenário atual ou futuro, não sendo relevante, portanto, analisar o seu histórico operacional para fazer qualquer extrapolação para o comportamento dos reatores em operação ou sendo construídos.

A tabela 2 a seguir apresenta informações mais detalhadas sobre estes 66 reatores.

Identificação da Unidade		Tipo de Reator	Potência (MW)	Histórico da Unidade		
País	Nome			Primeira Conexão à Rede	Data de Desligamento Definitivo	Tempo Total de Vida em Operação
Russia	APS-Obninsk	LWGR	5	27/06/54	29/04/02	48
United Kingdom	Calder Hall 1	GCR	49	27/08/56	31/03/03	47
United Kingdom	Calder Hall 2	GCR	49	01/02/57	31/03/03	46
United Kingdom	Chapelcross 1	GCR	48	01/02/59	29/06/04	45
United Kingdom	Calder Hall 3	GCR	49	01/03/58	31/03/03	45
United Kingdom	Chapelcross 2	GCR	48	01/07/59	29/06/04	45
United Kingdom	Chapelcross 3	GCR	48	01/11/59	29/06/04	45
United Kingdom	Chapelcross 4	GCR	48	01/01/60	29/06/04	44
United Kingdom	Oldbury-A1	GCR	217	07/11/67	29/02/12	44
United Kingdom	Calder Hall 4	GCR	49	01/04/59	31/03/03	44
United Kingdom	Oldbury-A2	GCR	217	06/04/68	30/06/11	43
United Kingdom	Dungeness-A1	GCR	225	21/09/65	31/12/06	41
United Kingdom	Dungeness-A2	GCR	225	01/11/65	31/12/06	41
United Kingdom	Sizewell-A1	GCR	210	21/01/66	31/12/06	41
United Kingdom	Wylfa 2	GCR	490	21/07/71	25/04/12	41
United Kingdom	Sizewell-A2	GCR	210	09/04/66	31/12/06	41
United Kingdom	Bradwell 1	GCR	123	01/07/62	31/03/02	40
United Kingdom	Bradwell 2	GCR	123	06/07/62	30/03/02	40
France	Phenix	FBR	130	13/12/73	01/02/10	36
United Kingdom	Hinkley Point-A1	GCR	235	16/02/65	23/05/00	35
United Kingdom	Hinkley Point-A2	GCR	235	19/03/65	23/05/00	35
Japan	Tokai-1	GCR	137	10/11/65	31/03/98	32
United Kingdom	Berkeley 1	GCR	138	12/06/62	31/03/89	27
United Kingdom	Berkeley 2	GCR	138	24/06/62	26/10/88	26
United Kingdom	Hunterston-A1	GCR	150	05/02/64	30/03/90	26
United Kingdom	Trawsfynydd 1	GCR	195	14/01/65	06/02/91	26
United Kingdom	Trawsfynydd 2	GCR	195	02/02/65	04/02/91	26
Kazakhstan	Aktau	FBR	52	16/07/73	22/04/99	26
United Kingdom	Hunterston-A1	GCR	150	01/06/64	31/12/89	26
Japan	Fugen ATR	HWLWR	148	29/07/78	29/03/03	25
Italy	Latina	GCR	153	12/05/63	01/12/87	25
France	G-3 (Marcoule)	GCR	40	04/04/60	20/06/84	24
France	Chinon-A3	GCR	360	04/08/66	15/06/90	24
United Kingdom	Winfrith SGHWR	SGHWR	92	01/12/67	11/09/90	23
Lithuania	Ignalina-2	LWGR	1185	20/08/87	31/12/09	22
France	Bugey-1	GCR	540	15/04/72	27/05/94	22
Russia	Beloyarsk-2	LWGR	146	29/12/67	01/01/90	22
France	St.Laurent-A1	GCR	390	14/03/69	18/04/90	21
Germany	AVR Juelich (AVR)	HTGR	13	17/12/67	31/12/88	21
Lithuania	Ignalina-1	LWGR	1185	31/12/83	31/12/04	21
France	St.Laurent-A2	GCR	465	09/08/71	27/05/92	21
France	G-2 (Marcoule)	GCR	39	22/04/59	02/02/80	21
France	Chinon-A2	GCR	180	24/02/65	14/06/85	20
United Kingdom	Dounreay PFR	FBR	234	10/01/75	31/03/94	19
Ukraine	Chernobyl-1	LWGR	740	26/09/77	30/11/96	19
Ukraine	Chernobyl-3	LWGR	925	03/12/81	15/12/00	19
Russia	Beloyarsk-1	LWGR	102	26/04/64	01/01/83	19
Spain	Vandellós-1	GCR	480	06/05/72	31/07/90	18
United Kingdom	Windscale AGR	GCR	24	01/02/63	03/04/81	18
France	EL-4 (Monts D'Arree)	HWGCR	70	09/07/67	31/07/85	18
United Kingdom	Dounreay DFR	FBR	11	01/10/62	01/03/77	14
Germany	KNK II	FBR	17	09/04/78	23/08/91	13
France	Super Phenix	FBR	1200	14/01/86	31/12/98	13
Ukraine	Chernobyl-2	LWGR	925	21/12/78	11/10/91	13
USA	Fort St. Vrain	HTGR	330	11/12/76	29/08/89	13
France	Chinon-A1	GCR	70	14/06/63	16/04/73	10
USA	Peach Bottom-1	HTGR	40	27/01/67	01/11/74	8
USA	Fermi-1	FBR	61	05/08/66	29/11/72	6
Canada	Douglas Point	HWLWR	250	05/04/71	01/06/77	6
Slovakia	Bohunice A1	HWGCR	93	25/12/72	22/02/77	4
Germany	THTR-300	HTGR	296	16/11/85	29/09/88	3
USA	Piqua	OTHERS	12	01/07/63	01/01/66	3
Ukraine	Chernobyl-4	LWGR	925	22/12/83	26/04/86	2
Germany	Niederaichbach (KKN)	HWGCR	100	01/01/73	31/07/74	2
USA	Hallam	OTHERS	75	01/09/63	01/09/64	1
Switzerland	Lucens	HWGCR	6	29/01/68	21/01/69	1

Tabela 2 – Reatores desligados até junho de 2013 de outros tipos que não PWR, PHWR e BWR  
(fonte: site IAEA – Junho de 2013)

Cumpramos ressaltar que mesmo em se tratando de reatores de tecnologias que não se consolidaram ou que, pelo menos, não conquistaram uma participação mais expressiva no mercado, um terço destes reatores operou por mais de 30 anos, ou ainda, dois terços por mais de 20 anos. Estes resultados podem ser considerados positivos levando-se em conta que boa parte destes reatores utilizava tecnologias ainda em desenvolvimento, em uma fase bastante embrionária do desenvolvimento e expansão da indústria nuclear.

Dentre os 79 reatores utilizando tecnologias PWR, BWR e PHWR e desligados até junho de 2013 de forma permanente, encontramos desde reatores que entraram em operação em 1957 até reatores que entraram em operação em 1989, ou seja, abrangem o desenvolvimento tecnológico de mais de 30 anos da história da utilização destas tecnologias como alternativa energética.

Ao longo destes trinta anos, reatores de diversas gerações foram construídos, desde reatores experimentais, passando por reatores de demonstração até modelos de experiência operacional comprovada.

### **Reatores que entraram em operação antes de 1970**

Dentre os 79 reatores utilizando tecnologias PWR, BWR e PHWR e desligados até junho de 2013 de forma permanente, 34 entraram em operação antes de 1970. Em sua grande maioria trata-se de reatores experimentais ou de demonstração, de baixa potência, incluindo alguns reatores de maior potência construídos como primeiros modelos para geração em um nível de potência mais elevado.

A tabela 3 a seguir apresenta informações mais detalhadas sobre estes reatores.

Identificação da Unidade		Tecnologia	Porte da Unidade	Histórico da Unidade			
País	Nome	Tipo do Reator	Potência (MWe)	Primeira Conexão à Rede	Data de Desligamento Definitivo	Tempo Total de Vida em Operação	Característica do Projeto e/ou Razão para Desligamento Definitivo
USA	GE Vallecitos	BWR	24	19/10/57	09/12/63	6	Planta piloto de teste da GE para o projeto de BWRs
USA	Shippingport	PWR	60	02/12/57	01/10/82	25	Planta piloto para o desenvolvimento dos PWRs
USA	Dresden-1	BWR	197	15/04/60	31/10/78	19	Reator GE de primeira geração. Desligamento decidido após problemas técnicos.
USA	Yankee NPS	PWR	167	10/11/60	01/10/91	31	Reator PWR de primeira geração. Desligamento devido a problemas de degradação do material do vaso de pressão do reator.
Germany	VAK KAHL	BWR	15	17/06/61	25/11/85	24	Reator experimental
Canada	Rolphon NPD	PHWR	22	04/06/62	01/08/87	25	Planta de demonstração
USA	Indian Point-1	PWR	257	16/09/62	31/10/74	12	Reator com núcleo experimental. Desligamento devido a problemas de projeto (projeto do ECCS não atendia aos requisitos de segurança).
Belgium	BR-3	PWR	10	10/10/62	30/06/87	25	Reator experimental para planta de reprocessamento.
USA	Big Rock Point	BWR	67	08/12/62	29/08/97	35	Reator BWR da primeira geração. Usado também para produção de rádio-fármacos.
USA	Humbolt Bay	BWR	63	18/04/63	02/07/76	13	Reator BWR de primeira geração. Desligamento definitivo em função dos custos para adequação do projeto sísmico e às exigências após Three-Mile Island
USA	Elk River	BWR	22	24/08/63	01/02/68	4	Reator BWR experimental.
Japan	JPDR	BWR	12	26/10/63	18/03/76	12	Reator japonês de demonstração
USA	CVTR	PHWR	17	18/12/63	10/01/67	3	Reator de teste da tecnologia PHWR
Italy	Garigliano	BWR	150	01/01/64	01/03/82	18	Desligamento após diversos incidentes com contaminação.
Sweden	Agesta	PHWR	10	01/05/64	02/06/74	10	Reator de desenvolvimento de tecnologia na Suécia
USA	Bonus	BWR	17	14/08/64	01/06/68	4	Planta de teste da tecnologia Boiling Nuclear Superheater
Russia	Novovoronezh-1	PWR	197	30/09/64	16/02/88	23	Desligamento devido aos elevados custos para atualizar o projeto em atendimento a novos requisitos de segurança.
Italy	Enrico Fermi	PWR	260	22/10/64	01/07/90	26	Desligamento em atendimento a referendo popular.
Germany	MZFR	PHWR	52	09/03/66	03/05/84	18	Reator de pesquisa
Germany	Rheinsberg (KKR)	PWR	62	06/05/66	01/06/90	24	Reator de demonstração
USA	Pathfinder	BWR	59	25/07/66	01/10/67	1	Planta de demonstração
Germany	Gundremmingen-A (KRB A)	BWR	237	01/12/66	13/01/77	10	Desligamento após acidente com contaminação interna das instalações.
Canada	Gentilly-1	PHWR	206	07/01/67	04/05/84	17	Usina protótipo.(CANDU-BWR)
USA	Saxton	PWR	3	01/03/67	01/05/72	5	Reator para pesquisa e desenvolvimento de tecnologia nuclear
France	Chooz-A (Ardennes)	PWR	305	03/04/67	30/10/91	25	Usina protótipo.
USA	San Onofre-1	PWR	436	16/07/67	30/11/92	25	Reator Westinghouse de primeira geração. Desligamento decidido após problemas técnicos.
USA	Haddam Neck	PWR	560	07/08/67	05/12/96	29	Decisão de desligamento por razões econômicas considerando os baixos preços da energia elétrica.
USA	Lacrosse	BWR	48	26/04/68	30/04/87	19	Reator de demonstração
Germany	Lingen (KWL)	BWR	183	01/07/68	05/01/77	9	Planta experimental combinando combustível nuclear e fóssil
Spain	Jose Cabrera-1	PWR	141	14/07/68	30/04/06	38	Desligamento decidido pelo Governo após problema de segurança.
Netherlands	Dodewaard	BWR	55	18/10/68	26/03/97	28	Planta para desenvolvimento tecnológico de projeto e construção de usinas nucleares
Germany	Obrigheim (KWO)	PWR	340	29/10/68	11/05/05	37	Decisão de desligamento de acordo com plano de desligamento progressivo das usinas nucleares na Alemanha
Germany	HDR Groszweilheim	BWR	25	14/10/69	20/04/71	2	Reator protótipo de BWR
Russia	Novovoronezh-2	PWR	336	27/12/69	29/08/90	21	Desligamento devido aos elevados custos para atualizar o projeto em atendimento a novos requisitos de segurança.

Tabela 3 – Reatores PWR, PHWR e BWR desligados de forma permanente até junho de 2013 que entraram em operação antes de 1970

(fonte de dados dos reatores: site IAEA em junho de 2013; características do projeto e razão para desligamento através de pesquisa na internet)

Conforme pode ser visto, embora os objetivos de sua construção e o estágio tecnológico à época justifiquem uma vida útil reduzida, cerca da metade destes reatores operou por mais 20 anos, sendo que alguns operaram por mais de 30 anos.

Deduzindo-se então dos 79 reatores PWR, PHWR ou BWR que foram desligados de forma permanente até junho de 2013 estes 34 reatores que entraram em operação antes de 1970, considerando-se seu caráter experimental ou de demonstração, restam 45 reatores para serem analisados.

### Reatores desligados por decisão de governo de redução da geração nucleoe elétrica

A Tabela 4 a seguir apresenta 11 reatores desligados em função de decisões políticas de governo de redução da utilização da fonte nuclear para geração de energia elétrica.

Identificação da Unidade		Tecnologia	Porte da Unidade	Histórico da Unidade			
País	Nome	Tipo do Reator	Potência (MWe)	Primeira Conexão à Rede	Data de Desligamento Definitivo	Tempo Total de Vida em Operação	Razão para Desligamento Definitivo
<b>REATORES DESLIGADOS POR POLÍTICA DE GOVERNO (11)</b>							
Germany	Stade (KKS)	PWR	640	29/01/72	14/11/03	31	Decisão de desligamento de acordo com plano de desligamento progressivo das usinas nucleares na Alemanha
Germany	Biblis-A (KWB A)	PWR	1167	25/08/74	06/08/11	36	Decisão de desligamento de acordo com plano de desligamento progressivo das usinas nucleares na Alemanha
Germany	Bliblis-B (KWB B)	PWR	1240	25/04/76	06/08/11	35	Decisão de desligamento de acordo com plano de desligamento progressivo das usinas nucleares na Alemanha
Germany	Neckarwestheim-1 (GKN 1)	PWR	785	03/06/76	06/08/11	35	Decisão de desligamento de acordo com plano de desligamento progressivo das usinas nucleares na Alemanha
Germany	Brunsbüttel (KKB)	BWR	771	13/07/76	06/08/11	35	Decisão de desligamento de acordo com plano de desligamento progressivo das usinas nucleares na Alemanha
Germany	Unterweser (KKU)	PWR	1345	29/09/78	06/08/11	32	Decisão de desligamento de acordo com plano de desligamento progressivo das usinas nucleares na Alemanha
Germany	Isar-1 (KKI 1)	BWR	878	03/12/77	06/08/11	33	Decisão de desligamento de acordo com plano de desligamento progressivo das usinas nucleares na Alemanha
Germany	Philippsburg-1 (KKP 1)	BWR	890	05/05/79	06/08/11	32	Decisão de desligamento de acordo com plano de desligamento progressivo das usinas nucleares na Alemanha
Sweden	Barseback-1	BWR	600	15/05/75	30/11/99	24	Decisão de desligamento de acordo com plano de desligamento progressivo das usinas nucleares na Suécia.
Sweden	Barseback-2	BWR	600	21/03/77	31/05/05	28	Decisão de desligamento de acordo com plano de desligamento progressivo das usinas nucleares na Suécia.
Italy	Caorso	BWR	860	23/05/78	01/07/90	12	Decisão de desligamento em atendimento a referendo popular.

Tabela 4 – Reatores que entraram em operação após 1970 e desligados de forma permanente até junho de 2013 por decisão política (fonte de dados dos reatores: site IAEA em junho de 2013; características do projeto e razão para desligamento através de pesquisa na internet)

O desligamento destes 11 reatores não foi determinado por problemas técnicos ou de segurança e sim por decisões políticas dos governos dos países onde os reatores se encontravam instalados. Cumpre destacar que os 8 reatores desligados na Alemanha operaram por mais de 30 anos e os dois na Suécia por mais de 20 anos.

Deduzindo-se estes reatores dos 45 a serem analisados, restam 34 que serão apreciados nos tópicos a seguir

### Reatores de concepção soviética desligados por decisão de governo por questões de padrão de segurança

A tabela 5 a seguir apresenta 12 reatores de concepção soviética desligados em países do leste europeu, em função de preocupações com o seu padrão de segurança.

Estes reatores estavam instalados em países do leste europeu e os respectivos governos, voluntária ou compulsoriamente, determinaram o seu desligamento, quando da integração destes países às atividades econômicas da União Européia.

Identificação da Unidade		Tecnologia	Porte da Unidade	Histórico da Unidade			
País	Nome	Tipo do Reator	Potência (MWe)	Primeira Conexão à Rede	Data de Desligamento Definitivo	Tempo Total de Vida em Operação	Razão para Desligamento Definitivo
<b>REATORES DE CONCEPÇÃO SOVIÉTICA, DESLIGADOS EM FUNÇÃO DO BAIXO PADRÃO DE SEGURANÇA (12)</b>							
Bulgaria	Kozloduy-1	PWR	408	24/07/74	31/12/02	28	Desligamento em razão de pressões da EU em função do baixo padrão de segurança da instalação
Bulgaria	Kozloduy-2	PWR	408	24/08/75	31/12/02	27	Desligamento em razão de pressões da EU em função do baixo padrão de segurança da instalação
Armenia	Armenia-1	PWR	376	22/12/76	25/02/89	12	Desligamento em razão de pressões da EU e USA em função do baixo padrão de segurança da instalação
Slovakia	Bohunice-1	PWR	408	17/12/78	31/12/06	28	Desligamento em razão de pressões da EU em função do baixo padrão de segurança da instalação
Slovakia	Bohunice-2	PWR	408	26/03/80	31/12/08	28	Desligamento em razão de pressões da EU em função do baixo padrão de segurança da instalação
Bulgaria	Kozloduy-3	PWR	408	17/12/80	31/12/06	26	Desligamento em razão de pressões da EU em função do baixo padrão de segurança da instalação
Bulgaria	Kozloduy-4	PWR	408	17/05/82	31/12/06	24	Desligamento em razão de pressões da EU em função do baixo padrão de segurança da instalação
Germany	Greifswald-1 (KGR-1)	PWR	408	17/12/73	14/02/90	16	Reatores de concepção soviética (VVER). Decisão de desligamento por razões econômicas, em função dos elevados custos para adequar os reatores aos padrões dos reatores ocidentais.
Germany	Greifswald-2 (KGR-2)	PWR	408	23/12/74	14/02/90	15	Reatores de concepção soviética (VVER). Decisão de desligamento por razões econômicas, em função dos elevados custos para adequar os reatores aos padrões dos reatores ocidentais.
Germany	Greifswald-3 (KGR-3)	PWR	408	24/10/77	28/02/90	12	Reatores de concepção soviética (VVER). Decisão de desligamento por razões econômicas, em função dos elevados custos para adequar os reatores aos padrões dos reatores ocidentais.
Germany	Greifswald-4 (KGR-4)	PWR	408	03/09/79	22/07/90	10	Reatores de concepção soviética (VVER). Decisão de desligamento por razões econômicas, em função dos elevados custos para adequar os reatores aos padrões dos reatores ocidentais.
Germany	Greifswald-5 (KGR-5)	PWR	408	24/04/89	24/11/89	0	Reatores de concepção soviética (VVER). Decisão de desligamento por razões econômicas, em função dos elevados custos para adequar os reatores aos padrões dos reatores ocidentais.

Tabela 5 – Reatores de concepção soviética que entraram em operação após 1970 e desligados de forma permanente até junho de 2013 em função de integração dos países ao mercado da EU (fonte de dados dos reatores: site IAEA em junho de 2013; características do projeto e razão para desligamento através de pesquisa na internet)

No caso da Alemanha, os reatores em questão operavam na antiga Alemanha Oriental e, após a integração, foram desligados por não atenderem aos critérios de segurança vigentes na Alemanha Ocidental.

No caso dos demais, os países foram instados a desligarem os reatores como condição imposta pela União Européia para que estes países tivessem acesso a benefícios econômicos da integração à comunidade européia.

Estes reatores, da mesma forma que os reatores mostrados na tabela 4, tiveram seu desligamento determinado não por problemas técnicos de operação, mas sim por decisões de governo, nesse caso associadas à integração dos países do leste europeu à União Européia.

Assim sendo, dos 79 reatores utilizando tecnologias PWR, BWR e PHWR e desligados até junho de 2013, descontados os reatores que entraram em operação antes de 1970, de característica experimental, e aqueles desligados por decisões políticas de governo, restam ainda 22 a serem analisados.

### Reatores destruídos pela ocorrência de acidentes severos

Dos 22 reatores restantes, 5 foram desligados após sofrerem acidentes de grandes proporções, nos quais se deu a fusão do núcleo do reator, um nos Estados Unidos, no acidente de Three Mile Island em 1979, e quatro no Japão, em 2011, no acidente da central de Fukushima Daiichi.

O reator 4 da usina de Chernobyl, também destruído em um acidente nuclear de grandes proporções, não consta deste grupo, por já estar incluído no grupo de reatores com tecnologias abandonadas, listados na tabela 1.

A tabela 6 a seguir apresenta mais informações sobre estes 5 reatores.

Identificação da Unidade		Tecnologia	Porte da Unidade	Histórico da Unidade			
País	Nome	Tipo do Reator	Potência (MWe)	Primeira Conexão à Rede	Data de Desligamento Definitivo	Tempo Total de Vida em Operação	Razão para Desligamento Definitivo
<b>REATORES DESTRUÍDOS PELA OCORRÊNCIA DE ACIDENTES SEVEROS (5)</b>							
Japan	Fukushima-Daichi-1	BWR	439	17/11/70	19/05/11	40	Fechamento em função de danos extensivos aos reatores e às instalações como resultado da ocorrência de terremoto seguido de tsunami.
Japan	Fukushima-Daichi-2	BWR	760	24/12/73	19/05/11	37	Fechamento em função de danos extensivos aos reatores e às instalações como resultado da ocorrência de terremoto seguido de tsunami.
Japan	Fukushima-Daichi-3	BWR	760	26/10/74	19/05/11	36	Fechamento em função de danos extensivos aos reatores e às instalações como resultado da ocorrência de terremoto seguido de tsunami.
Japan	Fukushima-Daichi-4	BWR	760	24/02/78	19/05/11	33	Fechamento em função de danos extensivos aos reatores e às instalações como resultado da ocorrência de terremoto seguido de tsunami.
USA	Three Mile Island-2	PWR	880	21/04/78	28/03/79	0	Ocorrência de acidente com danos ao reator.

Tabela 6 - Reatores destruídos pela ocorrência de acidentes severos  
(fonte de dados dos reatores: site IAEA em junho de 2013;  
características do projeto e razão para desligamento através de pesquisa na internet)

Importante notar que os reatores da Central de Fukushima Daiichi operaram até muito próximo da vida útil de projeto de 40 anos, tendo interrompido sua operação pelo acidente provocado pelo terremoto seguido de tsunami.

Considerados estes reatores, restam ainda 16 reatores a serem analisados.

### **Reatores desligados por razões econômicas, normalmente associadas a problemas técnicos ou de segurança**

Os 15 reatores mostrados na tabela 7 a seguir foram desligados antes de completarem a sua vida útil de projeto por decisões de natureza econômica, em sua quase totalidade associada a problemas técnicos ou de segurança, cuja solução demandaria investimentos considerados pelas empresas operadoras como não oferecendo condições adequadas de retorno.



Identificação da Unidade		Tecnologia	Porte da Unidade	Histórico da Unidade			
País	Nome	Tipo do Reator	Potência (MWe)	Primeira Conexão à Rede	Data de Desligamento Definitivo	Tempo Total de Vida em Operação	Razão para Desligamento Definitivo
<b>REATORES DESLIGADOS POR RAZÕES DE NATUREZA ECONÔMICA, ASSOCIADAS A PROBLEMAS TÉCNICOS OU DE SEGURANÇA</b>							
Japan	Hamaoka-1	BWR	515	13/08/74	30/01/09	34	Decisão de desligamento considerando os elevados custos para adequar as unidades a novos requisitos de projeto sísmico
Japan	Hamaoka-2	BWR	806	04/05/78	30/01/09	30	Decisão de desligamento considerando os elevados custos para adequar as unidades a novos requisitos de projeto sísmico
Germany	Wuergrassen (KWW)	BWR	640	18/12/71	26/08/94	22	Primeiro reator BWR na Alemanha. Decisão de desligamento em função dos elevados custos para reparos em equipamentos do circuito primário.
Germany	Kruemmel (KKK)	BWR	1346	28/09/83	06/08/11	27	Decisão de desligamento após incêndios nos transformadores e controvérsias sobre a segurança da unidade.
Germany	Muelheim-Kaerlich (KMK)	PWR	1219	14/03/86	09/09/88	2	Decisão de desligamento pela justiça em função da dificuldade para atendimento a exigências da licença de construção, relacionadas com o projeto sísmico da unidade.
Canada	Pickering-2	PHWR	515	06/10/71	28/05/07	35	Decisão de desligamento em função de riscos financeiros para a atualização das duas unidades.
Canada	Pickering-3	PHWR	515	03/05/72	31/10/08	36	Decisão de desligamento em função de riscos financeiros para a atualização das duas unidades.
USA	Millstone-1	BWR	641	29/11/70	01/07/98	27	Decisão de desligamento após questionamentos relacionados à segurança da unidade.
USA	Maine Yankee	PWR	860	08/11/72	01/08/97	24	Decisão de desligamento em função dos elevados custos para atender requisitos de segurança
USA	Zion-1	PWR	1040	28/06/73	13/02/98	24	Decisão de desligamento por razões econômicas, considerando elevados custos de manutenção, incluindo a troca dos GVs
USA	Zion-2	PWR	1040	26/12/73	13/02/98	24	Decisão de desligamento por razões econômicas, considerando elevados custos de manutenção, incluindo a troca dos GVs
USA	Kewaunee	PWR	566	08/04/74	07/05/13	39	Desligada por razões econômicas (baixa competitividade com alternativa de geração a gás)
USA	Rancho Seco-1	PWR	873	13/10/74	07/06/89	14	Decisão de desligamento após problemas de segurança e referendo popular.
USA	Trojan	PWR	1095	23/12/75	09/11/92	16	Decisão de desligamento por razões econômicas, considerando os elevados custos para atender requisitos de segurança relacionados com requisitos sísmicos e troca dos GVs.
USA	Crystal River-3	PWR	860	30/01/77	05/02/13	36	Decisão de desligamento em função de problemas técnicos na contenção de concreto durante os trabalhos preparatórios para a troca dos GVs
USA	Shoreham	BWR	820	01/08/86	01/05/89	2	Decisão de desligamento por acordo com o governo local, em função de questionamentos sobre o plano de emergência

**Tabela 7 - Reatores desligados por razões econômicas, normalmente associadas a problemas técnicos ou de segurança**  
(fonte de dados dos reatores: site IAEA em junho de 2013;  
características do projeto e razão para desligamento através de pesquisa na internet)

Os dois primeiros reatores da lista, na central de Hamaoka, operaram por mais de 30 anos, correspondendo a cerca de 80% da sua vida útil projetada, e foram desligados por uma decisão econômica, considerando os custos que seriam incorridos para adequar as duas unidades aos requisitos sísmicos mais rigorosos estabelecidos pelas autoridades regulatórias do Japão após o terremoto de Niigata-Chuetsu-Oki em julho de 2007.

Os três reatores citados na Alemanha foram desligados após avaliação dos custos necessários para reparar problemas técnicos verificados durante sua operação ou atender a exigências de licenciamento para a continuação da operação.

Os reatores 2 e 3 da central de Pickering no Canadá operaram por mais de 35 anos e foram desligados de forma definitiva em função dos riscos financeiros associados ao processo de melhoria de sistemas de segurança requerido pela autoridade reguladora canadense.

Dos nove reatores nos Estados Unidos citados na lista, quatro, Zion 1 e 2, Trojan e Chrystal River 3, foram desligados de forma definitiva por razões econômicas, considerando a pouca atratividade econômica para realização dos investimentos necessários para a troca dos Geradores de Vapor, considerando as tarifas de comercialização da energia à época. Outros dois, Milestone 1 and Maine Yankee, foram desligados em função dos elevados custos para atender a requisitos de segurança. Outros dois, Rancho Seco 1 e Shoreham, foram desligados em função de ações populares. O último, Kenawee, foi desligado após 39 anos de operação, praticamente atingindo o tempo de vida útil projetada, em função do baixo preço de comercialização da energia elétrica à época, o que tornava antieconômicos os investimentos necessários a estender a vida útil da unidade.

Por último, resta o reator mostrado na tabela 8 a seguir, que foi desligado após operar por toda a sua vida útil projetada de 40 anos.

Identificação da Unidade		Tecnologia	Porte da Unidade	Histórico da Unidade			
País	Nome	Tipo do Reator	Potência (MWe)	Primeira Conexão à Rede	Data de Desligamento Definitivo	Tempo Total de Vida em Operação	Razão para Desligamento Definitivo
<b>REATORES DESLIGADOS APÓS ATINGIR A SUA VIDA ÚTIL PROJETADA DE OPERAÇÃO</b>							
Canada	Gentilly-2	PHWR	635	04/12/82	28/12/12	30	Decisão de não estender a vida útil por razões econômicas

Tabela 8 – Reator desligado de forma permanente após operar por toda a sua vida útil  
(fonte de dados dos reatores: site IAEA em junho de 2013;  
características do projeto e razão para desligamento através de pesquisa na internet)

## Conclusões

A análise feita para os 145 reatores desligados de forma permanente até junho de 2013 mostrou que:

- 66 reatores utilizam tecnologias abandonadas ou de participação inexpressiva no mercado atual e futuro, de tal forma que a análise de seu histórico operacional não é relevante para extrapolações quanto à performance dos reatores em operação ou em construção;
- 34 reatores dos desligados de forma permanente até junho de 2013, de tecnologia PWR, PHWR e BWR, dominantes no mercado atual e futuro, entraram em operação antes de 1970, em sua grande maioria reatores experimentais ou de demonstração, de baixa potência, incluindo alguns reatores de maior potência construídos como primeiros modelos para geração em um nível de potência mais elevado, cujo desligamento prematuro não pode, da mesma forma, ser considerado para extrapolações quanto à performance dos reatores em operação ou em construção;
- 11 reatores dos desligados de forma permanente até junho de 2013, de tecnologia PWR e BWR, foram desligados por decisão política de governo de reduzir a participação da energia nuclear na matriz energética do país, sendo o desligamento determinado, portanto por questões não relacionadas à performance dos reatores;
- 12 reatores dos desligados de forma permanente até junho de 2013, de tecnologia PWR, correspondem a reatores de concepção soviética, instalados em países do leste europeu, e foram desligados igualmente por decisão de governo, tomada voluntária ou compulsoriamente, no processo de integração dos países às atividades econômicas da União Européia, não estando o desligamento, portanto, da mesma forma, relacionado à questão da performance dos reatores;

Estes três primeiros grupos analisados totalizam 123 dos 145 reatores desligados de forma permanente até junho de 2013, restando um total de 32 reatores, de modelos PWR, PHWR ou BWR, dominantes no mercado atual e futuro próximo de reatores, cujos desligamentos, merecem ser analisados em termos do histórico de performance no uso destas tecnologias; dentre estes 22 reatores:

- 5 foram destruídos por acidentes de grandes proporções com fusão do núcleo do reator;
- 16 foram desligados antes de atingirem a sua vida útil projetada por razões de natureza técnica e/ou econômica, normalmente associada aos custos elevados para solução de problemas técnicos ou de atendimento a requisitos de segurança mais rigorosos;
- 1 reator foi desligado após cumprir a sua vida útil projetada de 40 anos.

Sendo assim, conclui-se que dos 145 reatores desligados de forma permanente até junho de 2013 apenas 21, ou seja, 15%, são de relevância para estabelecer relação com a expectativa de performance dos reatores em operação ou em construção.

Cumpra destacar que deste universo de 21 reatores, 10 operaram por mais de 30 anos, ou seja, cumpriram mais de 75% da sua vida útil projetada, e 16 por mais de 20 anos, cumprindo, pelo menos, 50% de sua vida útil projetada.

Pode-se concluir, portanto, que o fato de 145 dos 582 reatores de potência já colocados em operação no mundo encontrarem-se hoje desligados de forma permanente não constitui indicador que coloque em suspeição a expectativa da indústria nuclear de operar os reatores hoje em funcionamento e em construção por toda a sua vida útil licenciada.

Reforça esta expectativa a tendência de aumento de potência e extensão da vida útil dos reatores em operação, em diversos países, com destaque para os Estados Unidos, que operam a maior frota de reatores do mundo, com 104 reatores em operação. Nos Estados Unidos, já em agosto de 2012, 71 usinas, totalizando 68.245 MWe, já haviam obtido a licença para extensão de sua vida útil de projeto por mais 20 anos e mais de 139 pedidos de licença para aumento de potência já haviam sido aprovados (mais de um patamar de aumento de potência em diversas unidades).