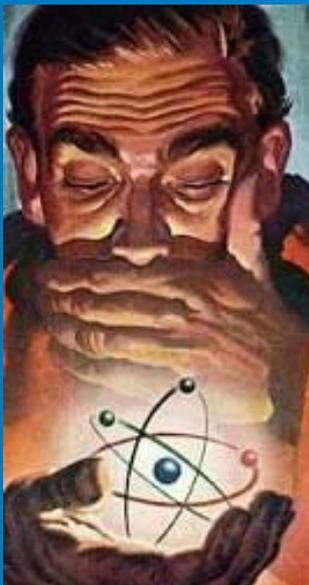




USP



1st USP Conference on Engineering
SÃO PAULO, 26 DE OUTUBRO DE 2011



**ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL:
VALE A PENA TER MAIS?**

Quatro “venenos” no debate sobre energia

- ***SECTARISMO***
- ***MITO DA PANACÉIA***
- ***POTÊNCIA x ENERGIA***
- ***MERCANTILIZAÇÃO***

Há que considerar 4 escalas de tempo



1. *HOJE (2001 – 2011)*

- *Gestão segura do SIN num cenário de geração de 2.000 MW médios térmicos na base e mais 8.000 MW médios térmicos complementares*



2. *AMANHÃ (2011 – 2020)*

- *Manter a expansão da oferta num cenário de novos aproveitamentos hidrelétricos a fio d'água e crescente geração eólica e biomassa*



3. *FUTURO PRÓXIMO (2020 – 2030)*

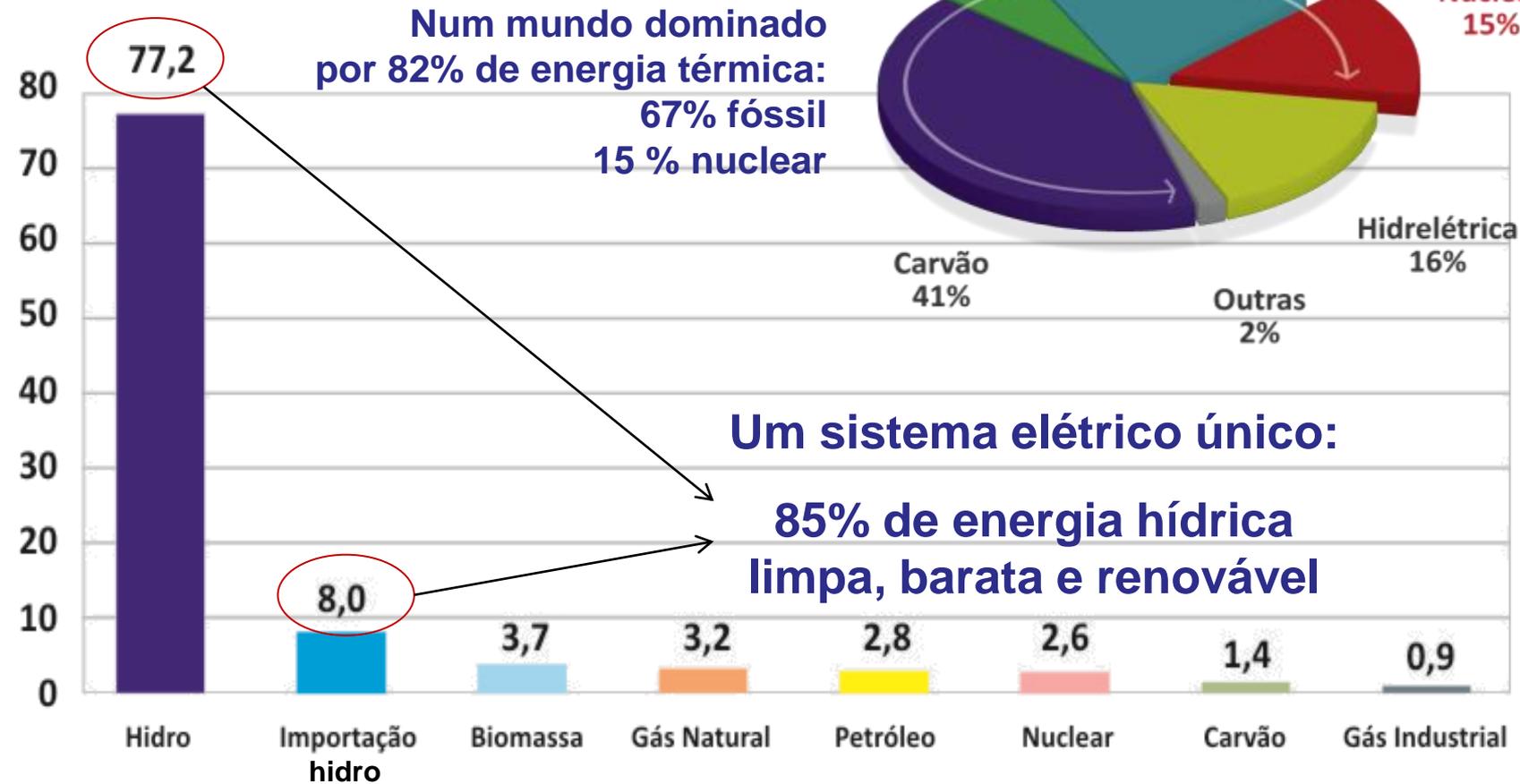
- *Manter a expansão da oferta num cenário em que se soma um potencial hidrelétrico em vias de esgotamento*

4. *FUTURO DISTANTE (2030 – 2060)*

HOJE (2001 – 2011)

Energia elétrica no Brasil

(ano base 2009)



Nota: inclui autoprodutores (47,1 TWh)

HOJE (2001 – 2011)

EMISSÕES DE CO2 EVITADAS NO BRASIL (2000 – 2006)



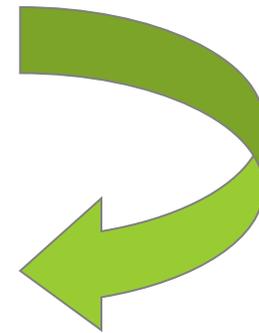
GERAÇÃO HIDRELÉTRICA:
1.677 milhões de toneladas de CO2



ÁLCOOL COMBUSTÍVEL:
165 milhões de toneladas de CO2



GERAÇÃO NUCLEOELÉTRICA:
63 milhões de toneladas de CO2

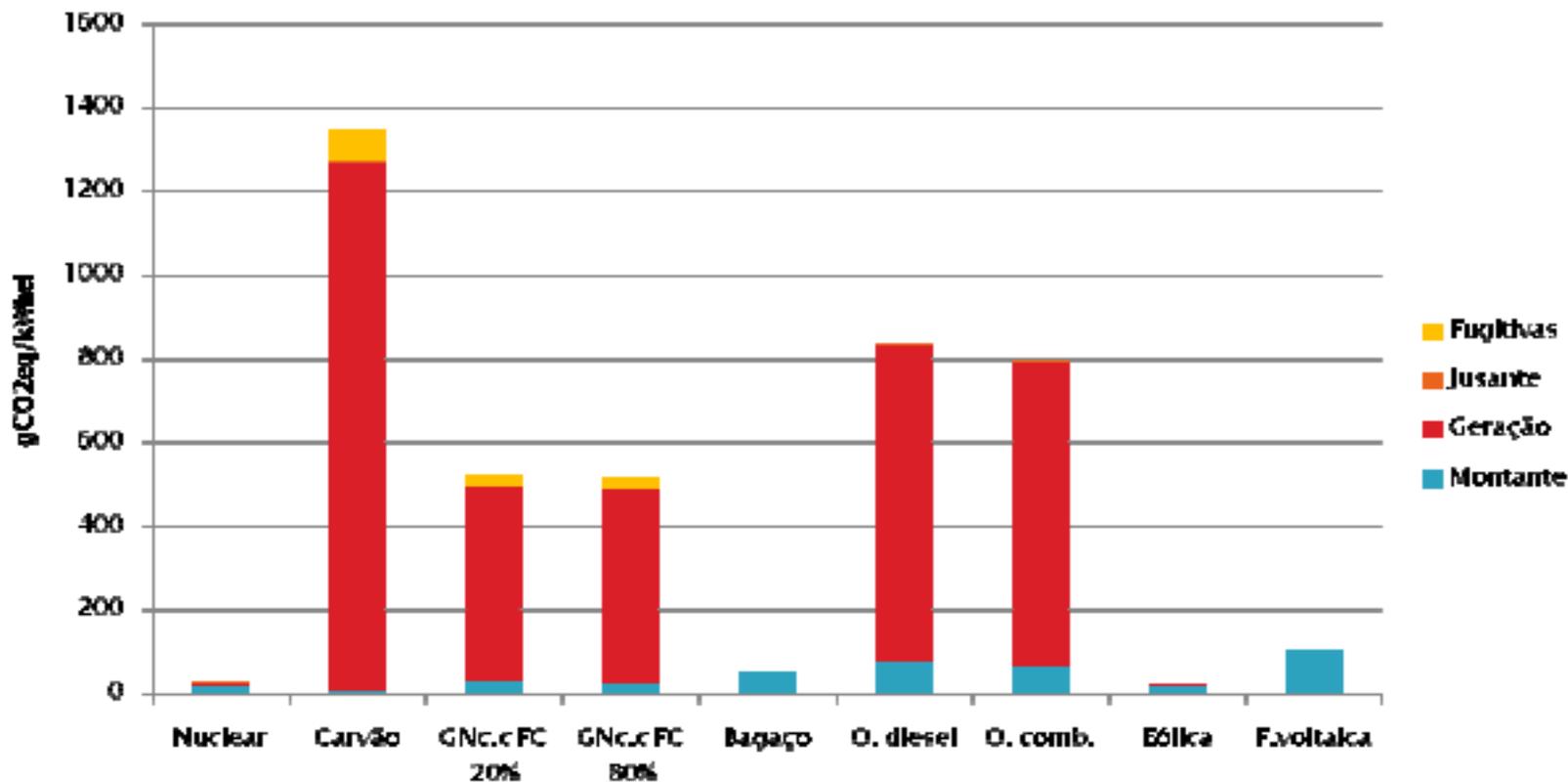


38%

HOJE (2001 – 2011)

EMISSÕES DE GEE NO BRASIL

(gramas de CO2 equivalente por Kw.hora elétrico gerado)

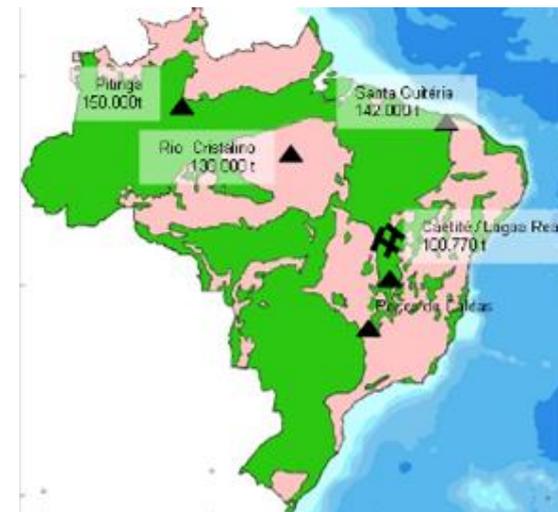
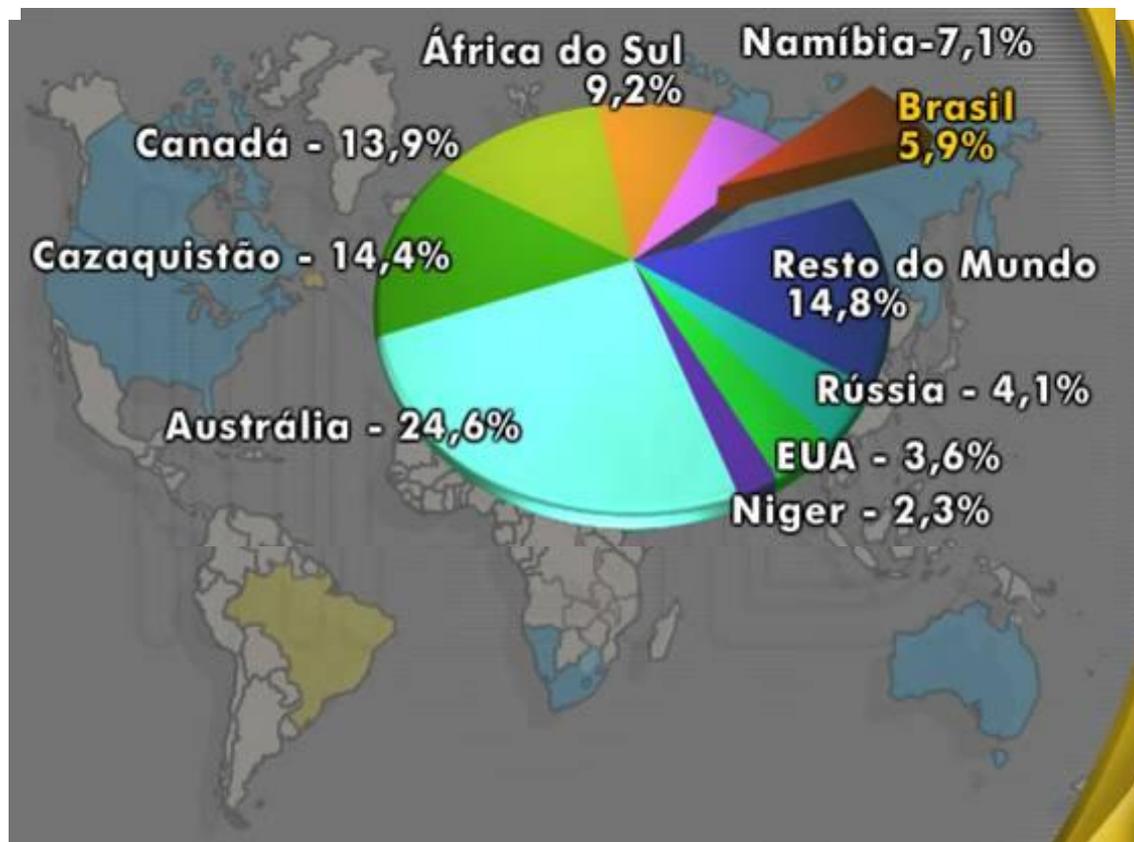


Comparação da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Geração Nuclear de Eletricidade no Brasil com as de outras fontes, Carlos Feu Alvim, Omar Campos Ferreira, Olga Mafrá Guidicini, Frida Eidelman, Paulo Achtschin Ferreira, Marco Aurélio Santos Bernardes, in Economia & Energia Ano XV No 79 Outubro/Dezembro de 2010 ISSN 1518-2932 - <http://ecen.com/>

HOJE (2001 – 2011)

RESERVAS DE URÂNIO NO BRASIL E NO MUNDO

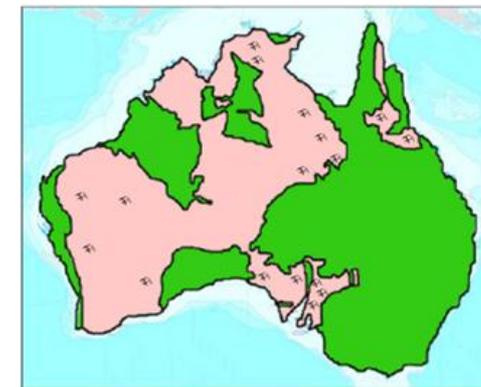
75% concentrados em 6 países



Solos pré-cambrianos

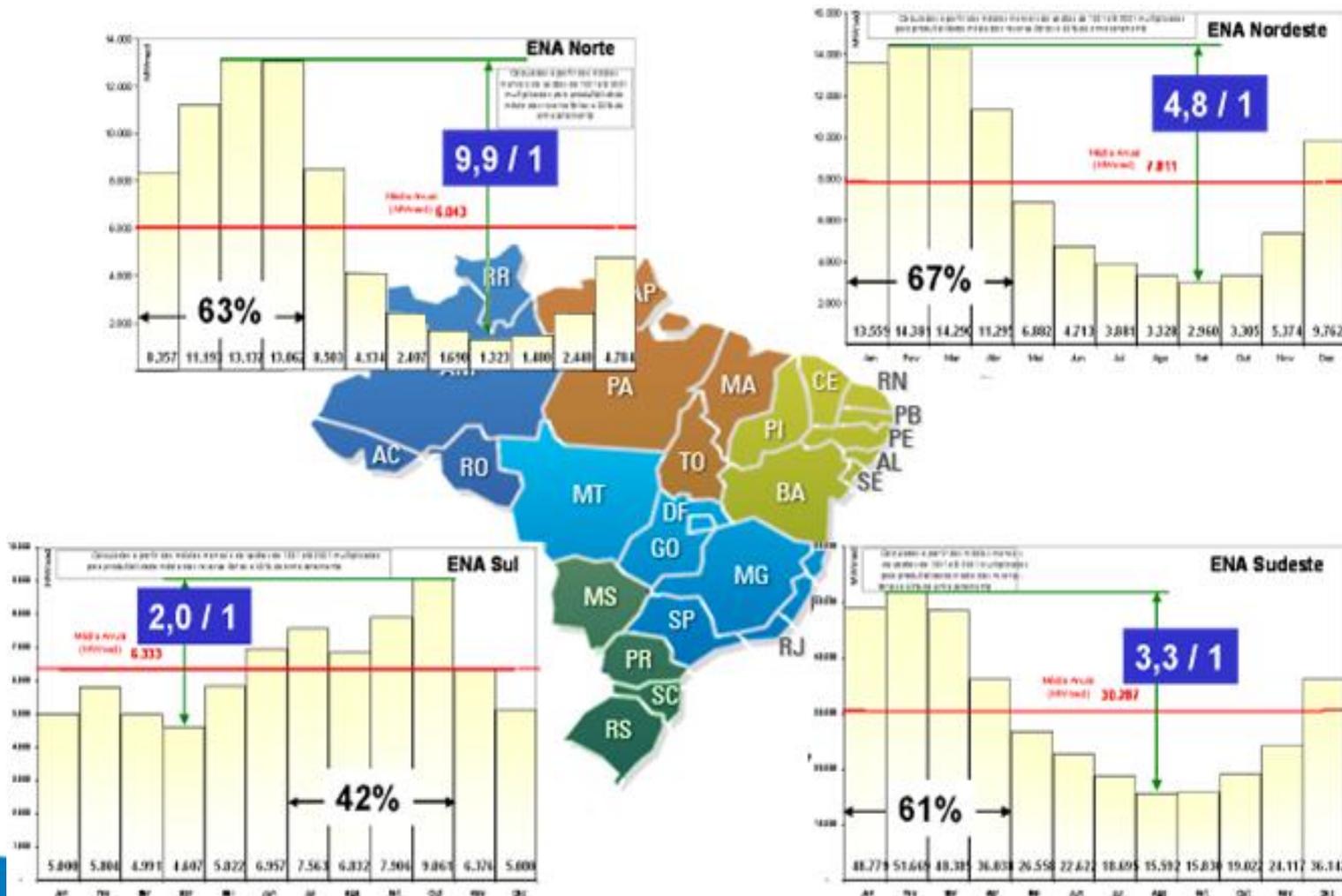
Brasil 3.400.000 km²

Austrália 3.800.000 km²



HOJE (2001 – 2011)

Sazonalidade da oferta hídrica



HOJE (2001 – 2011)

Sazonalidade da oferta hídrica

Quadrilátero dos Reservatórios (a "caixa-d'água" do Brasil)



Arquitetura Atual do SIN

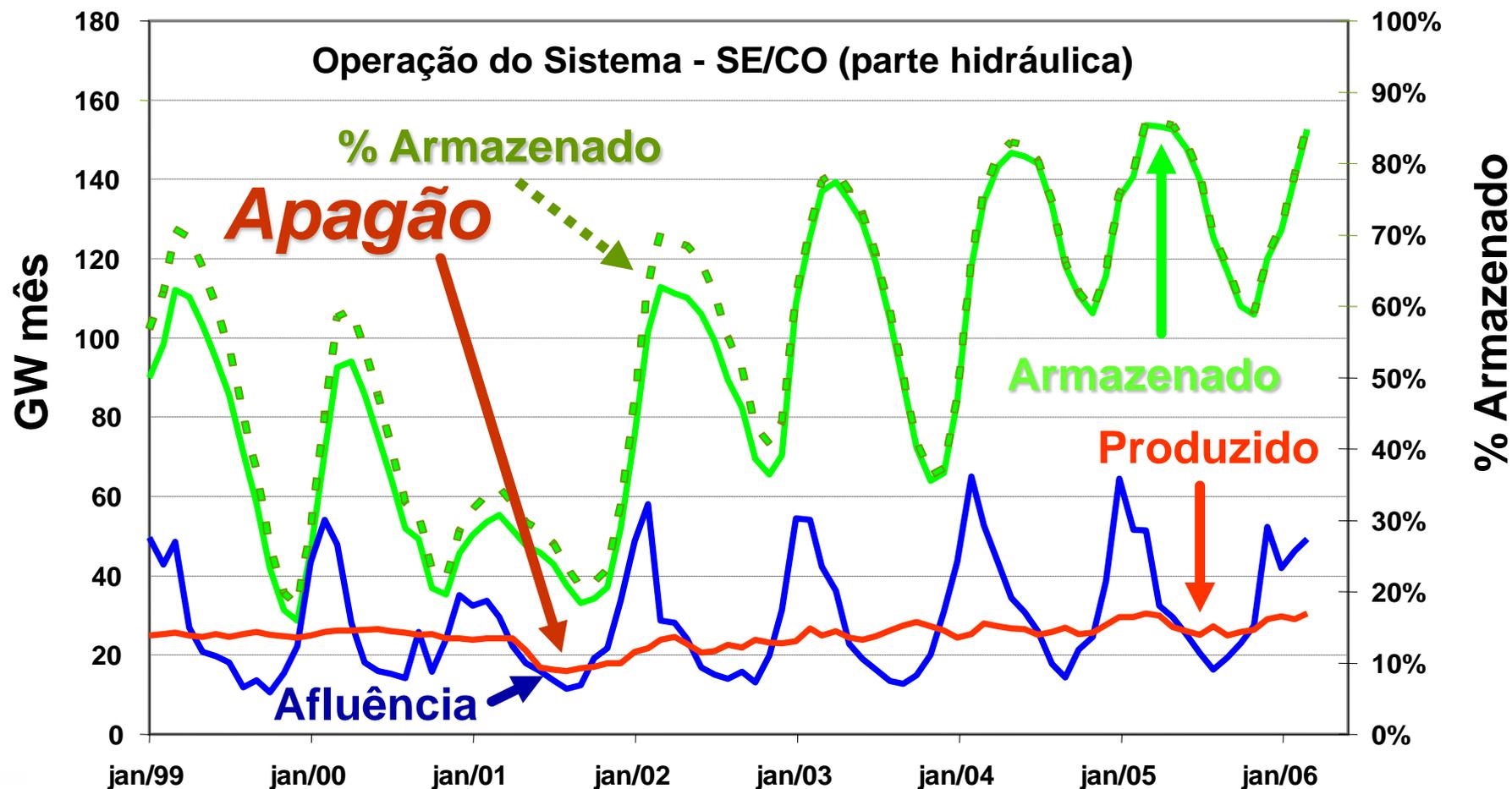


Concentra cerca de 65% da capacidade de armazenamento do País

Serra da Mesa	7,5%
Três Marias	7,2%
I. Solteira/T. Irmãos	2,2%
Bacia do Grande	21,7%
Bacia do Paranaíba	26,7%

A CRISE DE 2001

Não disponibilidade de complementação térmica

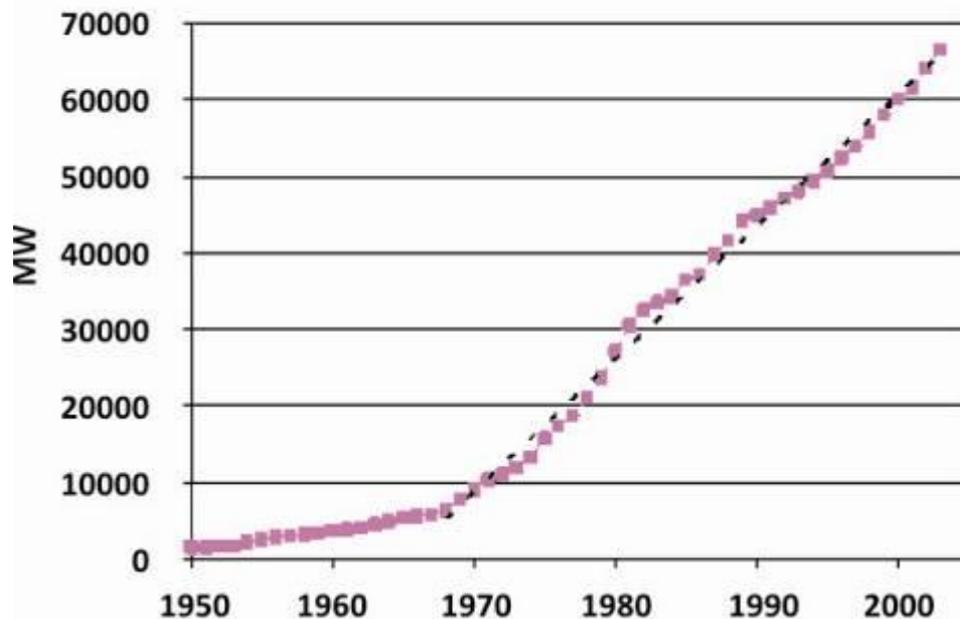


Um "Porto de Destino" para o Sistema Elétrico Brasileiro disponível em <http://ecen.com>

A CRISE DE 2001

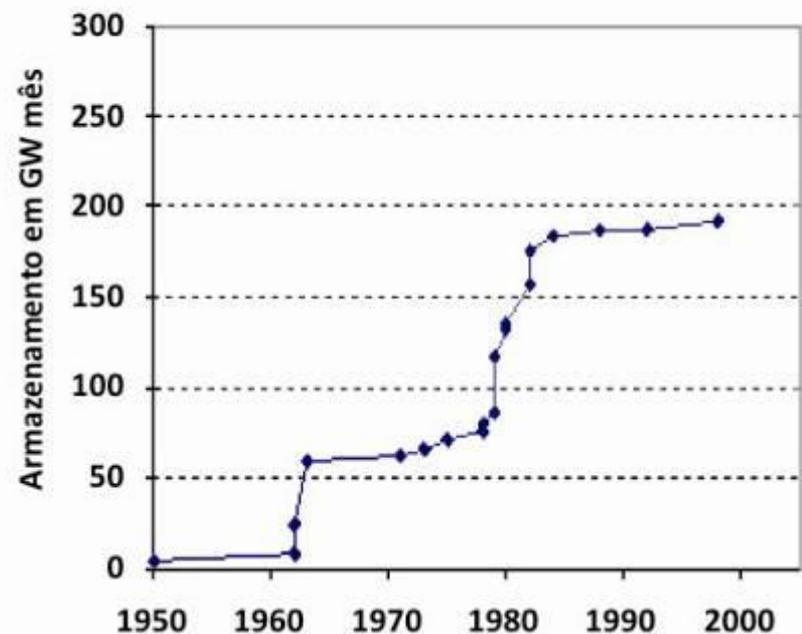
Perda da capacidade de regulação plurianual

Potência Hídrica Instalada
(Valores em MW Instalado)



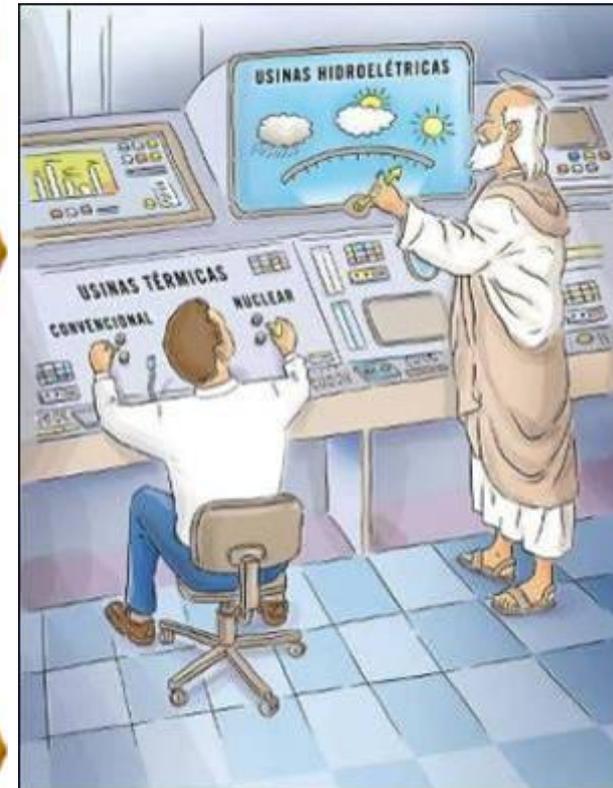
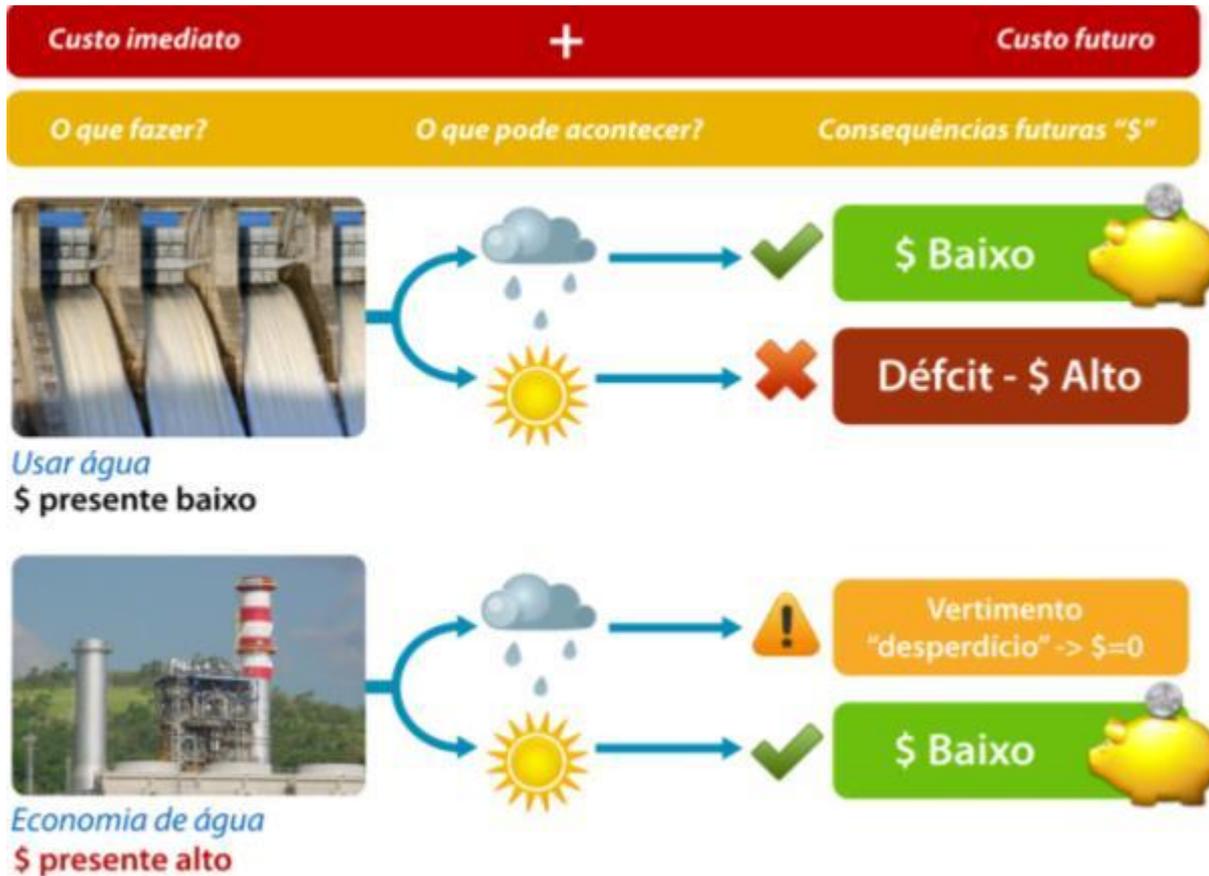
Capacidade de Armazenamento

(Usinas representando 75% do Armazenamento Total)



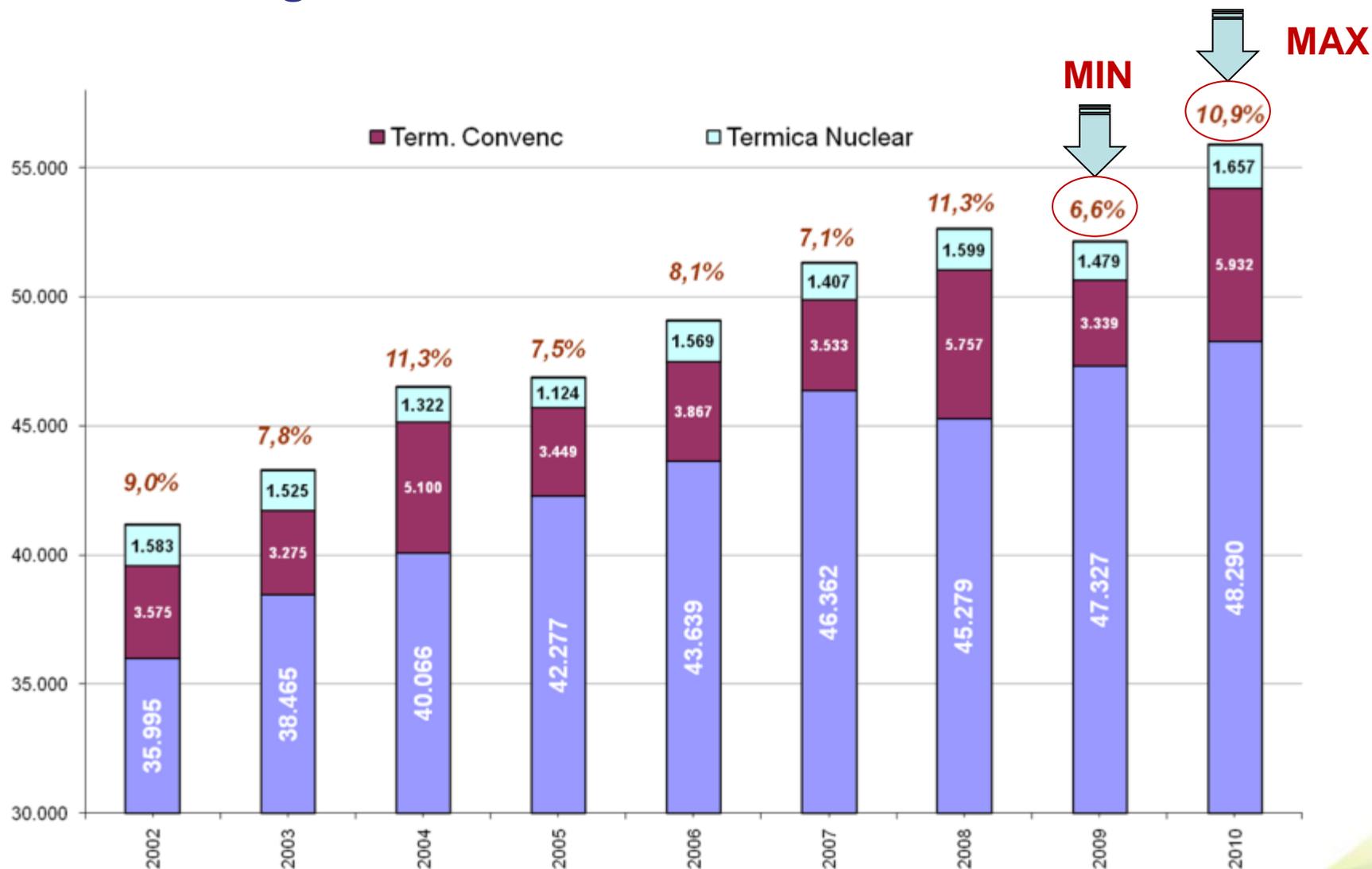
HOJE (2002 – 2011)

Gestão segura de um sistema hidrotérmico



HOJE (2002 – 2011)

Gestão segura de um sistema hidrotérmico



HOJE (2002 – 2011)

Gestão segura de um sistema hidrotérmico

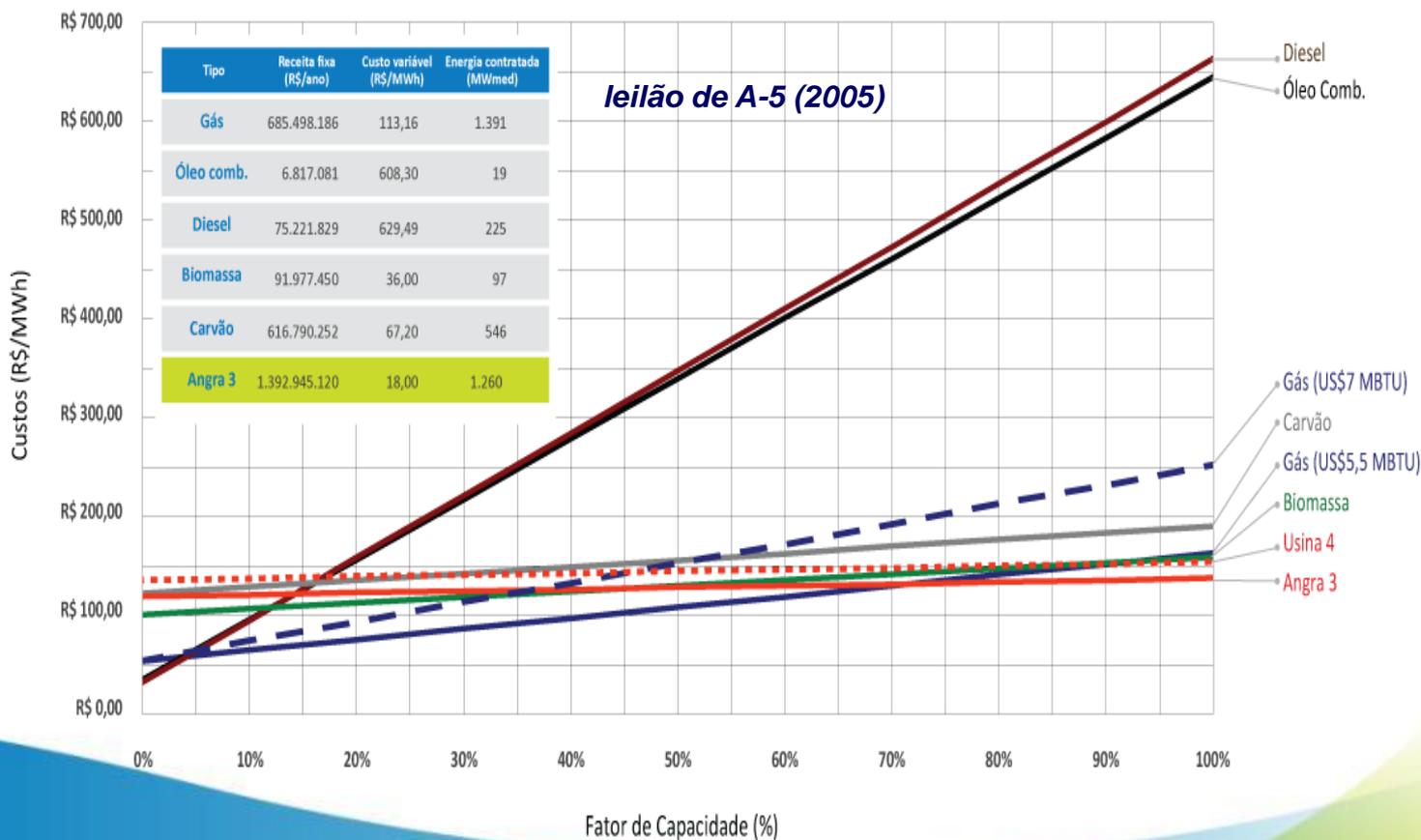
Mínima térmica mensal: 2.015 MW_{méd} (AGO2009)

Máxima térmica mensal: 9.442 MW_{méd} (JAN2010)

**FORTE VARIACÃO DO FC:
OTIMIZAÇÃO DA OFERTA**

**DISPONIBILIDADE
+ COMBUSTÍVEL**

CUSTOS DAS OPÇÕES TÉRMICAS



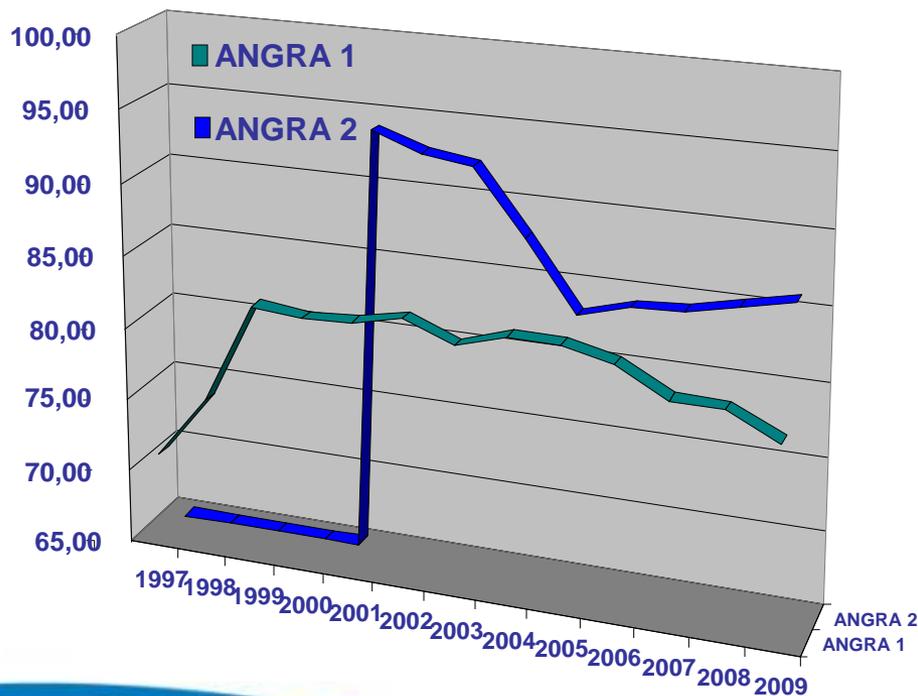
HOJE (2002 – 2011)

Operação de Angra 1 e Angra 2

150 MILHOES DE MWH GERADOS

MARCO ATINGIDO EM NOVEMBRO DE 2009

Fatores de disponibilidade



Cumulativo 1997-2009

Angra 1: 78,04%

Angra 2: 85,87%



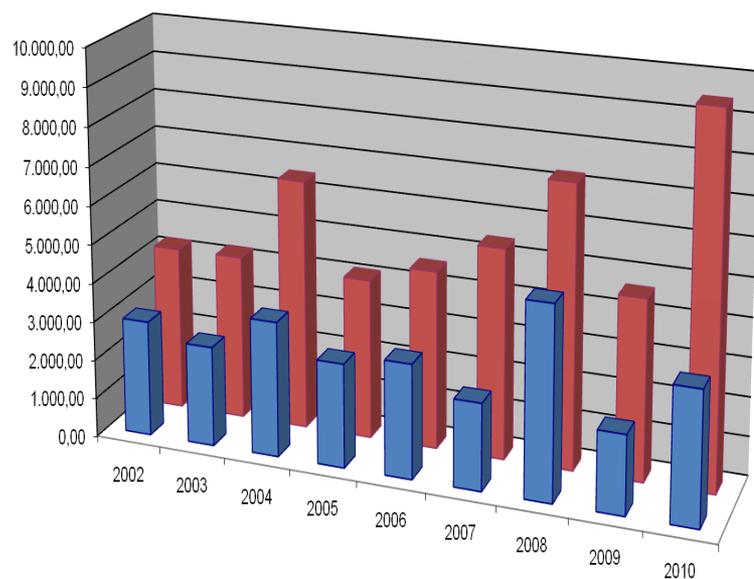
HOJE (2002 – 2011)

Gestão segura de um sistema hidrotérmico

Capacidade nuclear instalada: 2.007 MW
MÍNIMA GERAÇÃO TÉRMICA 2002 - 2010

Geração nuclear mensal média: 1.667 MWmed
—————→ 2.015 MWmed

MW médios
Geração térmica mensal no SIN:
máximos e mínimos anuais



- Sem Angra 1 e Angra 2
 - mínima geração térmica apenas pelas térmicas fósseis

custos adicionais

R\$ 2,5 bilhões para os consumidores de eletricidade (25% do investimento em Angra 3)

80 milhões de toneladas de carbono para o ambiente (40% das emissões evitadas pelo etanol)

ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL: VALE(RIA) A PENA TER MAIS?

1. HOJE (2001 – 2011)

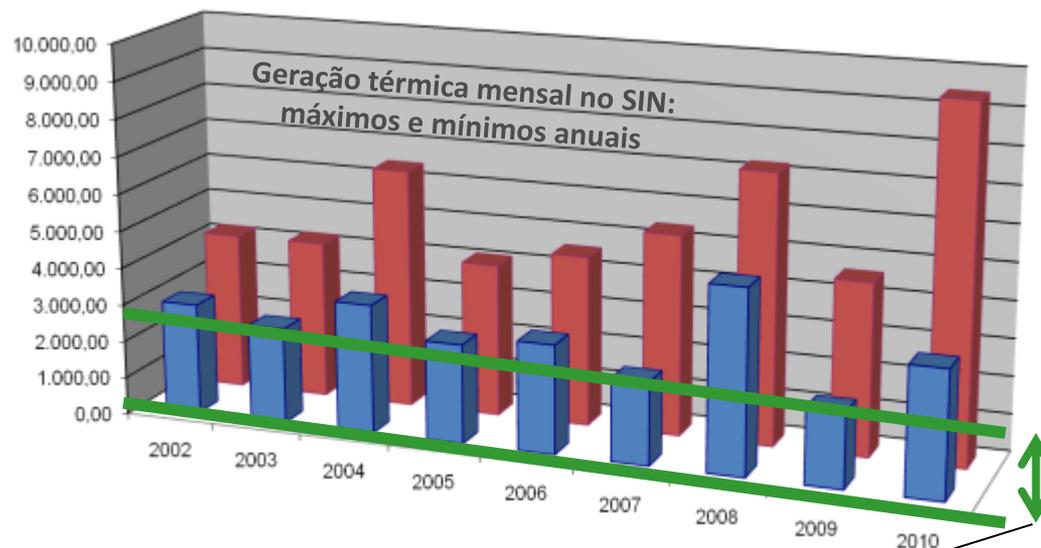
- *Gestão segura do SIN num cenário de geração de 2.000 MW médios térmicos na base e mais 8.000 MW médios térmicos complementares*

Capacidade nuclear instalada: 2.007 MW
MÍNIMA GERAÇÃO TÉRMICA 2002 – 2010
SE JÁ HOUVESSE ANGRA 3 3.412 MW

Geração nuclear mensal média: 1.667 MWmed
→ 2.015 MWmed
→ 2.778 MWmed

SIM

Atenderia a pequena parcela de geração térmica de base que o sistema tem requerido a mínimo custo e sem GEE

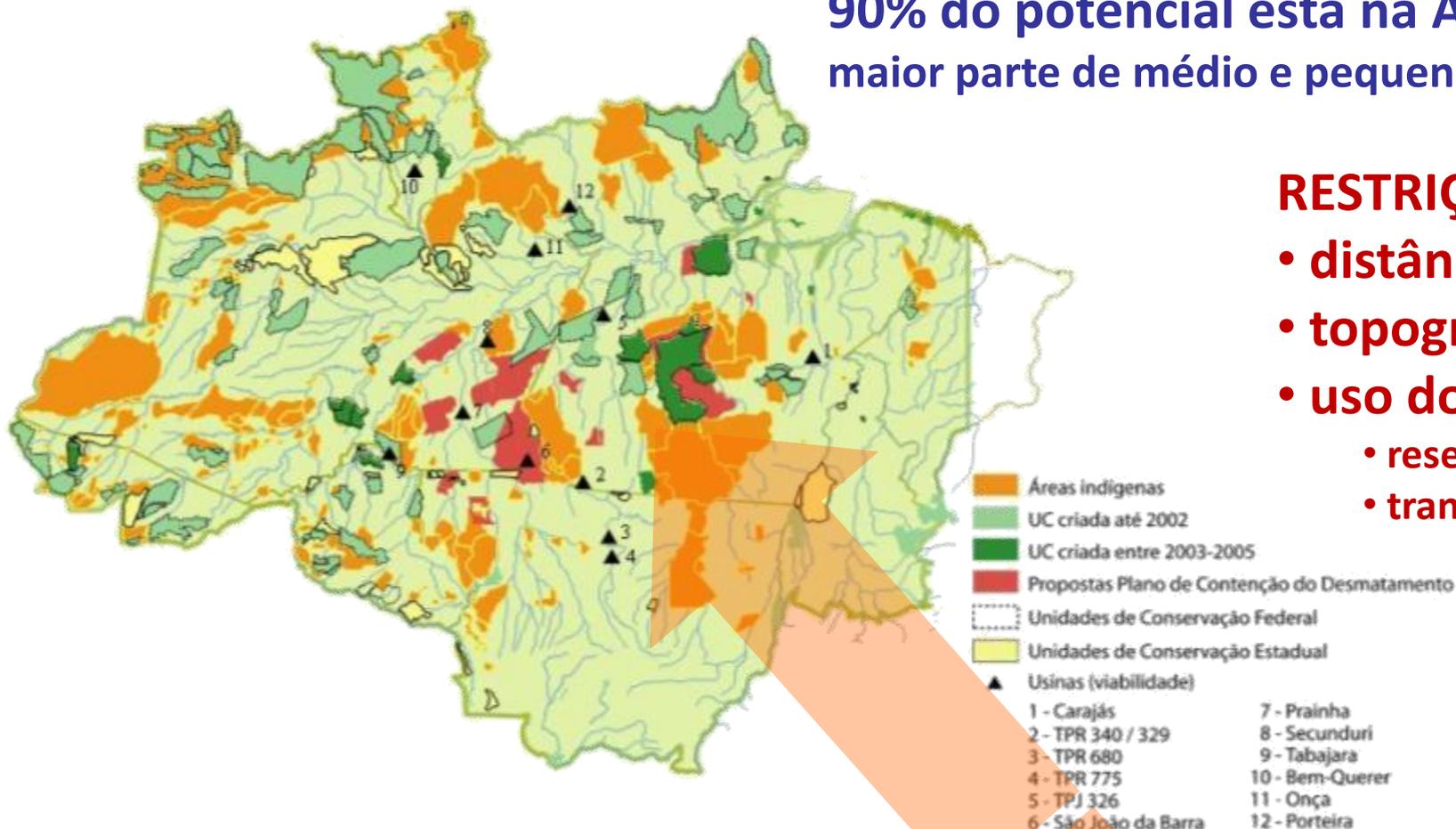


“nicho” nuclear

AMANHÃ (2011 – 2020)

Expansão da oferta hídrica

90% do potencial está na Amazônia
maior parte de médio e pequeno porte

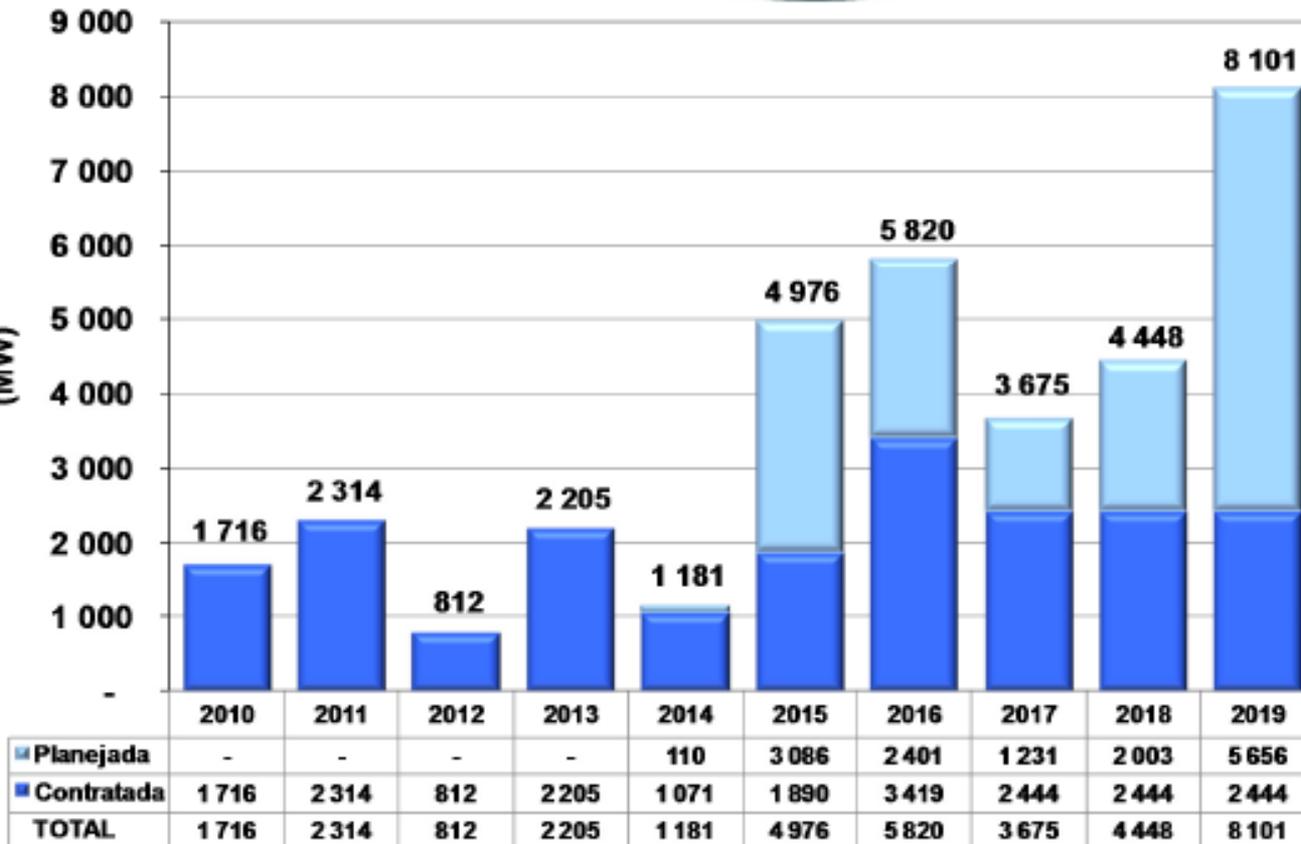


AMANHÃ (2011 – 2020)

Expansão da oferta hídrica

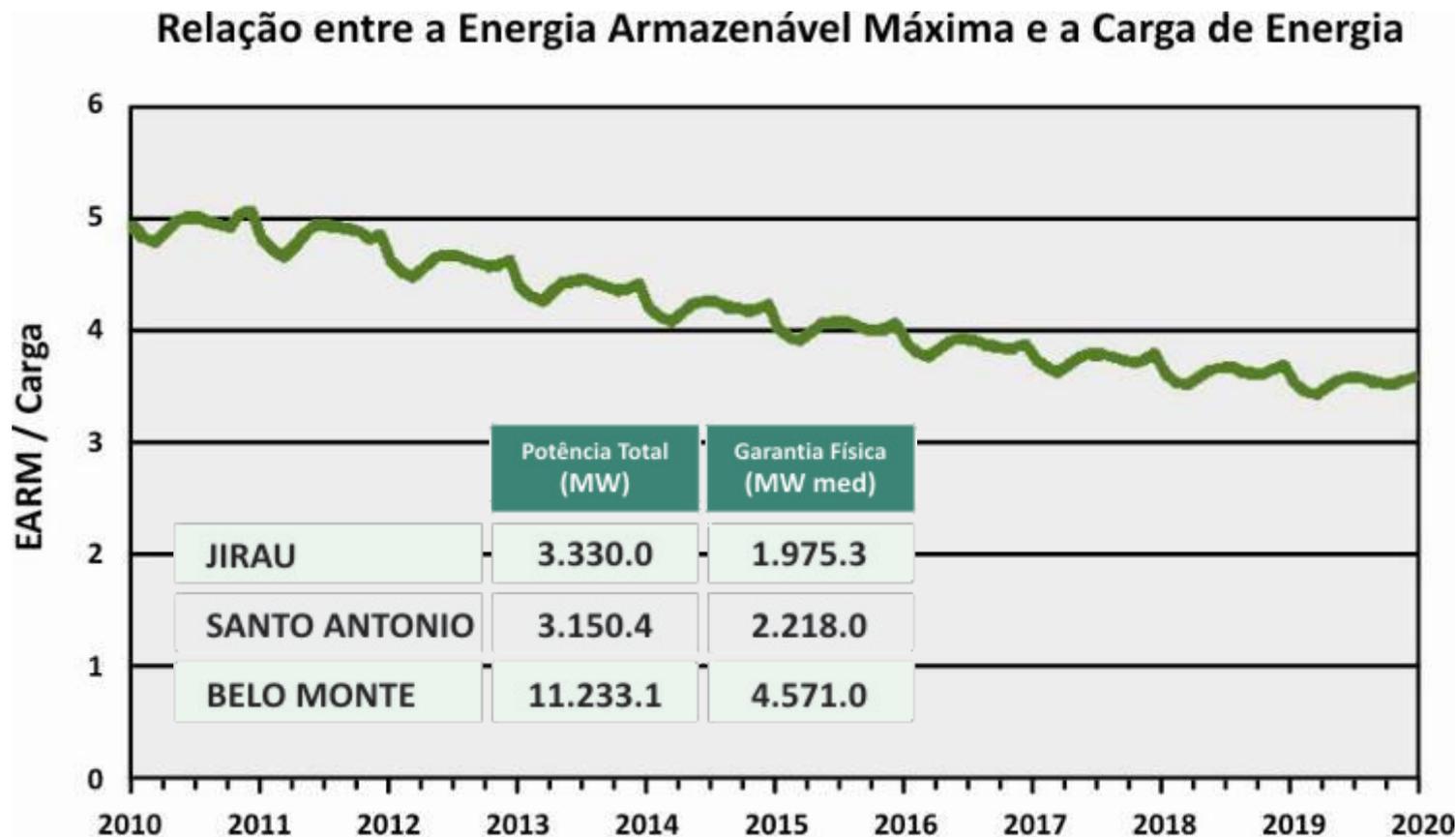
35.245 MW

Acréscimo de Potência Instalada - Hidrelétrica (MW)



AMANHÃ (2011 – 2020)

Perda da capacidade de armazenamento



Contínua perda de auto-regulação requerendo aumento nas parcelas térmicas de base e de complementação

AMANHÃ (2011 – 2020)

Efeito da regulação hidrotérmica

Hidroelétrica



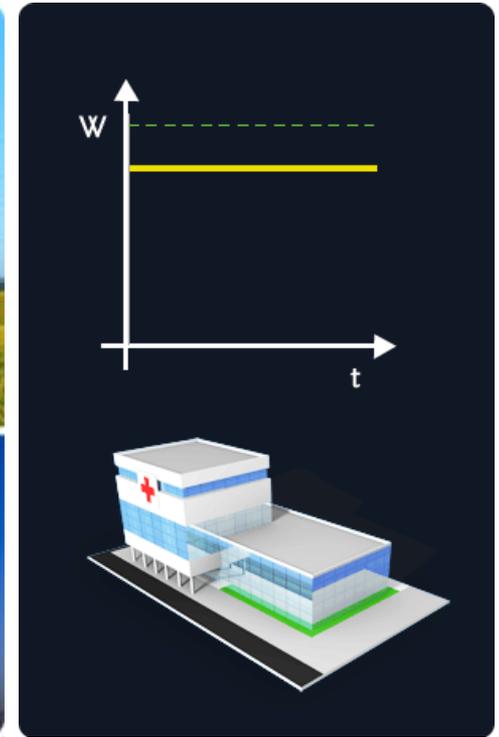
Nuclear



Gás

Carvão

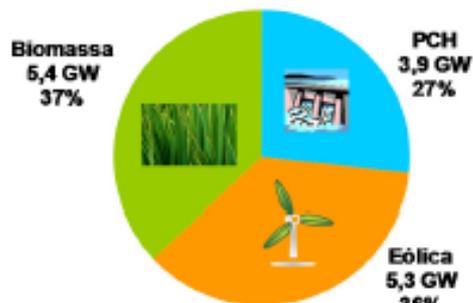
Petróleo



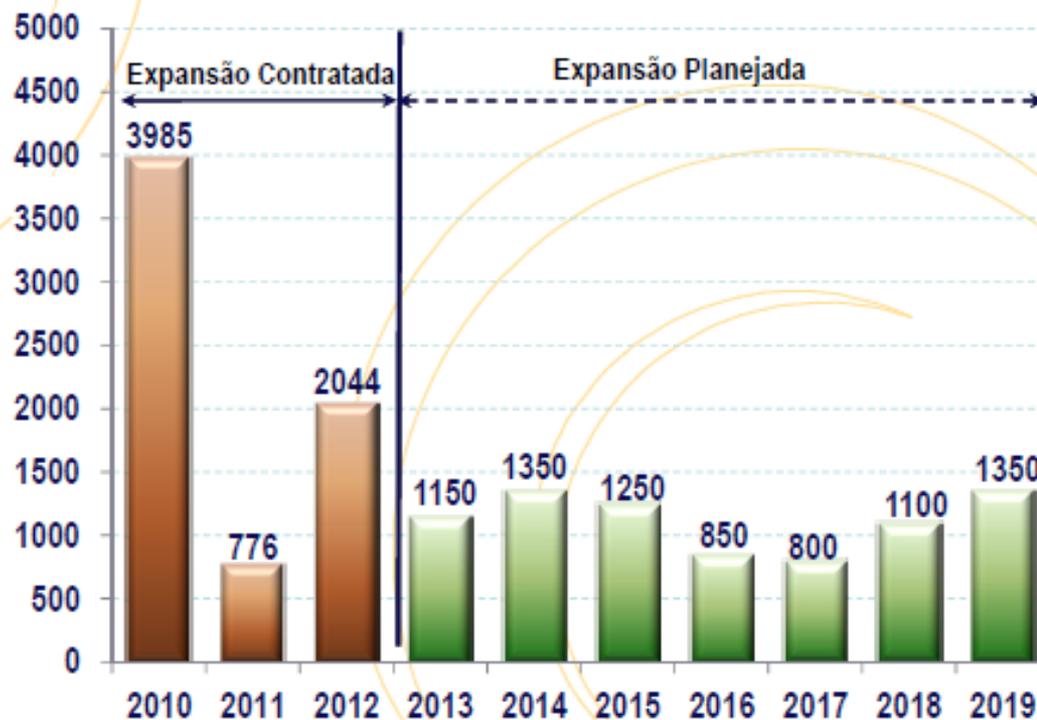
AMANHÃ (2011 – 2020)

Expansão da oferta eólica, solar e de biomassa

Expansão Contratada + Planejada



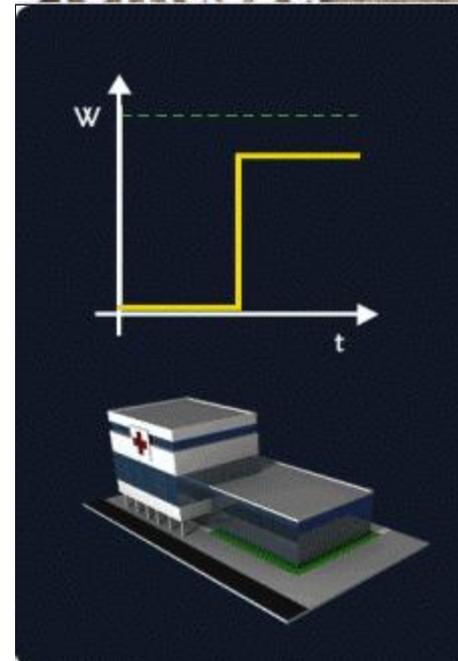
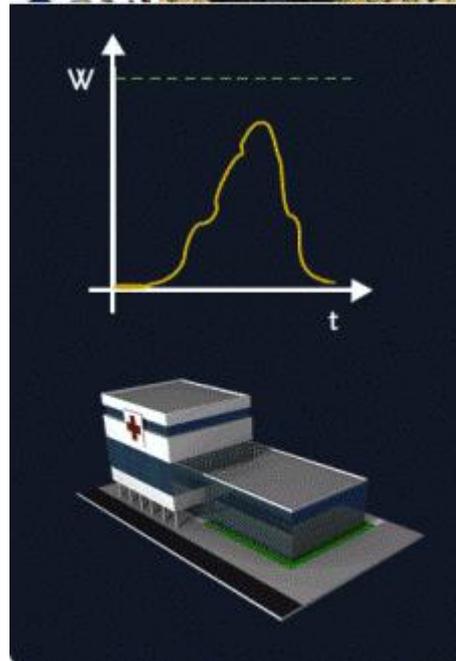
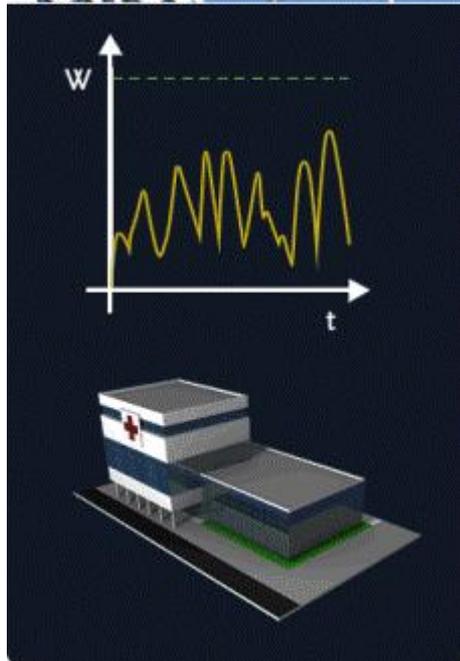
14.655 MW



Fonte: EPE (PDE 2019)

AMANHÃ (2011 – 2020)

Expansão da oferta eólica, solar e de biomassa



**Não possuem auto-regulação, requerendo complementação térmica numa dinâmica mais rápida que a hídrica
+ REGULAÇÃO TÉRMICA**

AMANHÃ (2011 – 2020)

Expansão da oferta nuclear



ANGRA 3
1.405 MW
2015

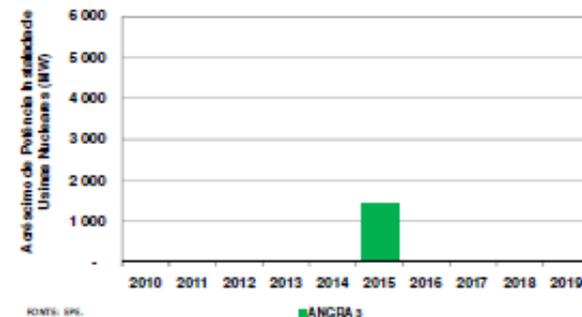


Gráfico 1B – Acréscimo de Capacidade Instalada Nuclear (MW)

AMANHÃ (2011 – 2020)

Expansão da oferta nuclear



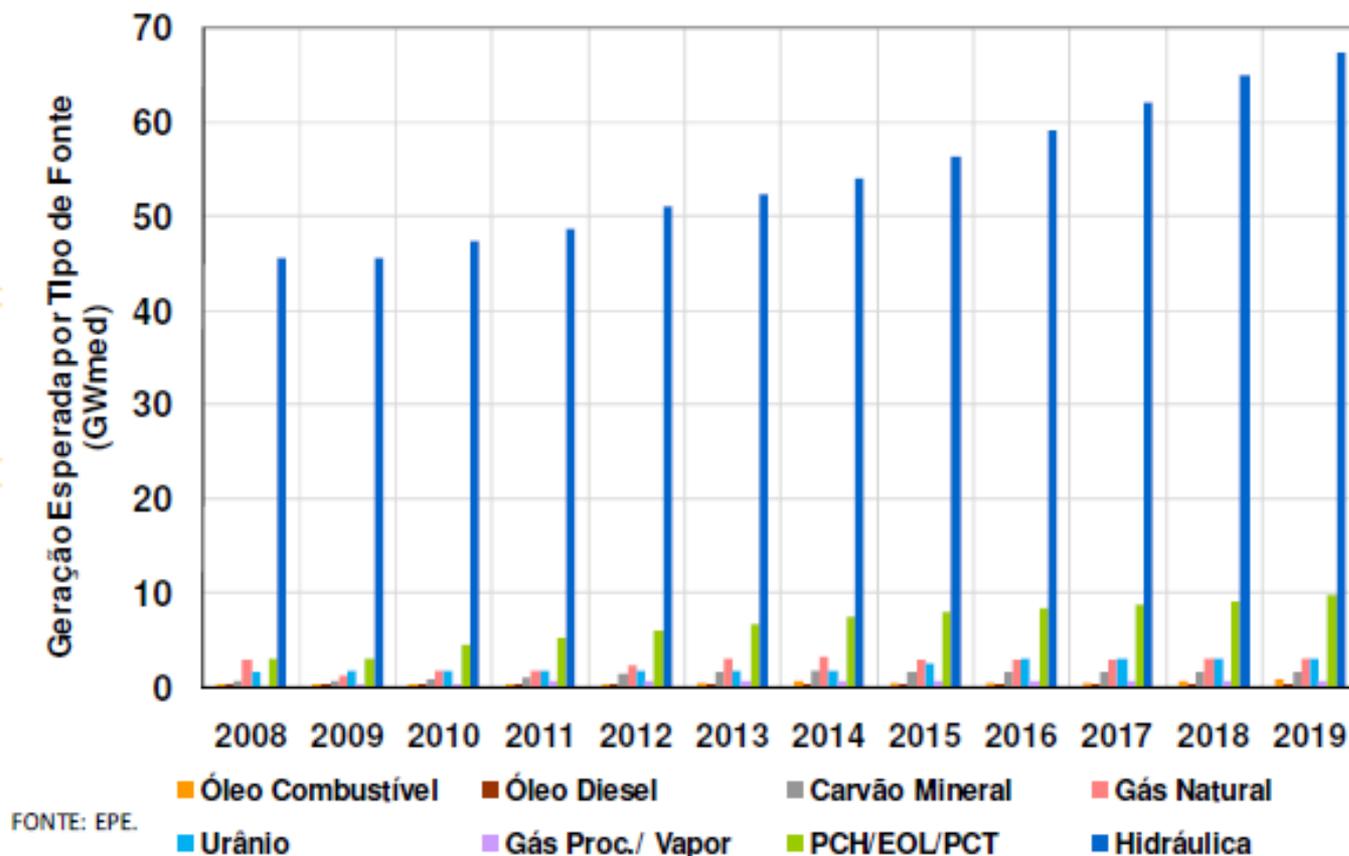
AMANHÃ (2011 – 2020)

Angra 3 significa REALMENTE “mais nuclear”?

NÃO

Significa
APENAS
MANTER a
parcela nuclear
na geração
térmica de base
que o sistema irá
requerer a
mínimo custo e
sem GEE

Geração hidrotérmica esperada



ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL: VALE A PENA TER MAIS?

2. AMANHÃ (2011 – 2020)

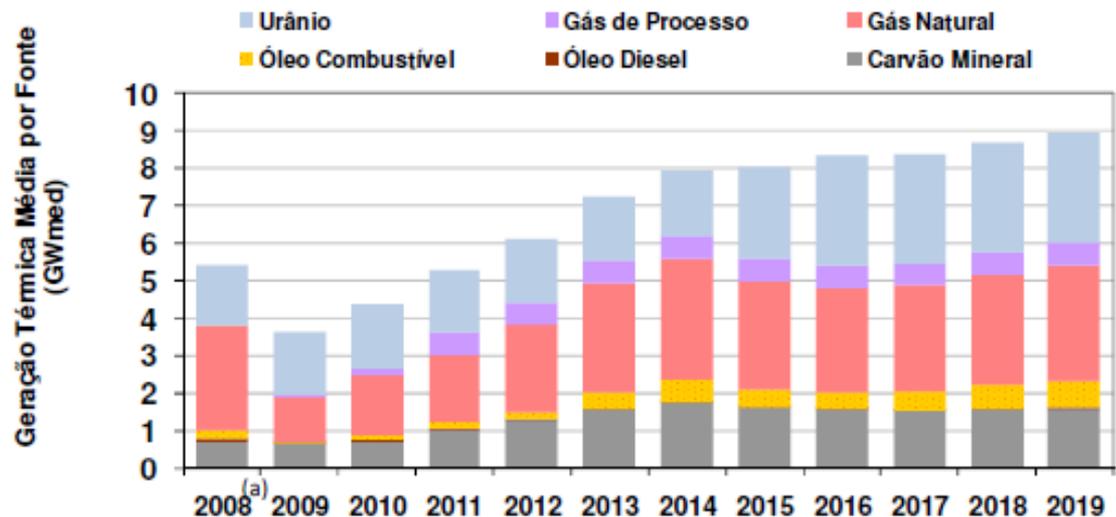
- Manter a expansão da oferta num cenário de novos aproveitamentos hidrelétricos a fio d'água e crescente geração eólica e biomassa

SIM

para Angra 3

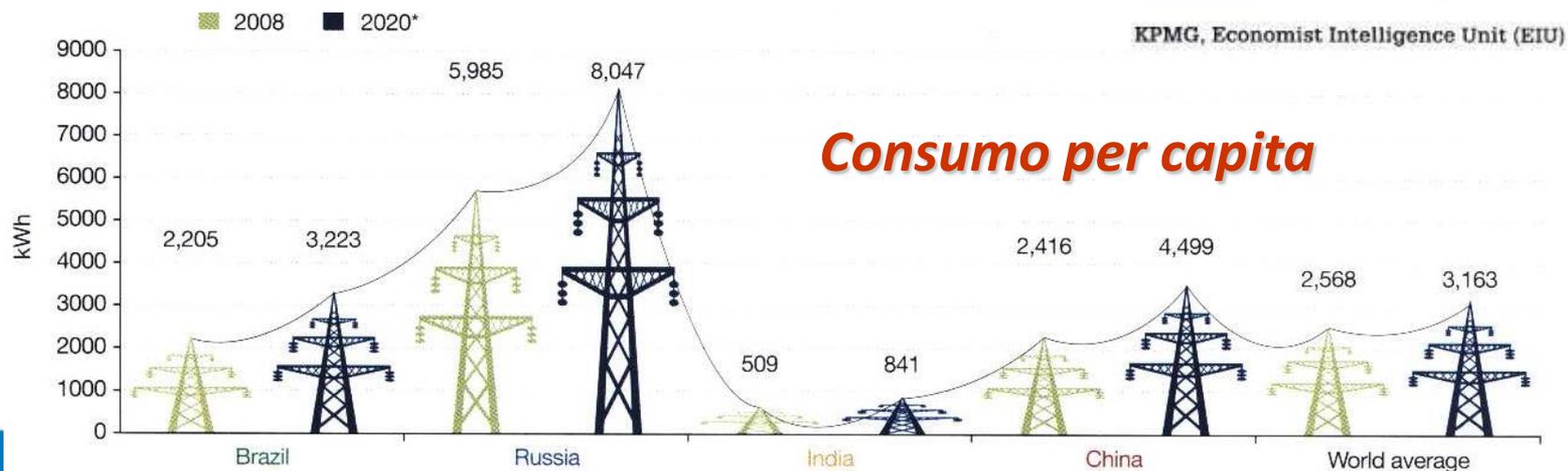
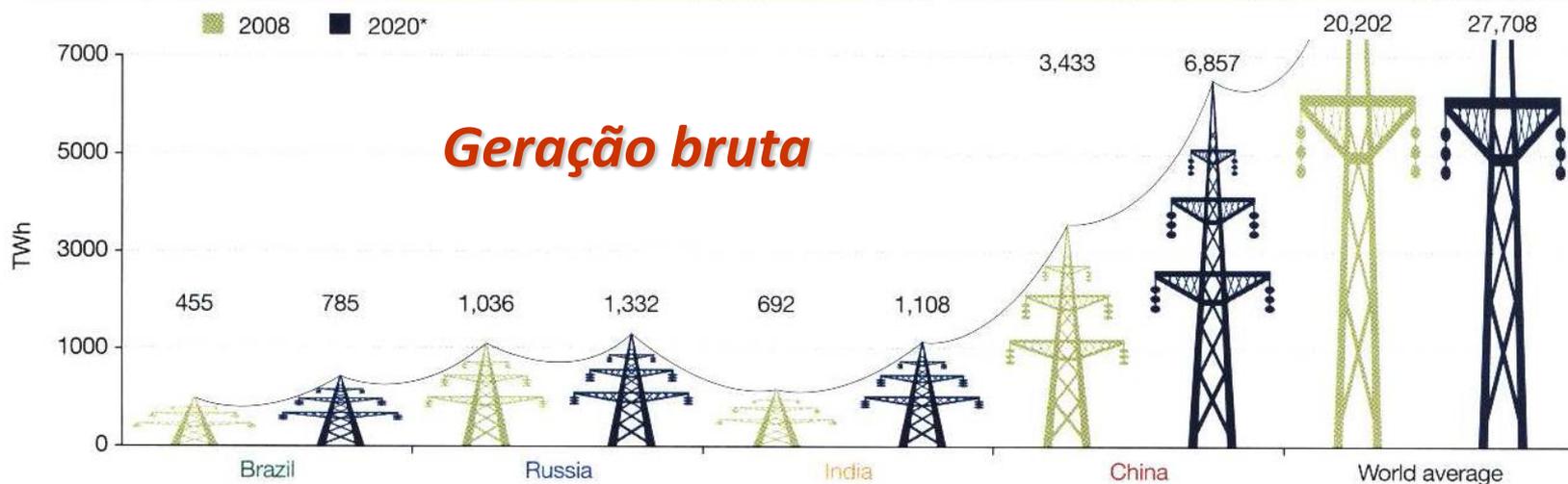
manter atendimento à parcela de geração térmica de base que o sistema irá requerer a mínimo custo e sem GEE

Geração termelétrica esperada



FONTES: EPE.

AMANHÃ (2011 – 2020) no Mundo



AMANHÃ (2011 – 2020) no Mundo

The future of nuclear energy One step back, two steps forward

A special report from the Economist Intelligence Unit, June 2011

The future of nuclear energy One step back, two steps forward

A special report from the Economist Intelligence Unit, June 2011



www.eiu.com

Atomic decade: Top ten nuclear countries

	Net nuclear capacity, gw			Change in capacity, 2020 v 2010	
	2010	2015	2020	%	gw
United States	101.1	103.4	109.0	8	7.9
France	63.3	64.8	66.4	5	3.2
Japan	46.8	45.0	44.7	-5	-2.1
Russia	22.7	29.7	41.0	81	18.3
Germany	20.5	11.7	9.0	-56	-11.5
South Korea	18.7	24.2	28.1	50	9.4
Ukraine	13.1	13.1	16.2	23	3.1
Canada	12.6	12.6	15.0	19	2.4
United Kingdom	11.0	9.6	12.7	16	1.7
China	10.1	37.1	63.1	527	53.0
Total	319.8	351.2	405.2	27	85.3

Source: Economist Intelligence Unit.

www.eiu.com

FUTURO próximo (2020 – 2030)

Oferta: Eletricidade Critérios para aproveitamento do potencial hidrelétrico

Classe	Descrição	Data mais cedo	Potência GW	%
0	Potencial já aproveitado *	-	68,6	26,3
1	Aproveitamentos considerados no Plano Decenal	2005	30,4	11,6
2	Aproveitamentos em bacias consideradas prioritárias, sem interferência com TI ou UC ¹	2015	19,8	7,6
3	Aproveitamentos em bacias não prioritárias ou próximos a TI ou UC	2020	23,5	9,0
4	Aproveitamentos com grande economicidade mas com interferência em TI ou UC ²	2025	18,0	6,9
5	Aproveitamentos com grande complexidade ambiental ou baixo nível de investigação	2030	73,7	28,3
SUB TOTAL			234,0	89,7
Potencial de PCH			17,5	6,7
Unidades exclusivamente de ponta			9,5	3,6
TOTAL			261,0	100,0

TI: Terras Indígenas; UC: Unidades de Conservação Fonte: EPE

Perspectivas de expansão bastante limitadas após 2030

FUTURO próximo (2020 – 2030)



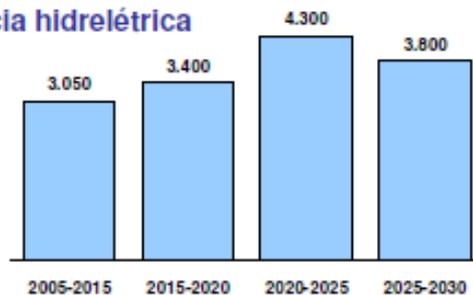
Eletricidade: expansão da geração hidrelétrica

	2005*	2015*	2020	2025	2030
Capacidade instalada, GW	68,6	99,0	116,1	137,4	156,3
Acréscimo no período, GW		30,4	17,1	21,3	18,9
Acréscimo médio anual, MW		3.050	3.400	4.300	3.800

* Plano Decenal 2006-2015

Acréscimo no período 2005-2030: 87.700 MW
(3.500 MW/ano)

Acréscimo médio anual da
potência hidrelétrica



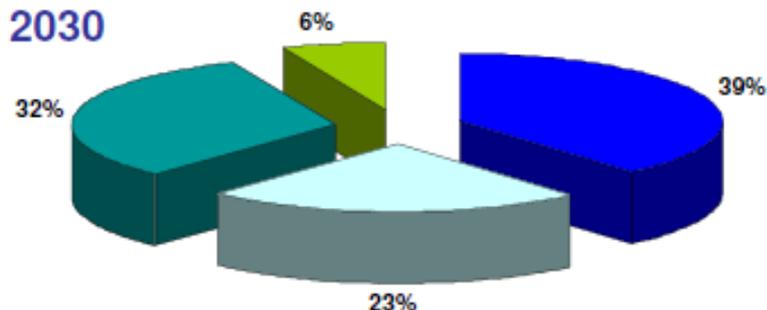
Perspectivas de expansão bastante limitadas após 2030

FUTURO próximo (2020 – 2030)

Eletricidade: expansão da geração de fontes alternativas



Composição do parque de fontes renováveis
2030

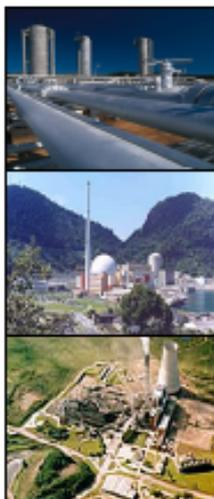


Unidade: MW

■ PCH □ Eólica ■ Biomassa ■ Resíduos

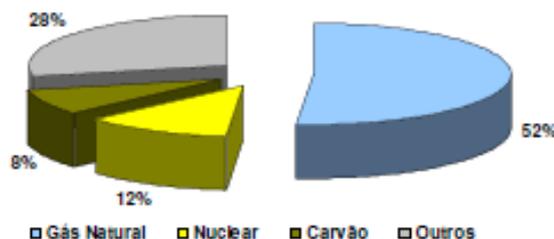
	2005	2015	2020	2025	2030	Acréscimo 2005-2030
Capacidade instalada	1.415	5.533	8.783	13.983	20.883	19.468
<i>PCH</i>	1.330	2.330	3.330	5.330	8.330	7.000
<i>Centrais eólicas</i>	29	1.382	2.282	3.482	4.682	4.653
<i>Centrais biomassa</i>	56	1.821	2.971	4.521	6.571	6.515
<i>Centrais resíduos</i>	0	0	200	650	1.300	1.300
Acréscimo no período		4.118	3.250	5.200	6.900	
Acréscimo médio anual		410	650	1.040	1.380	780

FUTURO próximo (2020 – 2030)

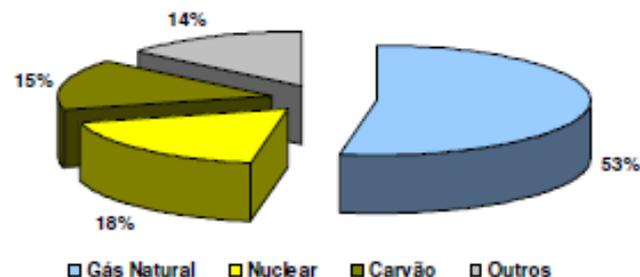


Eletricidade: expansão da geração termelétrica

Composição do parque termelétrico 2005



Composição do parque termelétrico 2030



Unidade: MW

	2005	2015	2020	2025	2030	Acréscimo 2005-2030
Capacidade instalada	16.900	24.300	26.800	30.300	39.800	22.900
<i>Gás Natural</i>	8.700	13.000	14.000	15.500	21.000	12.300
Centrais Nucleares	2.000	3.300	4.300	5.300	7.300	5.300
<i>Centrais a carvão</i>	1.400	2.500	3.000	4.000	6.000	4.600
<i>Outras centrais térmicas</i>	4.800	5.500	5.500	5.500	5.500	700
Acréscimo no período		7.400	2.500	3.500	9.500	
Acréscimo médio anual, MW		740	500	700	1.900	920

FUTURO próximo (2020 – 2030)

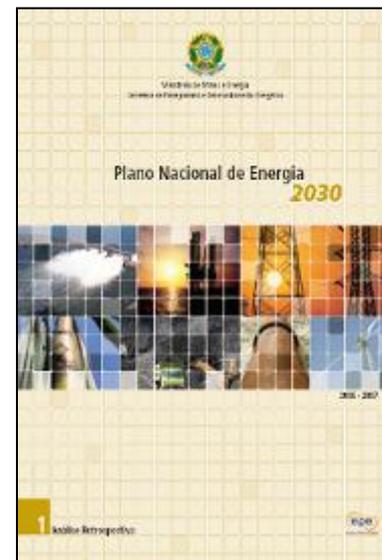
Expansão da oferta nuclear

Expansão da Oferta no Período 2015-2030 (Valores em MW)

Fonte	CASO BASE					CASO 1	CASO 2
	N	NE	SE / CO	S	TOTAL		
Conservação ¹	?	?	?	?	12.000 ¹	12.000 ¹	12.000 ¹
Hidrelétrica	43.720	580	8.860	4.140	57.300	67.500	64.700
Gás Natural	0	3.500	4.000	500	8.000	15.500	13.500
Carvão	0	0	0	3.500	3.500	4.000	5.500
Nuclear	0	2.000	2.000	0	4.000	6.000	8.000
PCH	0	500	4.000	1.500	6.000	8.000	8.000
Eólica	0	2.200	0	1.100	3.300	3.300	3.300
Biomassa	0	950	3.300	500	4.750	4.750	4.750
Resíduos Urbanos	0	300	700	300	1.300	1.300	1.300
T O T A L	45.520	10.630	31.260	12.740	100.150	122.350	121.050

(1) 53 TWh (aprox. 15% do consumo atual) = Potência de cerca de 12.000 MW (hidrelétrica) ou 7.800 MW (nuclear)

Fonte: PNE 2030 / EPE-MME, Nov-2007 / Tabelas 8.27 (Pág.234) e 8.31 (Pág.239)



**1) Nordeste
2.000 MW**

**2) Sudeste
2.000 MW**

ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL: VALE A PENA TER MAIS?

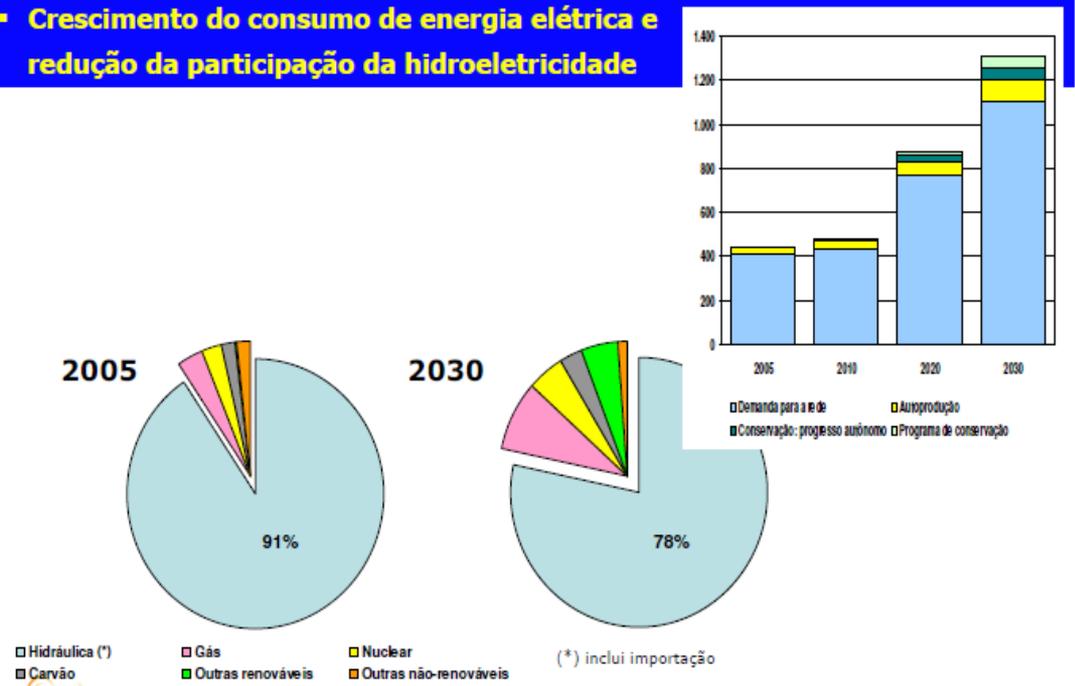
3. FUTURO próximo (2020 – 2030)

- Manter a expansão da oferta num cenário em que se soma um potencial hidrelétrico em vias de esgotamento

SIM

Atender à crescente de geração térmica de base que o sistema irá requerer a mínimo custo e sem gerar GEE

▪ **Crescimento do consumo de energia elétrica e redução da participação da hidroeletricidade**



A catástrofe natural no Japão

Terremoto seguido de Tsunami



World Health
Organization

Western Pacific Region

WHO SITREP NO. 33

Japan earthquake and tsunami
Situation Report No. 33
11 May 2011
As of 14:30 hrs Manila time

Table 2: Confirmed number of deaths, missing, injured and evacuated persons
Source: The National Police Agency (11 May)

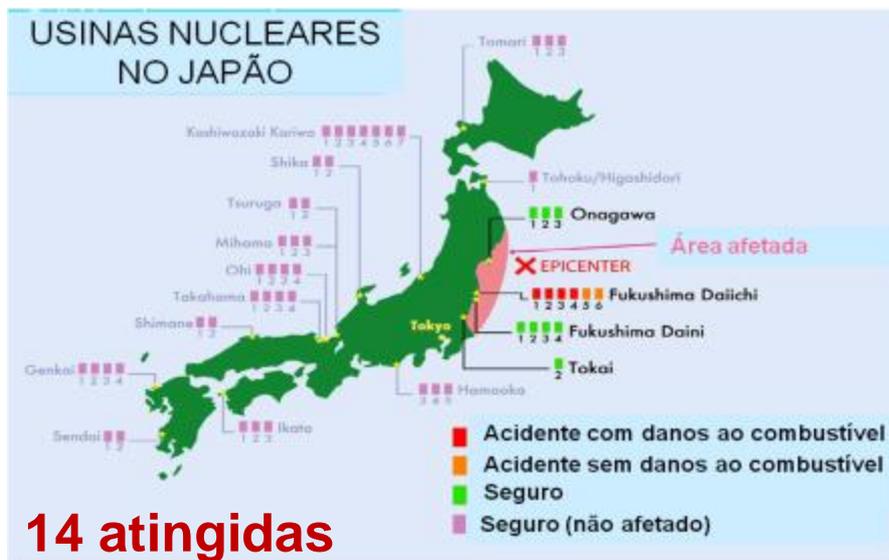
Prefectures	Death	Missing	Injured	Evacuee
Hokkaido	1		3	1 123 (includes evacuees from Iwate, Miyagi and Fukushima)
Aomori	3	1	61	975 (includes evacuees from Iwate, Miyagi and Fukushima)
Iwate	4407	3269	164	36 494
Miyagi	8957	5963	3411	33 207 (including evacuees from Fukushima)
Akita			12	641 (Evacuees from Iwate, Miyagi and Fukushima)
Yamagata	2		29	421 (Evacuees from Fukushima and Miyagi)
Fukushima	1553	617	227	24 498
Tokyo	7		90	983 (Evacuees from Iwate, Fukushima and Miyagi)
Ibaraki	23	1	693	330 (Includes evacuees from Fukushima)
Tochigi	4		135	524 (Includes evacuees from Fukushima)
Gunma	1		36	2 569 (Evacuees from Iwate, Fukushima and Miyagi)
Saitama			42	4 544 (Evacuees from Iwate, Fukushima and Miyagi)
Chiba	19	2	226	1 119 (Includes evacuees from Fukushima)
Kanagawa	4		139	622 (Evacuees from Iwate, Miyagi and Fukushima)
Niigata			3	4322 (Evacuees from Fukushima and Miyagi)
Yamanashi			2	799 (Evacuees from Fukushima and Miyagi)
Nagano			1	965 (Evacuees from Iwate, Miyagi and Fukushima etc.)
Mie			1	
Kouchi			1	
Shizuoka			4	962 (Evacuees from Iwate, Fukushima and Miyagi)
Total	14 981	9853	5280	115 098

Mortos: 14.981

Desaparecidos: 9.853

Feridos: 5.280

Desabrigados: 115.098



A catástrofe natural no Japão

Acidente nuclear na Central Fukushima Daichi

1ª lição aprendida fundamental: acidentes severos acontecem

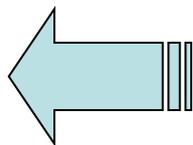
Verificação das Bases de Projeto para Eventos Externos

assegurar a disponibilidade dos sistemas de segurança diante de cenários de eventos externos extremos postulados

Definição de Medidas para Mitigação de Acidentes Severos

dotar as usinas de recursos para controlar acidentes que excedam as condições postuladas

Relatório Pós-Fukushima: Eletrobras Eletronuclear planeja investir R\$ 300 milhões em programa de melhoria contínua das usinas de Angra



SOER/WANO

Recomendações para verificação a curto prazo do nível de prontidão das usinas para facear acidentes além das bases de projeto

(avaliação de curto prazo)



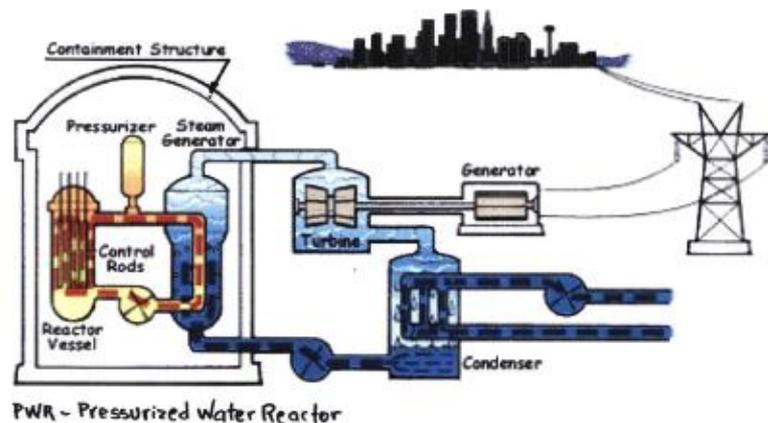
Stress Test

Avaliação das condições existentes nas plantas para facear acidentes além das bases de projeto

(avaliação de médio prazo)

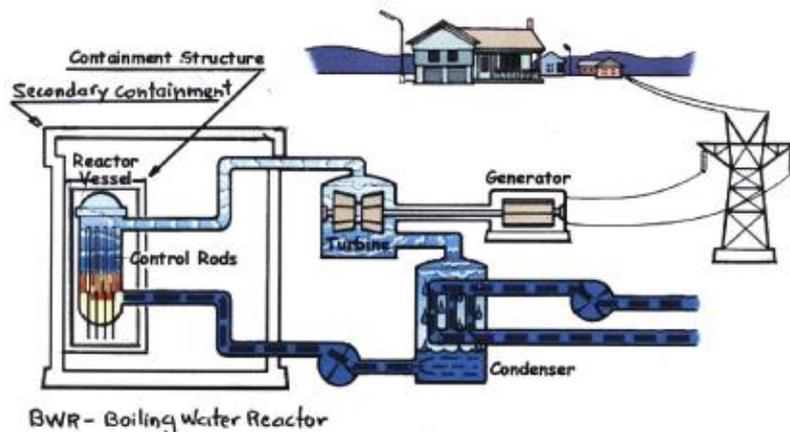
Diferenças entre usinas BWR e PWR

61% das 442 usinas em operação



PWR permite circulação natural sem necessidade de bombas elétricas de resfriamento por algumas horas
(o cenário acidental no Japão seria menos severo)

21% das 442 usinas em operação



BWR antigo não permite circulação natural. Se a energia elétrica for totalmente perdida, o resfriamento se interrompe imediatamente

FUTURO DA GERAÇÃO NUCLEAR

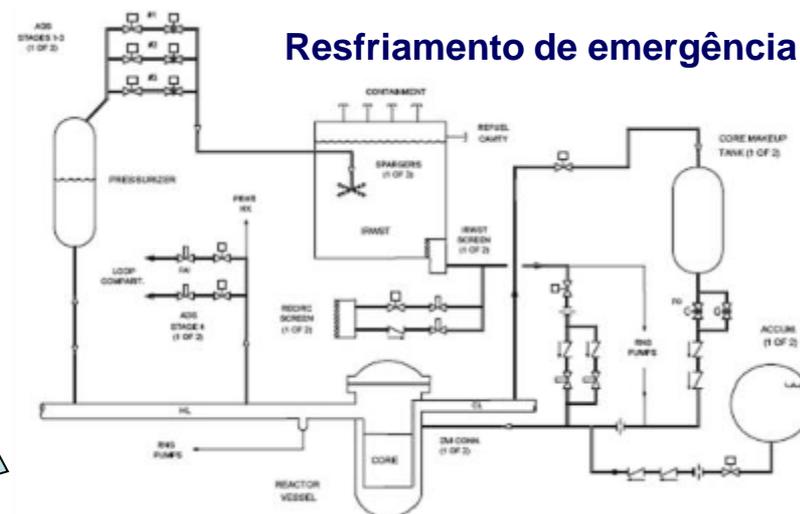
PWR “standard”

Resfriamento de emergência e remoção de calor residual por bombas elétricas

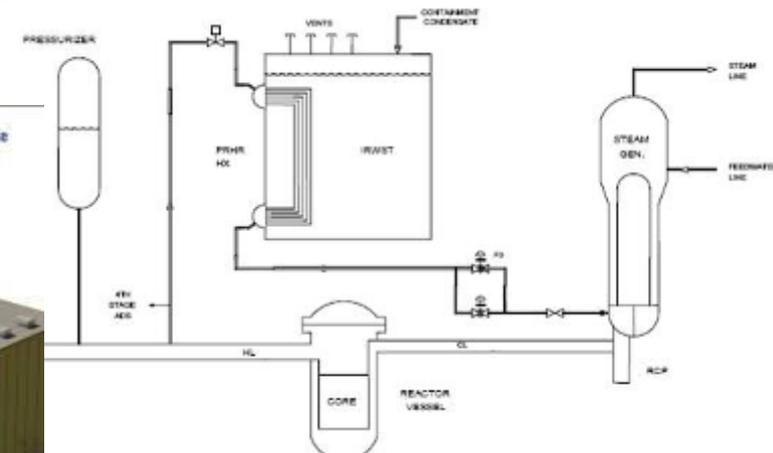


PWR “advanced”

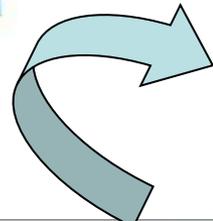
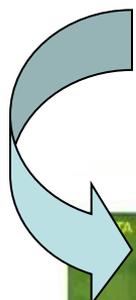
circulação natural sem bombas elétricas



Resfriamento de emergência



Remoção de calor residual



- 1. CONTENÇÃO DE CONCRETO ARMADO
- 2. CONTENÇÃO DE AÇO
- 3. REATOR NUCLEAR
- 4. GERADOR DE VAPOR
- 5. PISCINA DE ARMAZENAMENTO DE COMBUSTÍVEL
- 6. TORRE DE REFRIGERAÇÃO
- 7. GERADOR DE ELETRICIDADE
- 8. CONDENSADORES
- 9. TORRENAS À VAPOR
- 10. EDIFÍCIO DA ADMINISTRAÇÃO



- 1. Fuel Handling System
- 2. Emergency Diesel Building
- 3. Diesel Engine
- 4. Pressurizer
- 5. Cooling Water Tank
- 6. Reactor Vessel
- 7. Pressurizer
- 8. Primary Heat Exchanger
- 9. Steam Generator
- 10. Feedwater Pump
- 11. Steam Turbine
- 12. Condensers
- 13. Core Makeup Tank
- 14. Accumulators
- 15. Emergency Core Cooling System

A catástrofe natural no Japão

Acidente nuclear na Central Fukushima Daichi

Os riscos da geração nuclear se tornaram inaceitáveis?

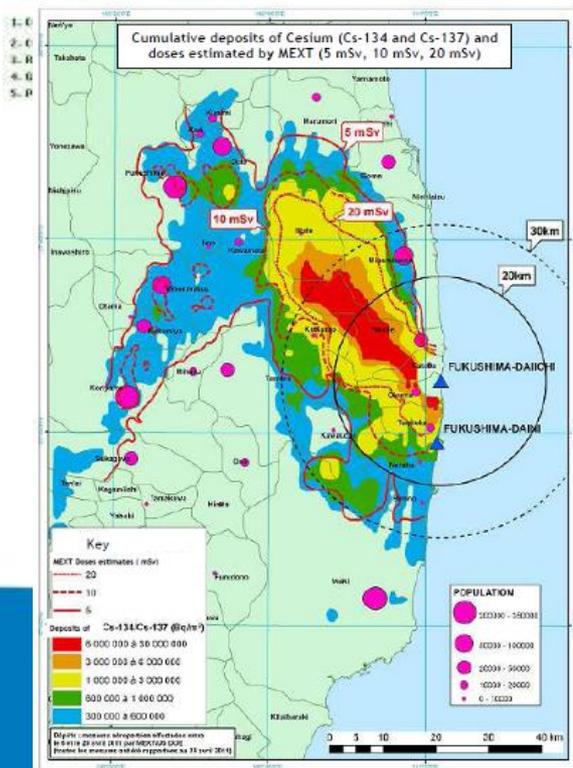


A segurança da maioria das usinas em operação, e de todas em construção e projeto é muito superior

As reais conseqüências ao público

- em termos de fatalidades e prejuízos à saúde, bem como ao meio ambiente
- em termos de comprometimento do uso do solo foram bastante limitadas
- quando comparadas às dimensões da terrível tragédia humana, social, econômica e ambiental causada por esse fenômeno natural excepcionalmente severo
- e mesmo em termos absolutos

- “Acidente biológico” dos brotos de feijão” na Alemanha: 50 mortos, + 4.000 hospitalizados

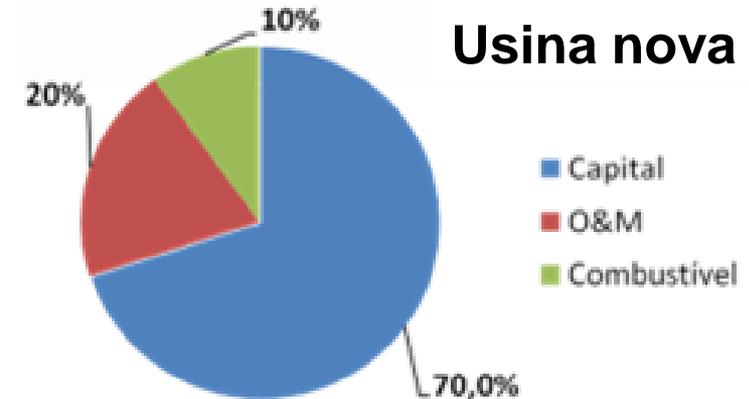


A catástrofe natural no Japão

Acidente nuclear na Central Fukushima Daichi

Impacto sobre os custos de geração:

Investimento -> custos de capital



novas: **mínimo**
(base de projeto e pós-acidente considerados)

10-15 anos: **muito baixo**
(base de projeto e pós-acidente parcial)

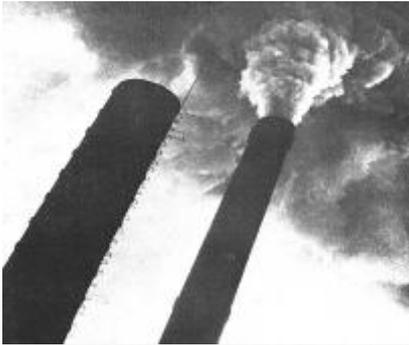
15-25 anos: **baixo**
(base de projeto e pós-acidente atualizadas)

25-35 anos: **médio**
(base de projeto e pós-acidente atualizadas?)

35-40+anos: **alto**
(dificuldades para extensão de vida útil)

FUTURO distante (2030 – 2060)

Três desafios



1

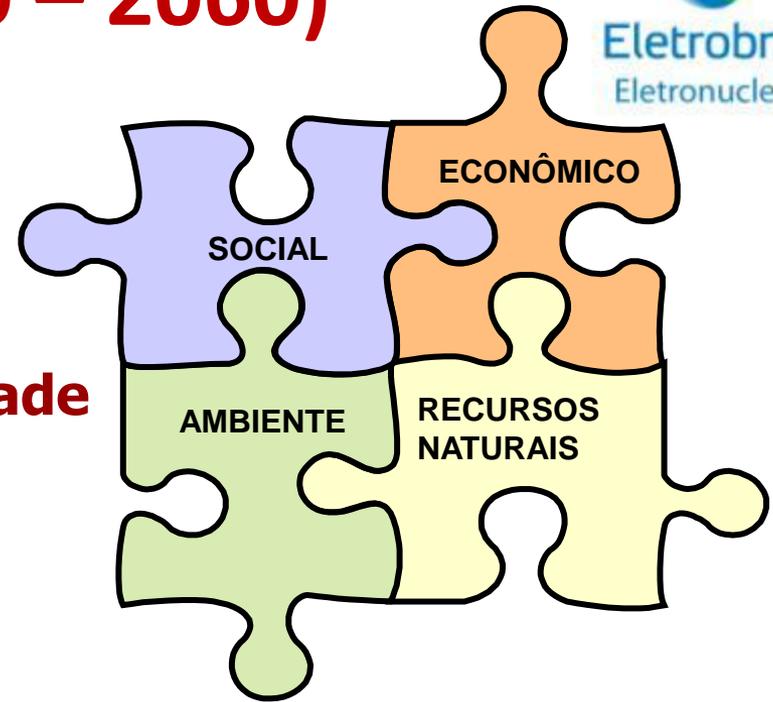
Garantir a disponibilidade de recursos naturais

2

Não ultrapassar os limites suportáveis pela Biosfera em assimilar resíduos e poluição

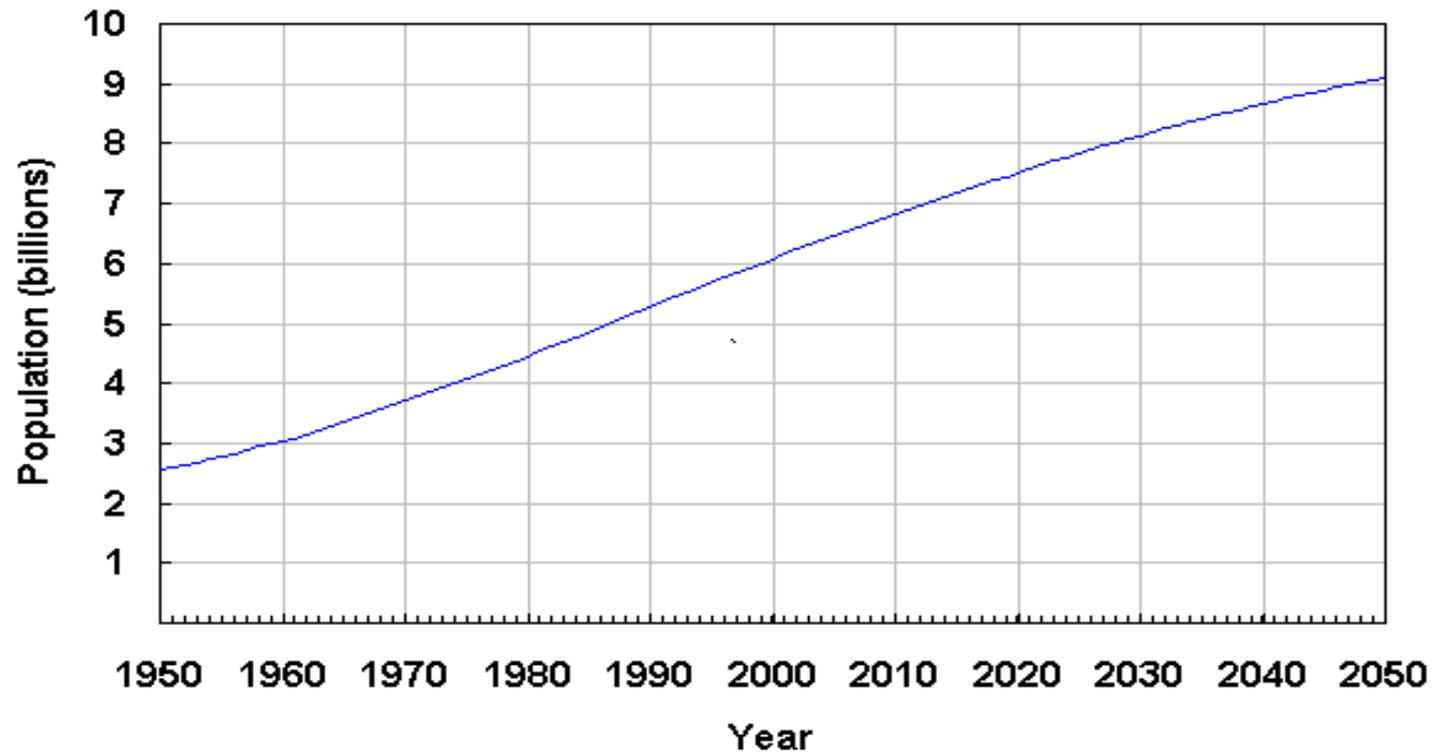
3

Reduzir a pobreza e desigualdade social



FUTURO distante (2030 – 2060)

World Population: 1950-2050



Source: U.S. Census Bureau, International Data Base 5-10-00.

FUTURO distante (2030 – 2060)

Problemas cruciais a serem equacionados

POBREZA

- **ENERGIA**
- **ÁGUA**
- **ALIMENTO**
- **MORADIA**

DIREITOS HUMANOS

- **SAÚDE**
- **EDUCAÇÃO**
- **DEMOCRACIA**
- **TERRORISMO & GUERRA**

AMBIENTE

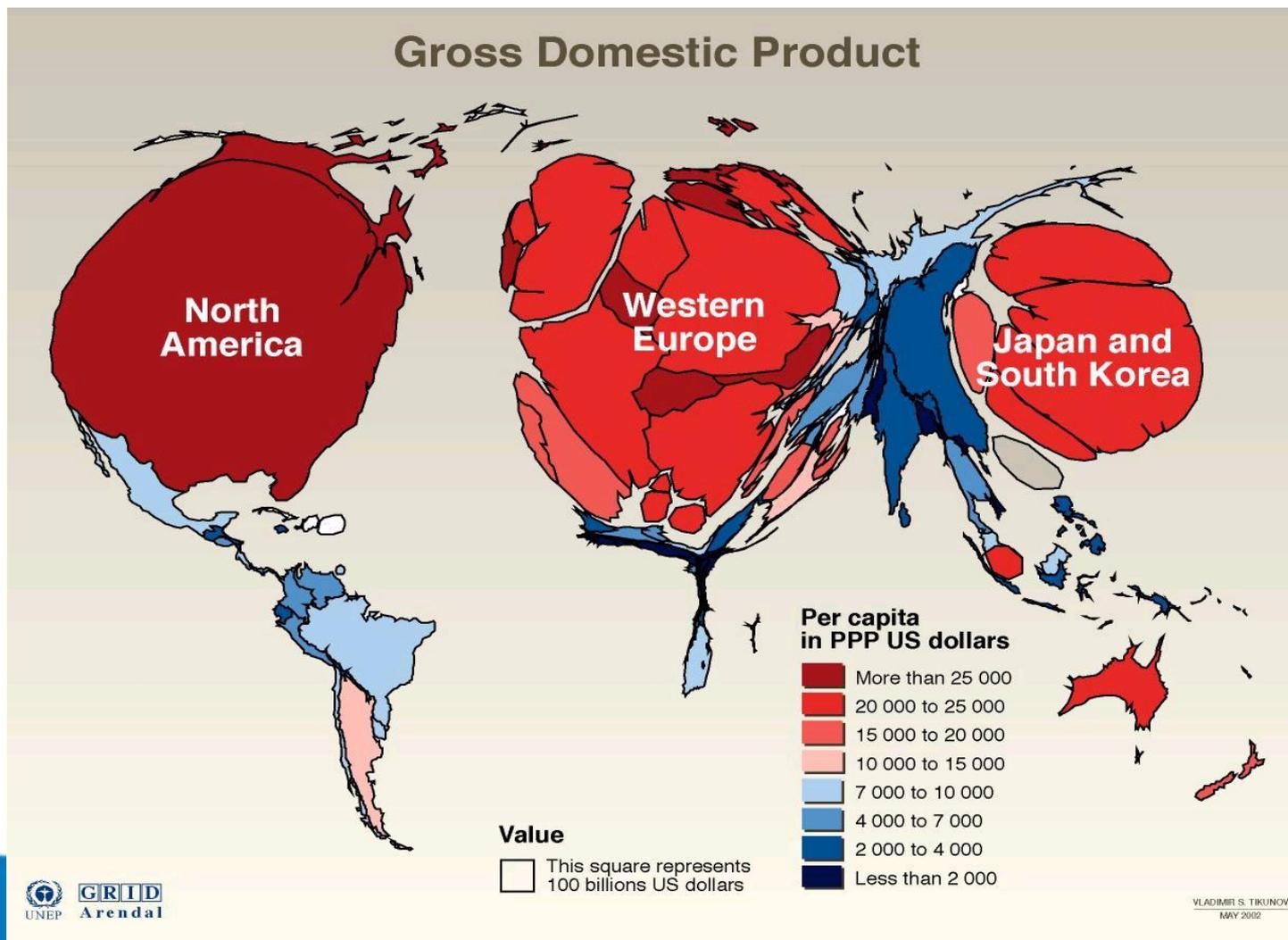
- **RECURSOS**
- **SERVIÇOS**

UNIVERSALIZAÇÃO

- 1. Custo acessível**
- 2. Abundância**
- 3. Mínimo impacto ao ambiente**
- 4. Segurança de abastecimento**

FUTURO distante (2030 – 2060)

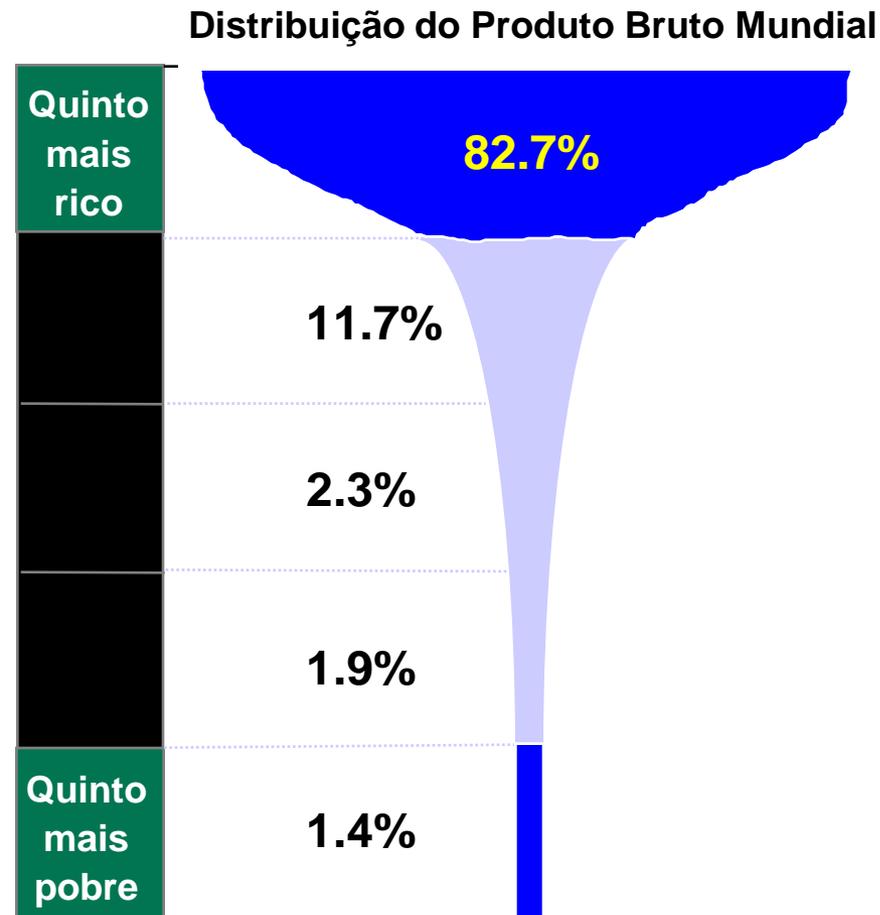
Produto Nacional Bruto por habitante (PPC)



FUTURO distante (2030 – 2060)

Produto Nacional Bruto por habitante (PPC)

- 1.3 bilhão de pessoas vivem na pobreza absoluta, com renda inferior a U\$1/day (World Bank)
- 841 milhão de pessoas nos países em desenvolvimento sofrem de desnutrição (UN Food and Agriculture Organization)
- Cerca de 1 bilhão de pessoas ou não podem trabalhar ou trabalham em ocupações que não lhe permitem sustentar sua família (International Labor Organization)



(UNDP, Human Development Report 2010)

FUTURO distante (2030 – 2060)

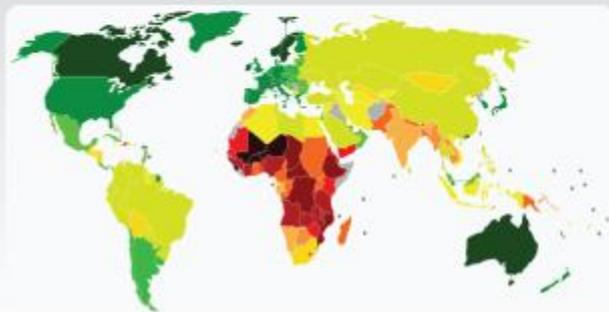
O planejamento energético atual nos levaria a ter em 2030 um consumo per capita ainda inferior ao que Portugal tem hoje

BRASIL

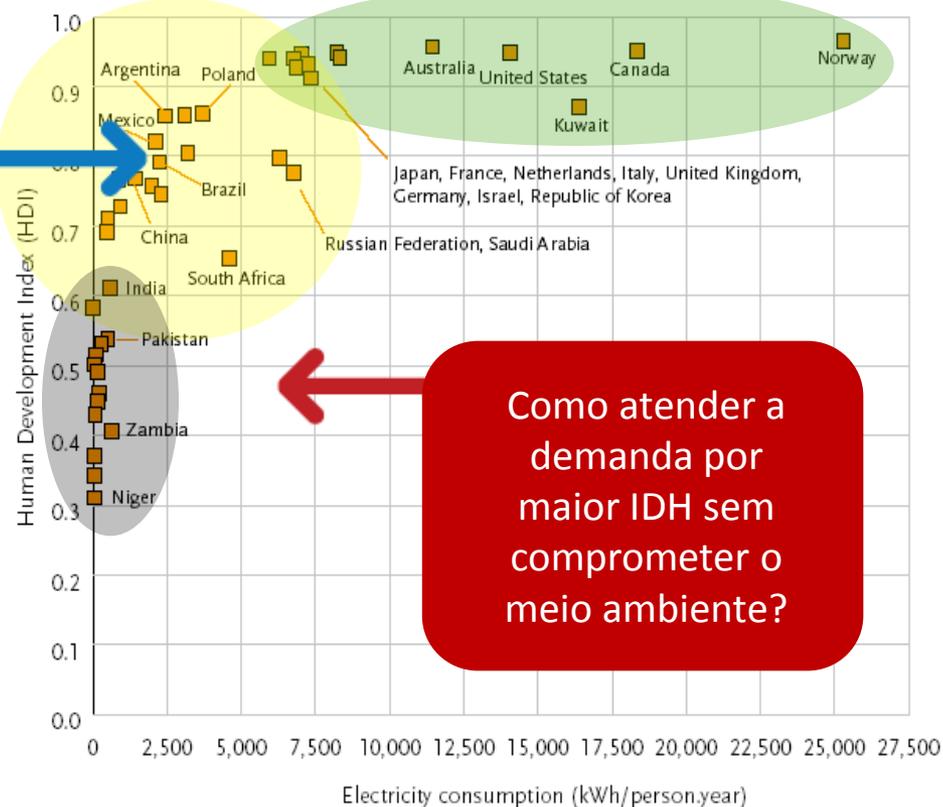
Consumo: 90ª posição



IDH: 73ª posição



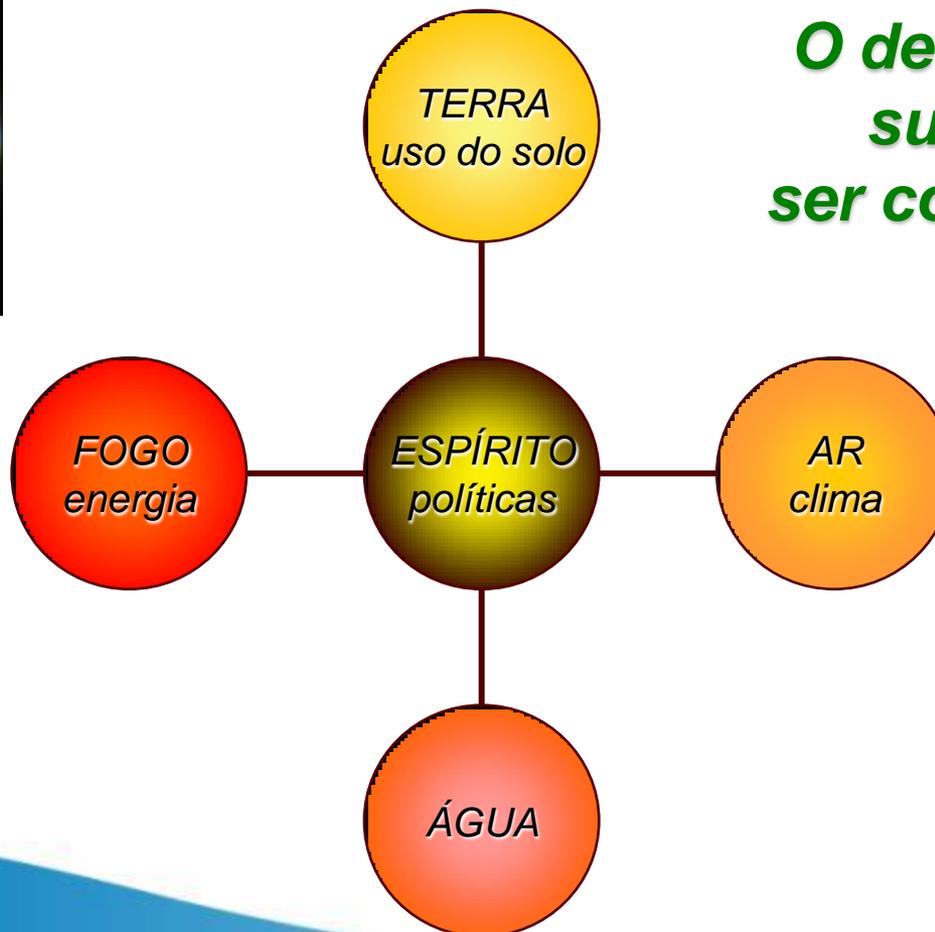
IDH x Consumo de eletricidade



Como atender a demanda por maior IDH sem comprometer o meio ambiente?

FUTURO distante (2030 – 2060)

As antigas mitologias descreviam a natureza como composta por 4 elementos básicos



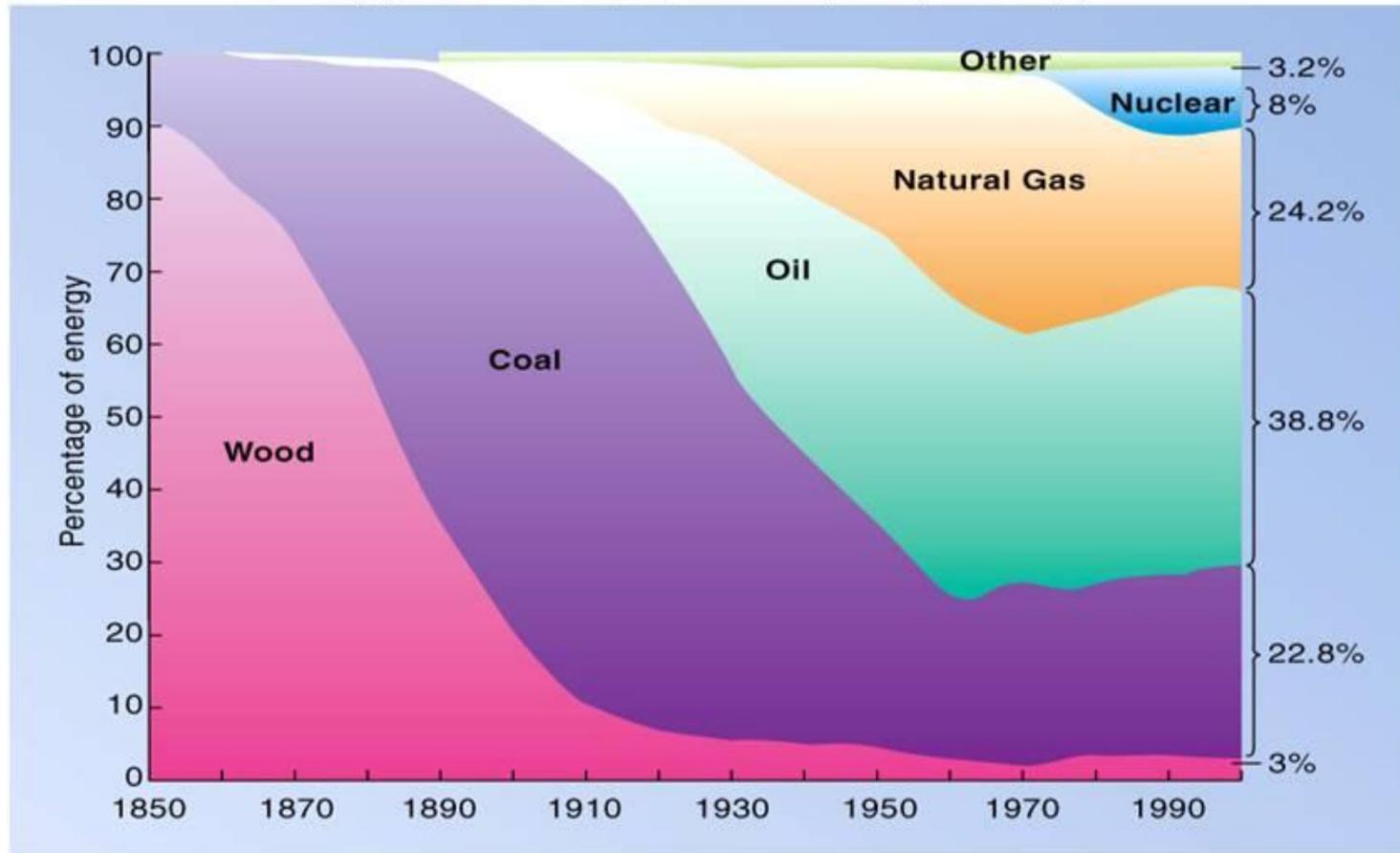
O desenvolvimento sustentável deve ser coerente nessas 4 dimensões

FUTURO distante (2030 – 2060)

Evolução do uso da energia nos EUA

CONCENTRAÇÃO x USO DO SOLO

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



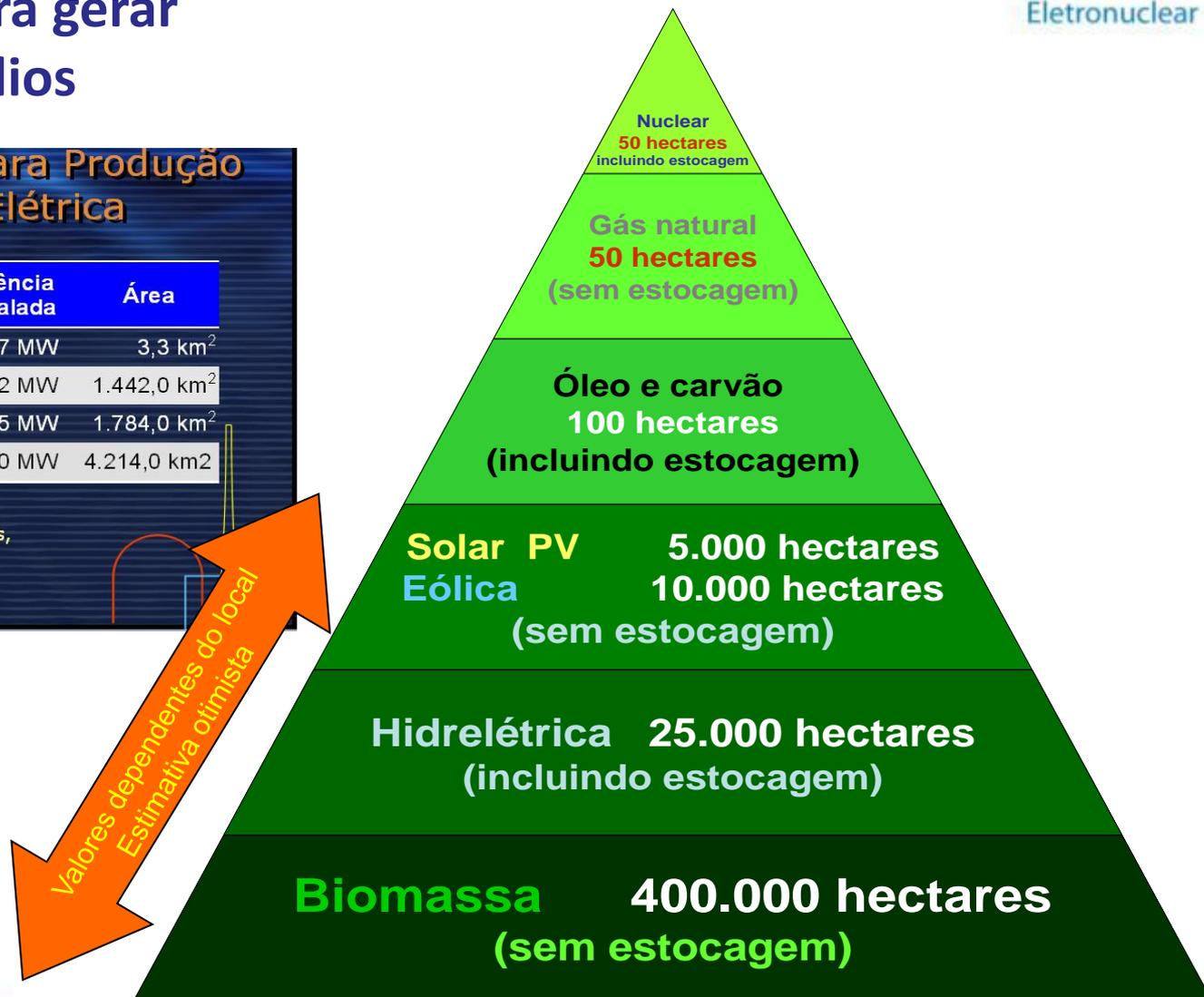
FUTURO distante (2030 – 2060)

Uso do solo para gerar
1.000 MW médios

Áreas ocupadas para Produção de Energia Elétrica

Usina	Potência Instalada	Área
Central Nuclear de Angra	2.007 MW	3,3 km ²
Furnas	1.312 MW	1.442,0 km ²
Serra da Mesa	1.275 MW	1.784,0 km ²
Sobradinho	1.050 MW	4.214,0 km ²

Linhas de transmissão, em alguns casos, com mais de 2.000 km

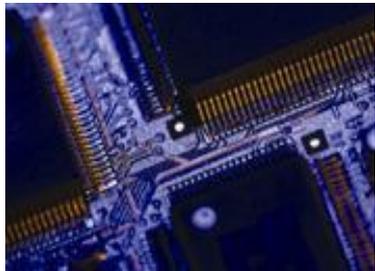


FUTURO distante (2030 – 2060)

Tudo vai mudar no futuro?



Muitos defendem que uma revolução em nossa matriz energética é a única solução para a ameaça do aquecimento global. Porém:



- As principais transformações **em nível global levarão tempo** para se processar

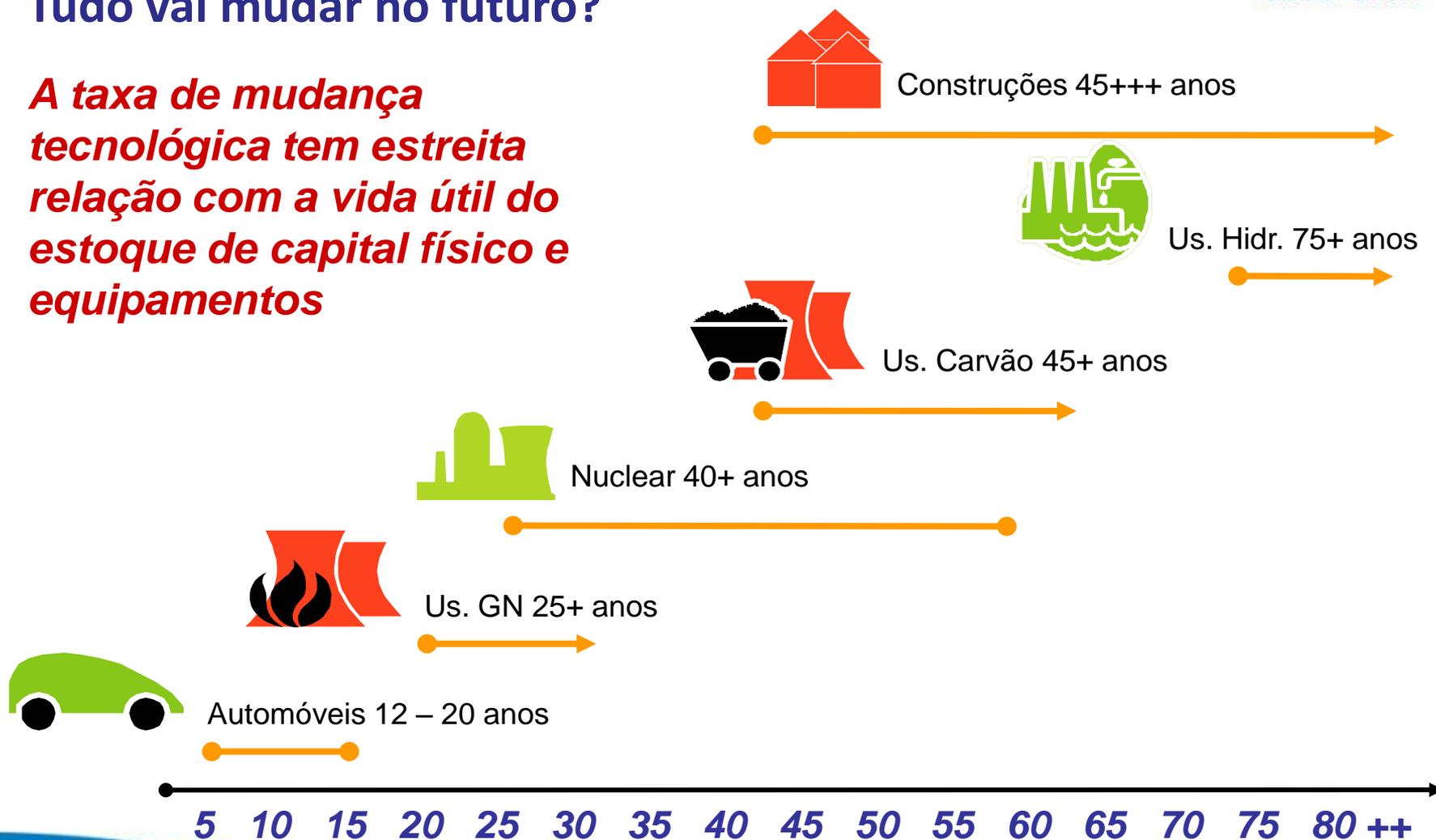


- A velocidade da **difusão tecnológica** depende de muitos fatores.

FUTURO distante (2030 – 2060)

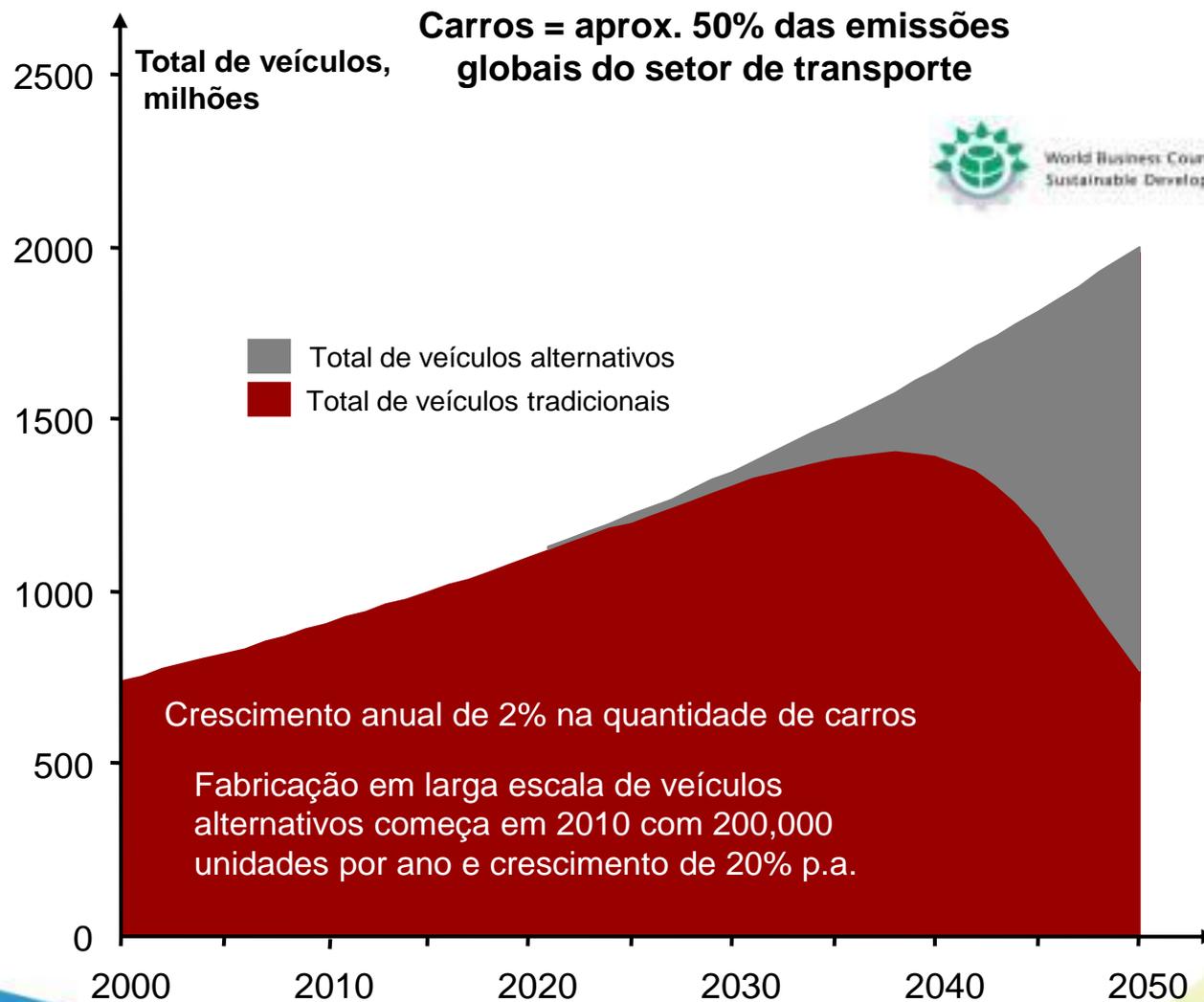
Tudo vai mudar no futuro?

A taxa de mudança tecnológica tem estreita relação com a vida útil do estoque de capital físico e equipamentos



FUTURO distante (2030 – 2060)

Estudo de caso 1: Setor de transporte



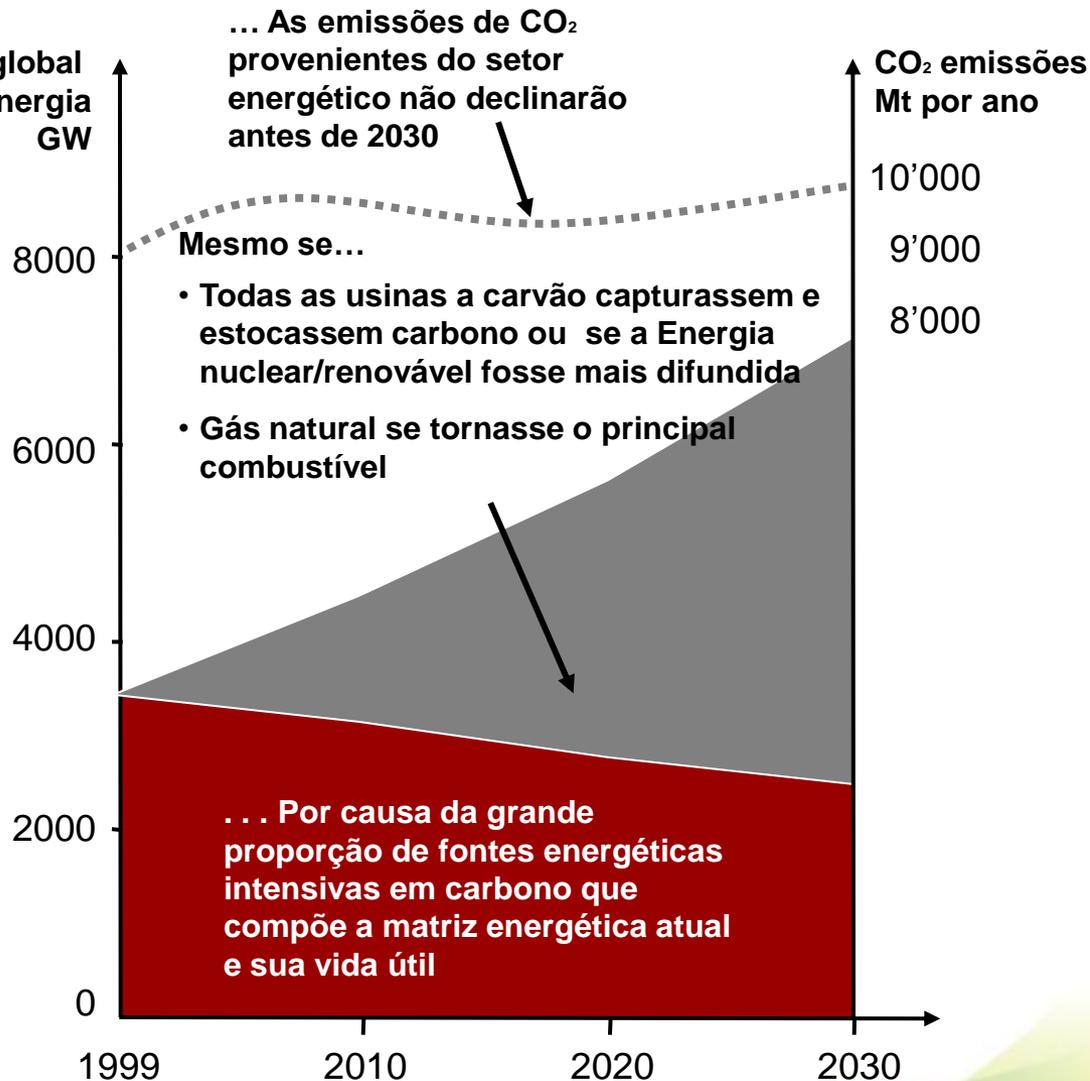
FUTURO distante (2030 – 2060)

Estudo de caso 2: Setor energético



- Capacidade adicional necessária
- Capacidade atual declinando

Capacidade instalada global de geração de energia GW



FUTURO distante (2030 – 2060)

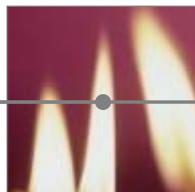
Opções de Mudança – Revolução tecnológica



Fazendo as
coisas de forma
diferente

Imaginem o que podemos
fazer com a internet e
demais tecnologias da
informação!

Redução das Emissões

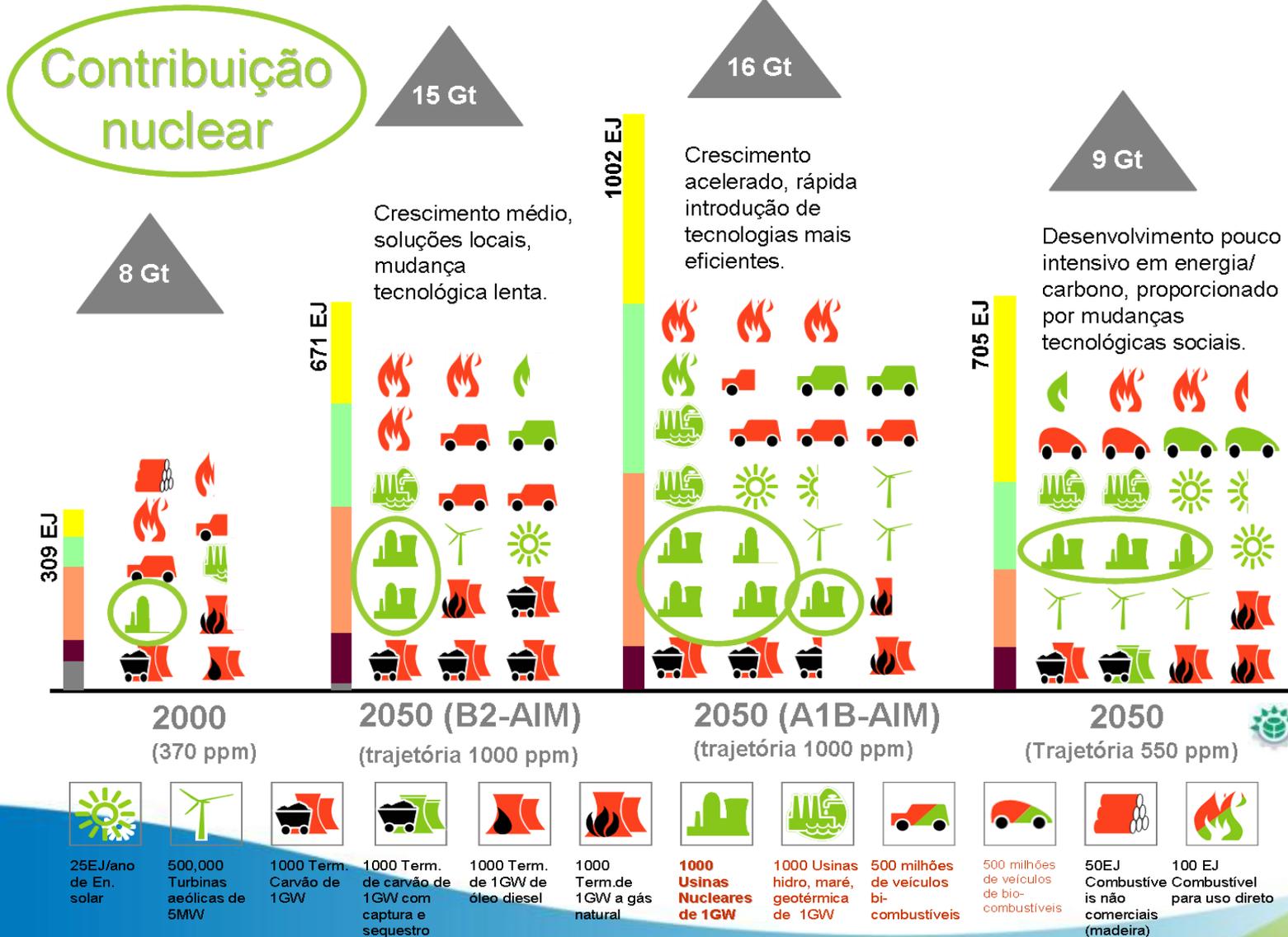


Conservação e
eficiência energética



FUTURO distante (2030 – 2060)

Um olhar sobre as opções



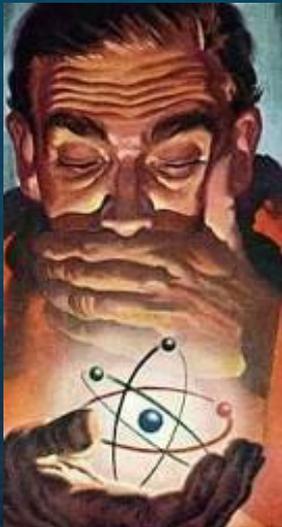
USP



1st USP Conference on Engineering
SÃO PAULO, 26 DE OUTUBRO DE 2011



**Sustentabilidade energética
não pode prescindir da
geração elétrica nuclear**



Muito obrigado!

Leonam Guimarães