



Simpósio Internacional:
Reativação da Construção de Usinas Nucleares na América Latina

Apresentação:
Participação da Energia Nuclear na Matriz Energética Brasileira

Amilcar Guerreiro
Diretor de Estudos Econômicos e Energéticos
Empresa de Pesquisa Energética - EPE

Rio de Janeiro, RJ
17 de Junho de 2008





Empresa de Pesquisa Energética
Uma Empresa do Ministério de Minas e Energia



**É muito difícil fazer previsões.
Especialmente com relação ao futuro.**

Provérbio chinês

☐ Posicionamento institucional da EPE

Sobre a EPE

- Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia.
- Iniciou suas operações de fato em 02/01/2005.
- É responsável pelos estudos de planejamento do setor energético, envolvendo energia elétrica, petróleo, gás, fontes renováveis, geração nuclear e a carvão, eficiência energética e etc.

Posicionamento institucional



□ Principais estudos desenvolvidos pela EPE

▪ **Balanco Energético Nacional**

2005 (ano base 2004)

2006 (ano base 2005)

2007 (ano base 2006)

2008 (ano base 2007) – resultados preliminares



▪ **Projeção da demanda de energia elétrica até 2015**

publicado na forma de livro em 2006



▪ **Plano Decenal de Energia 2007-2016**

2006-2015: publicado em 2006

2007-2016: consulta pública realizada, disponível no web site da EPE



▪ **Plano Nacional de Energia 2030**

disponível no web site da EPE



▪ Estudos de **suporte aos leilões** de energia nova (expansão)

▪ **Inventário, viabilidade e avaliação ambiental**

integrada de projetos hidrelétricas e bacias hidrográficas (em andamento)

avaliação ambiental: 11 estudos (R\$ 9 milhões)

inventário: 6 bacias, 15.000 MW

viabilidade: 6 projetos, 3.200 MW

recursos aplicados: cerca de R\$ 125 milhões



Empresa de Pesquisa Energética
Uma Empresa do Ministério de Minas e Energia



Participação da Energia Nuclear na Matriz Energética Brasileira

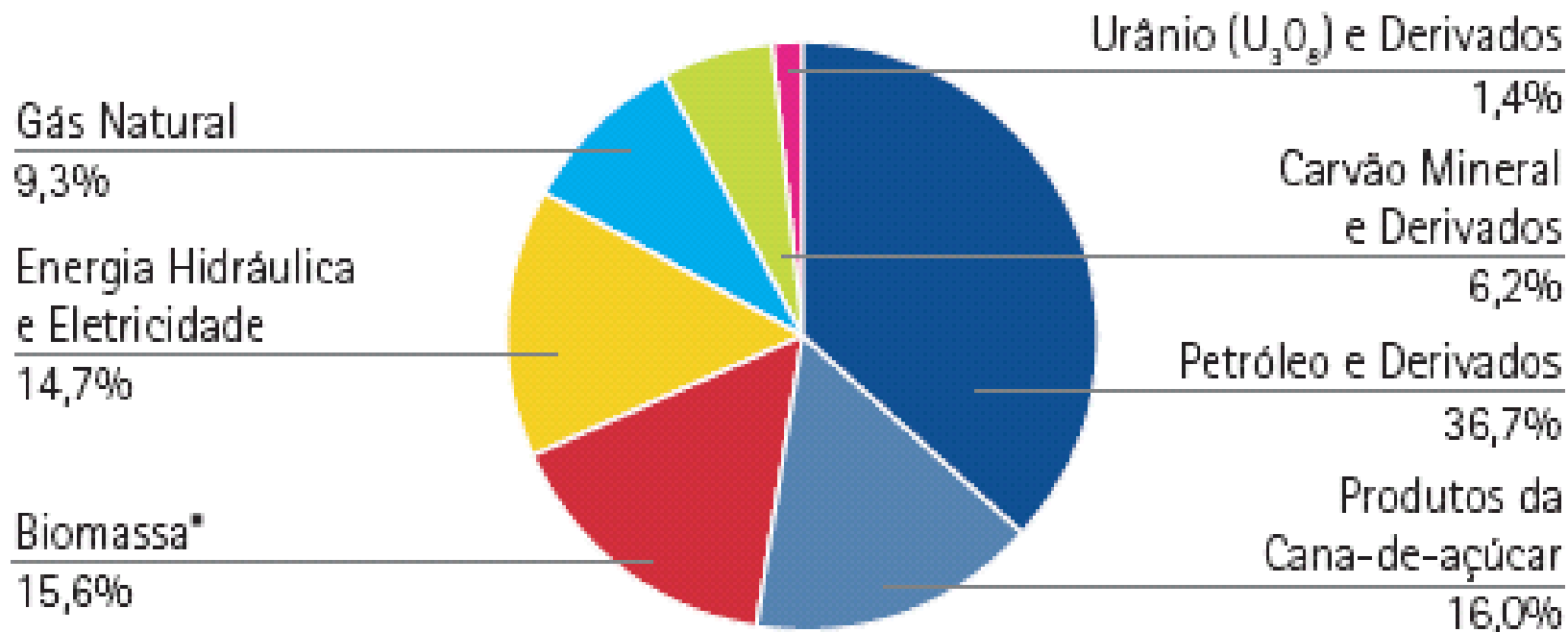
AGENDA

- I Situação Atual (BEN 2008)
- II Projeção da Matriz Energética Brasileira (PNE 2030)
- III Energia Nuclear no PNE 2030



Situação Atual (BEN 2008)

Matriz Energética Brasileira Atual (2007)



Elaboração: EPE
Fonte: BEN 2008

* Inclui lenha, carvão vegetal e outras renováveis.

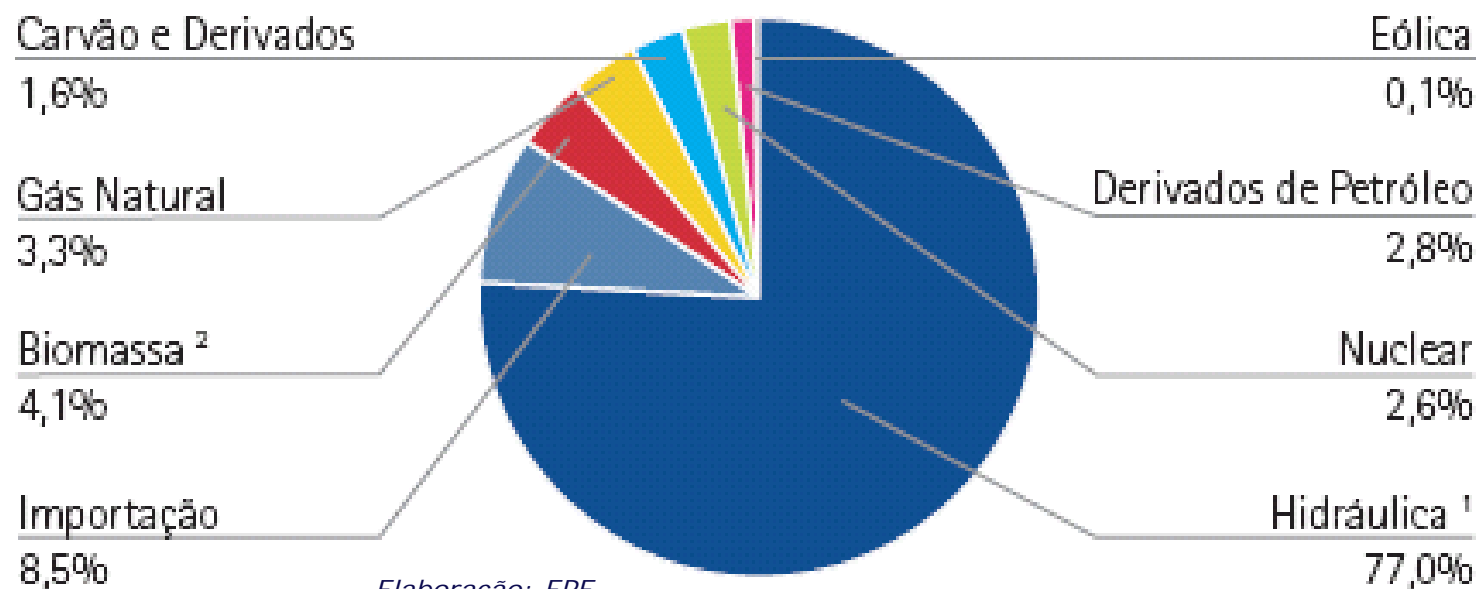
☐ Matriz Energética Brasileira Atual (2007)

milhões de tep

Energético	2007	2006	Δ %
Oferta Total	239,4	225,9	5,9
Energia Não Renovável	128,3	124,4	3,1
Petróleo e Derivados	87,9	85,5	2,8
Gás Natural	22,3	21,6	3,0
Carvão Mineral e Derivados	14,8	13,6	8,6
Urânio (U ₃ O ₈) e Derivados	3,3	3,7	-9,9
Energia Renovável	111,0	101,5	9,4
Energia Hidráulica	35,3	33,4	5,6
Lenha e Carvão Vegetal	29,9	28,6	4,6
Produtos da Cana-de-açúcar	38,4	32,8	17,1
Outras Renováveis	7,5	6,7	11,8

Elaboração: EPE
Fonte: BEN 2008

Matriz Elétrica Brasileira Atual (2007)



Elaboração: EPE
Fonte: BEN 2008

¹ Inclui importação.

² Inclui lenha, bagaço de cana, lixo e outras recuperações.

☐ Matriz Elétrica Brasileira Atual (2007)

Fontes	2007	2006	Δ %
Total	482,6	460,1	4,9
Energia Não Renovável	49,6	51,7	-4,1
Gás Natural	16,0	18,3	-12,3
Derivados de Petróleo	13,4	12,4	7,9
Nuclear	12,3	13,8	-10,2
Carvão e Derivados	7,9	7,2	10,4
Energia Renovável	433,0	408,4	6,0
Hidráulica	371,5	348,8	6,5
Importação	40,9	40,9	-0,2
Biomassa ¹	20,0	18,5	7,9
Eólica	0,6	0,2	135,8

¹ Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações.

Elaboração: EPE
Fonte: BEN 2008

↪ **Participação no total da geração de energia elétrica**

2006	2007
15,2%	14,3%

↪ **Participação por fonte na geração termoelétrica**

Biomassa *	28,7%
Gás Natural	23,0%
Nuclear	17,7%
Derivados de Petróleo	19,3%
Carvão e Derivados	11,3%

*Nota: * Inclui bagaço de cana-de-açúcar, lixívia, lenha, e outras recuperações*

*Elaboração: EPE
Fonte: BEN 2008*



Projeção da Matriz Energética Brasileira (PNE 2030)

PNE 2030

O Que é

Conjunto de estudos que compreende análises e pesquisas prospectivas, realizadas com o objetivo formular uma estratégia para a expansão da oferta de energia no país, segundo uma perspectiva de longo prazo para o uso integrado e sustentável dos recursos disponíveis e tendo como horizonte o ano 2030

Período de realização



Números



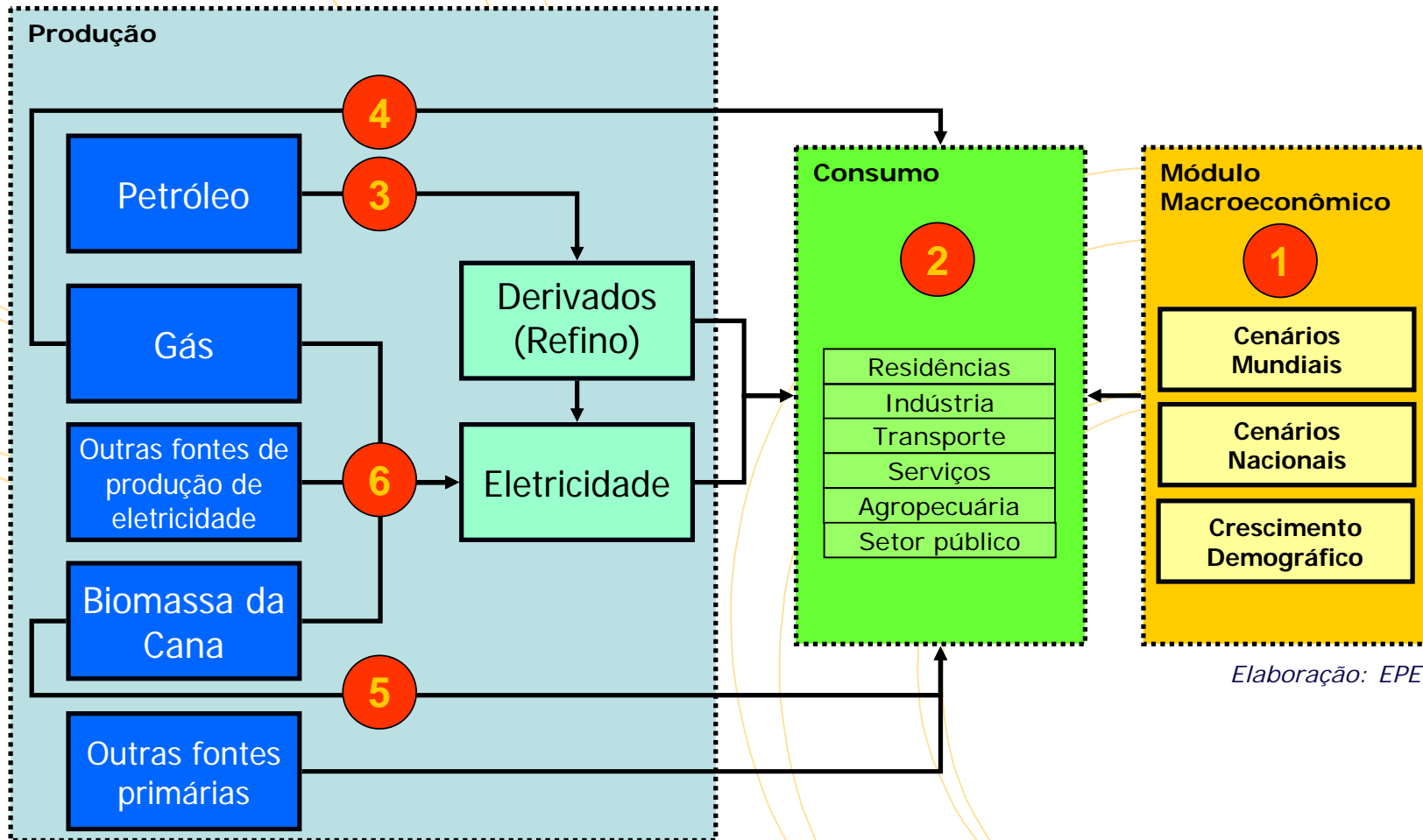
Realização



Relatório final disponível em <<http://www.epe.gov.br>>

Projeção da Matriz Energética Brasileira (PNE 2030)

Visão geral da abordagem



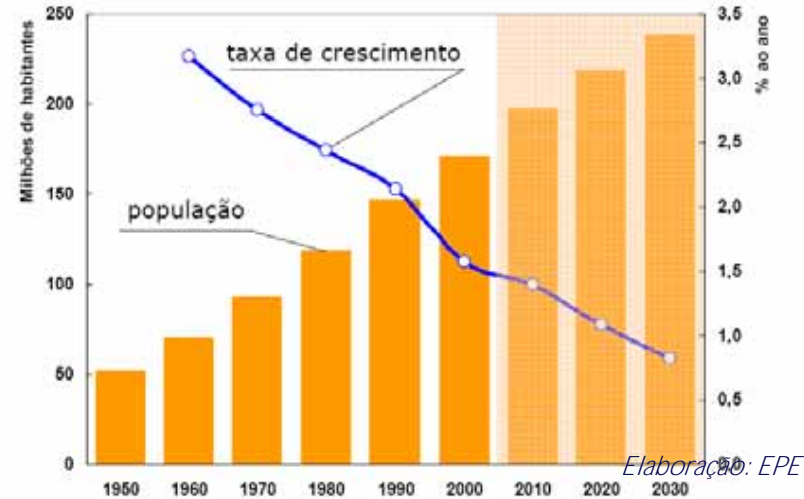
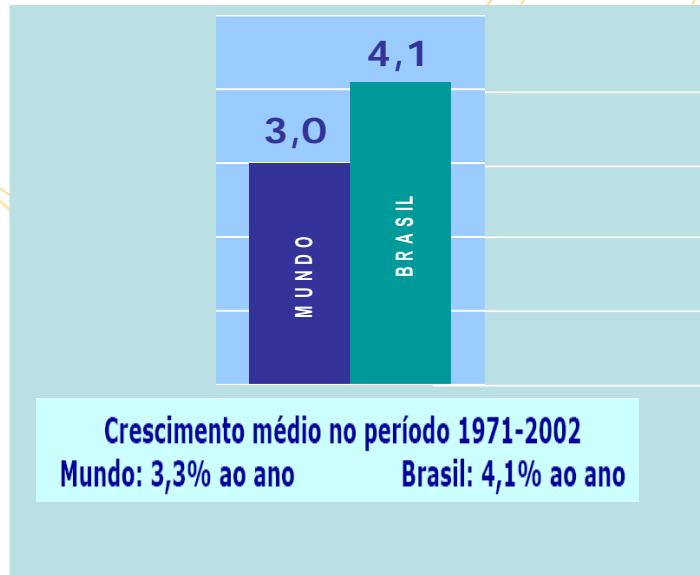
Elaboração: EPE

Projeção da Matriz Energética Brasileira (PNE 2030)

Crescimento econômico

2005-2030

Crescimento demográfico



CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO

Ano	milhões de habitantes
2005	185,5
2030	238,6

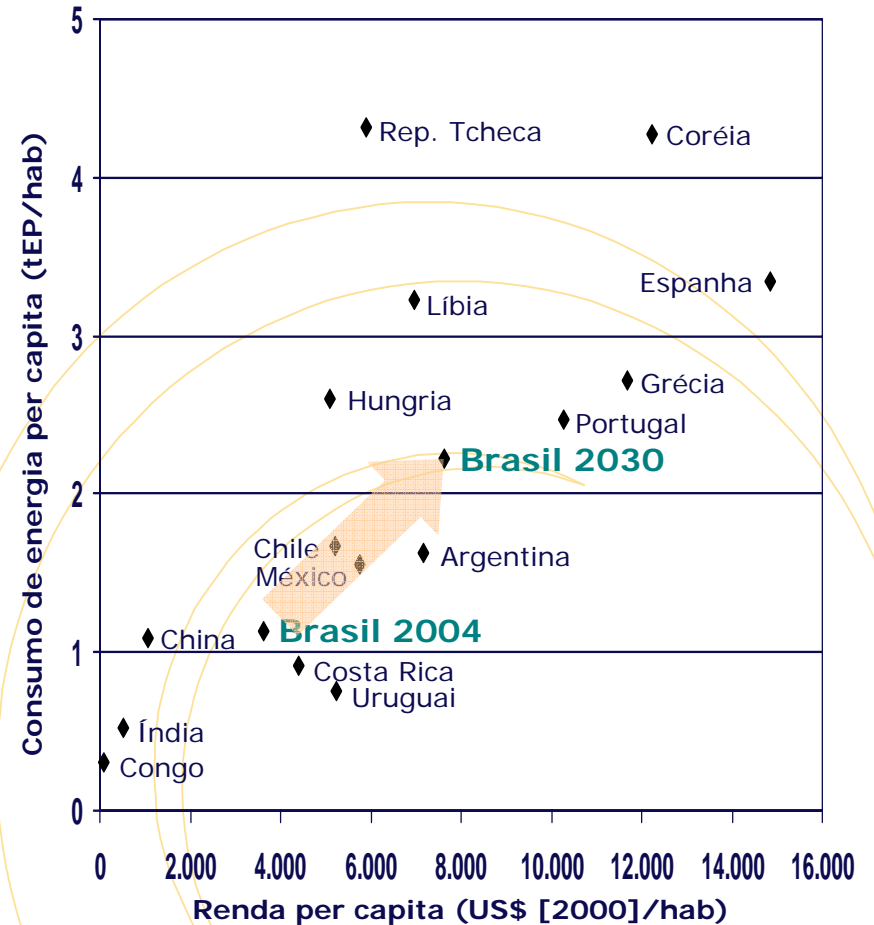
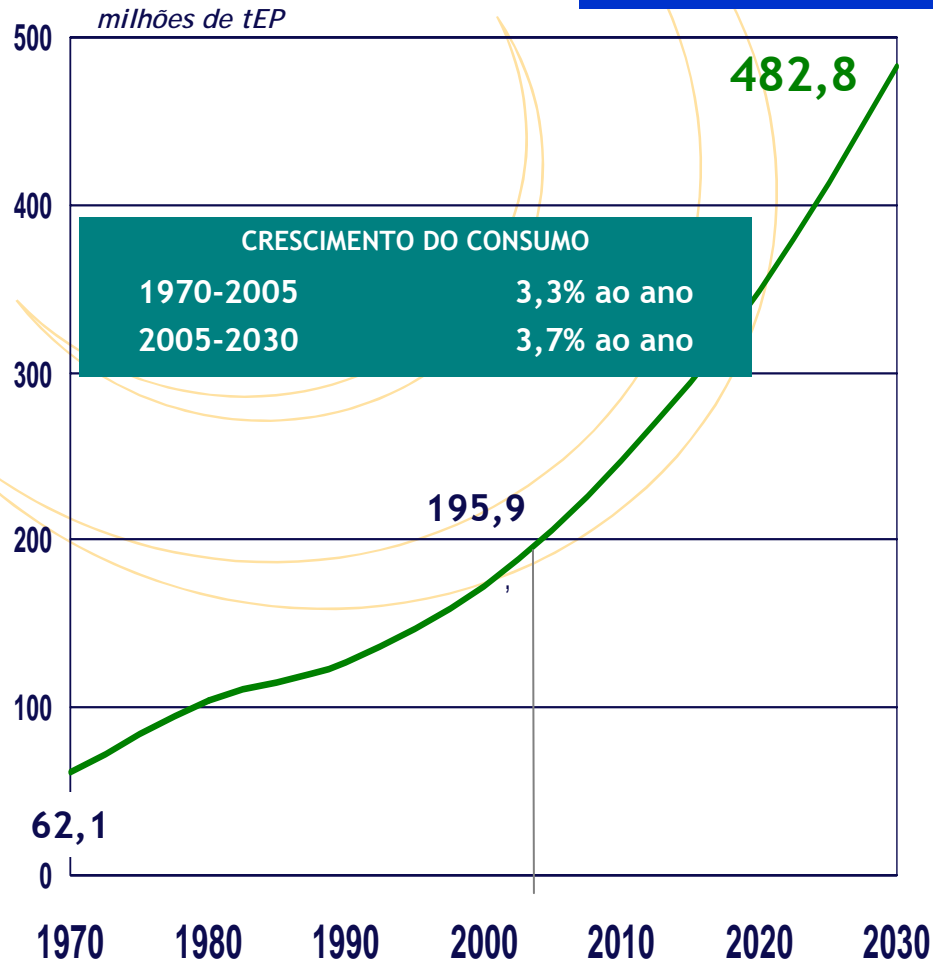
53,1

COMPARÁVEL À POPULAÇÃO DA



Projeção da Matriz Energética Brasileira (PNE 2030)

Projeção do consumo de energia

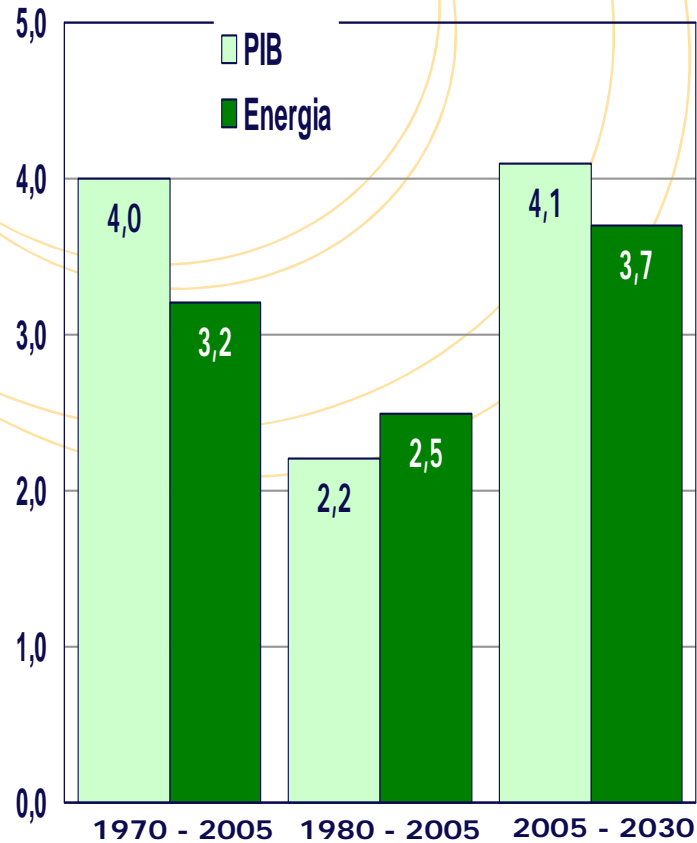


Obs: Dados referentes ao ano de 2003.
 Elaboração: EPE
 Fonte dos dados internacionais: AIE, 2005

☐ Projeção da Matriz Energética Brasileira (PNE 2030)

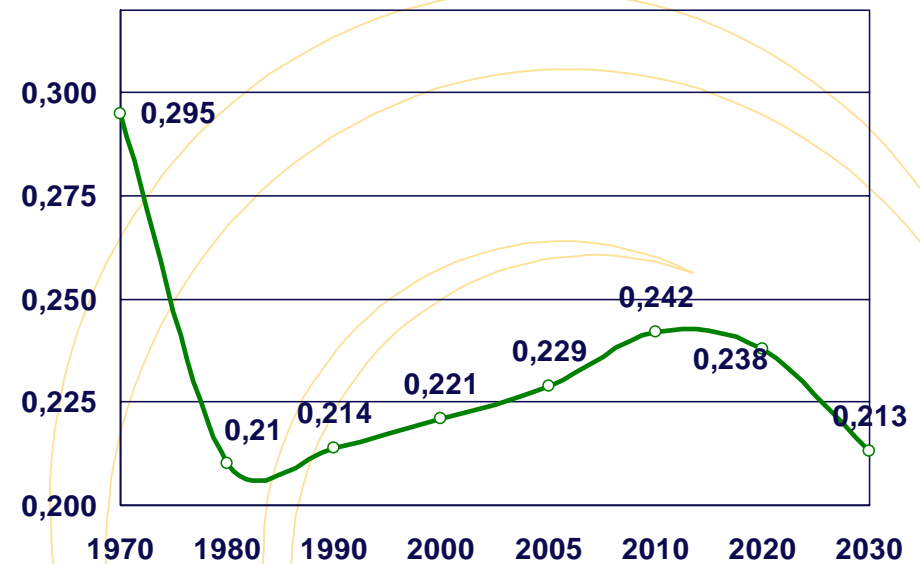
Indicadores do Consumo de Energia

Elasticidade-renda do consumo



Intensidade energética do PIB*

tEP/US\$ 1000 [2005]

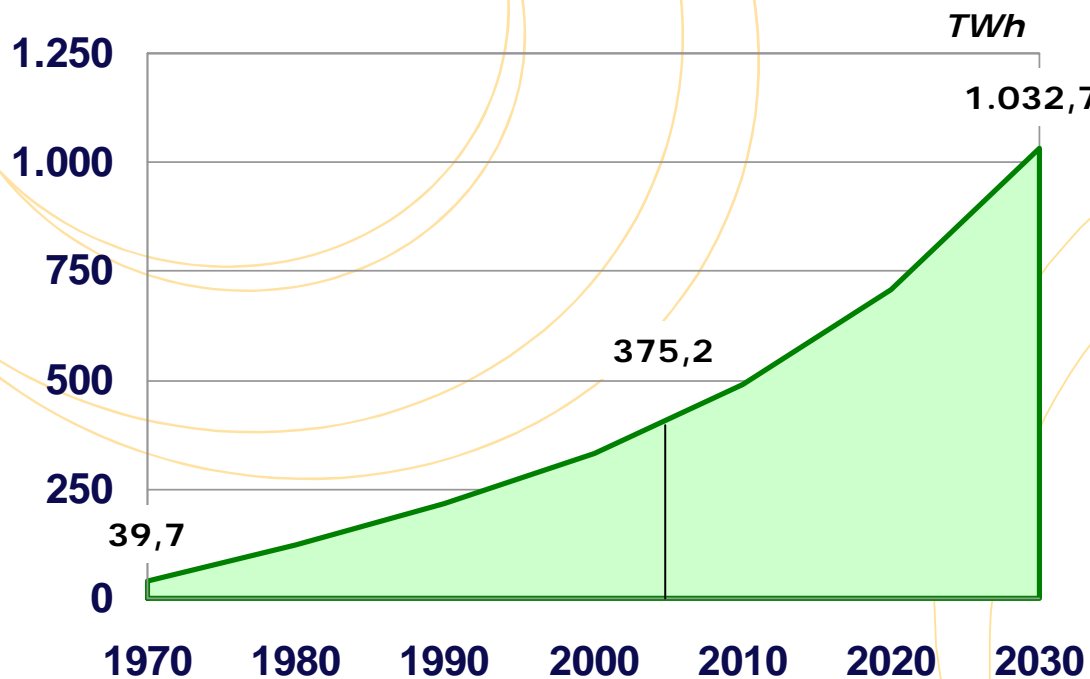


Obs.: exclusive consumo não energético
Elaboração: EPE

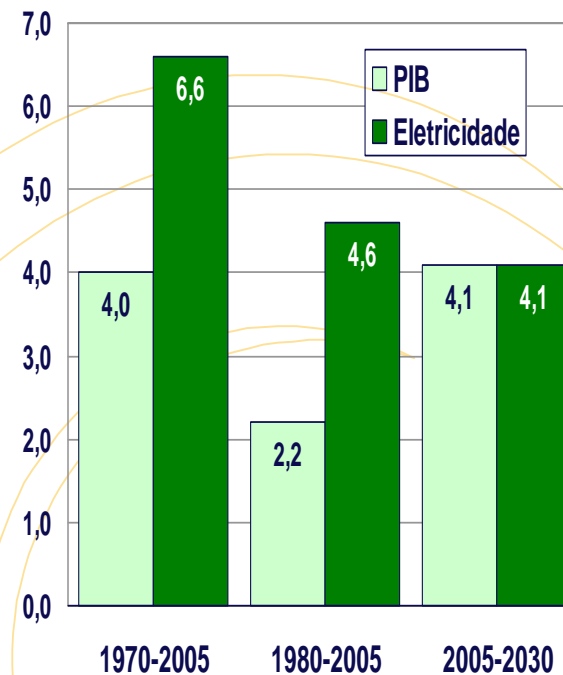
☐ **Projeção da Matriz Energética Brasileira (PNE 2030)**

Consumo de energia elétrica

Projeção do consumo total (uso final)



Elasticidade

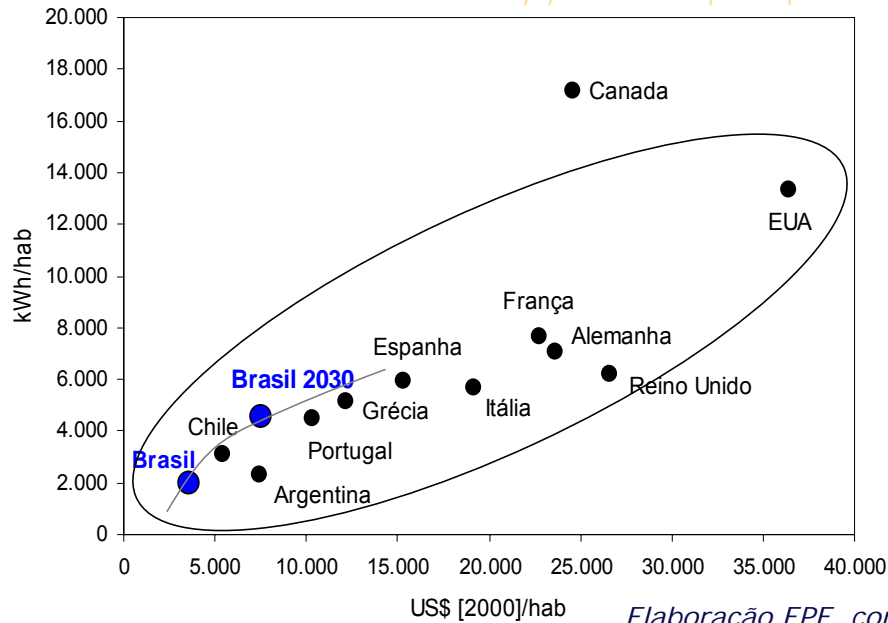


Fonte: PNE 2030 (EPE, 2007)
 Elaboração EPE
 Obs.: inclui autoprodução, exclui perdas

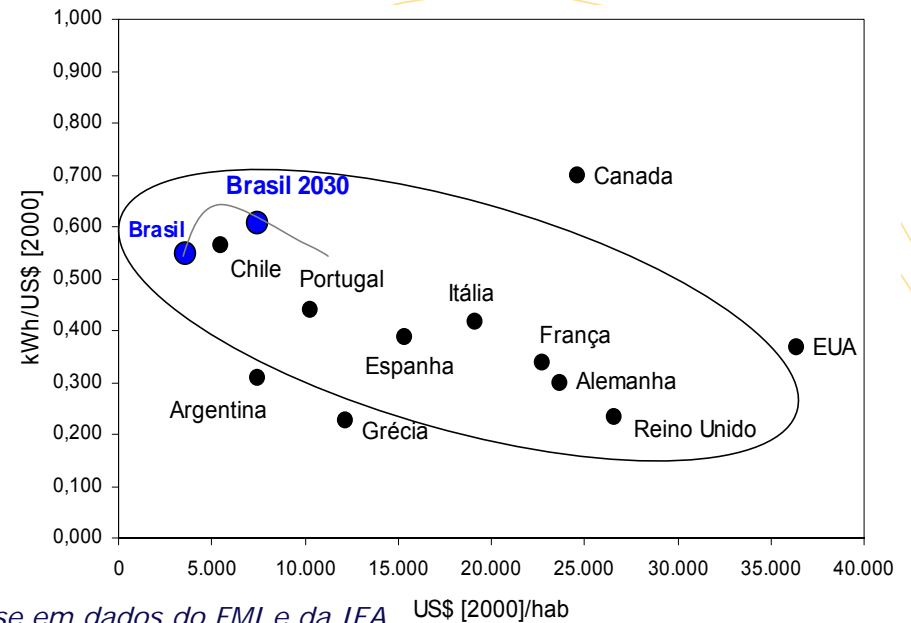
Projeção da Matriz Energética Brasileira (PNE 2030)

Indicadores do consumo de energia elétrica

Consumo e PIB per capita



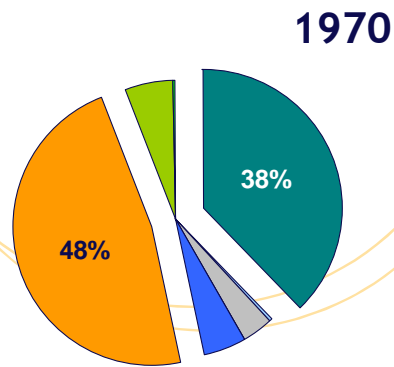
Intensidade elétrica e PIB per capita



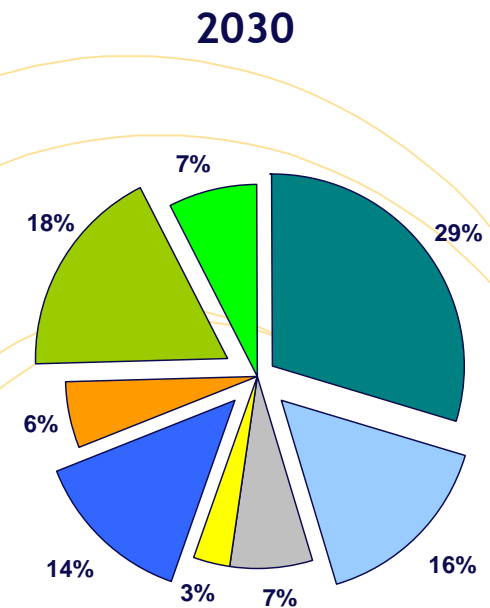
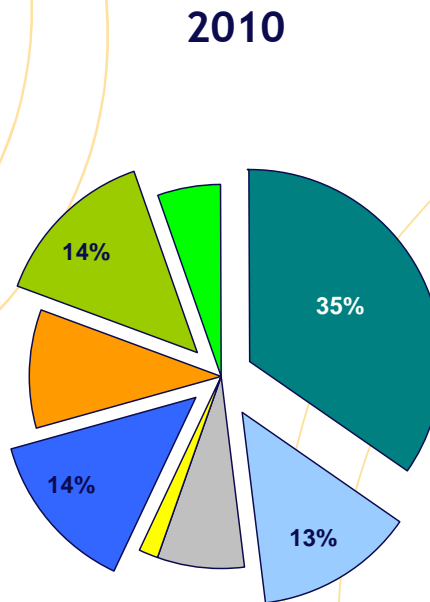
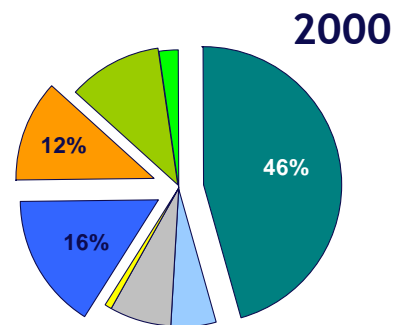
Fonte: PNE 2030 (EPE, 2007)

Projeção da Matriz Energética Brasileira (PNE 2030)

Evolução da Matriz Energética Brasileira



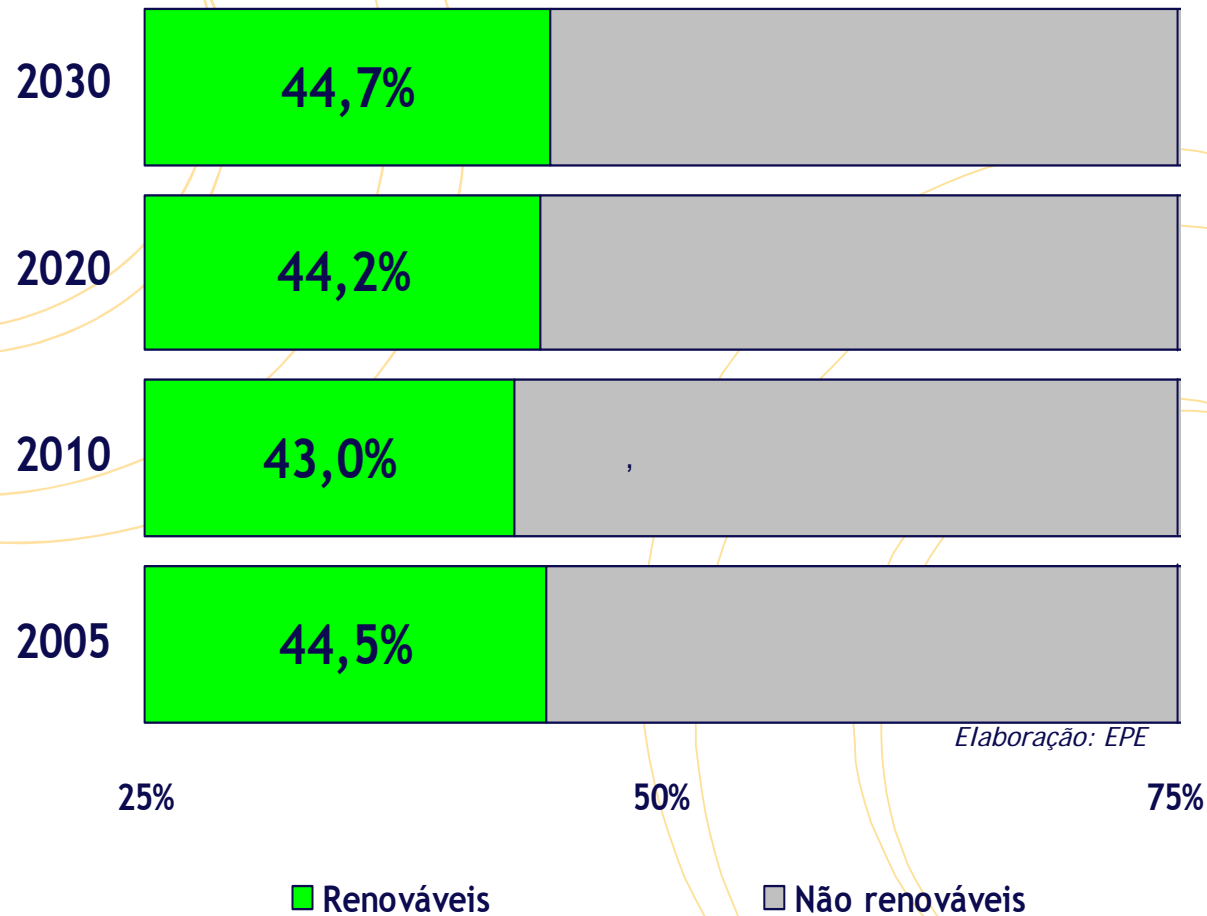
■ Petróleo
■ Carvão
■ Hidráulica
■ Cana
■ Gás
■ Urânio
■ Lenha
■ Outras renováveis



Obs.: Os gráficos indicam a evolução da oferta interna de energia.
 Os energéticos destacados explicam pelo menos ¾ da Matriz.
 Fontes: Balanço Energético Nacional e estudos da EPE
 Elaboração: EPE

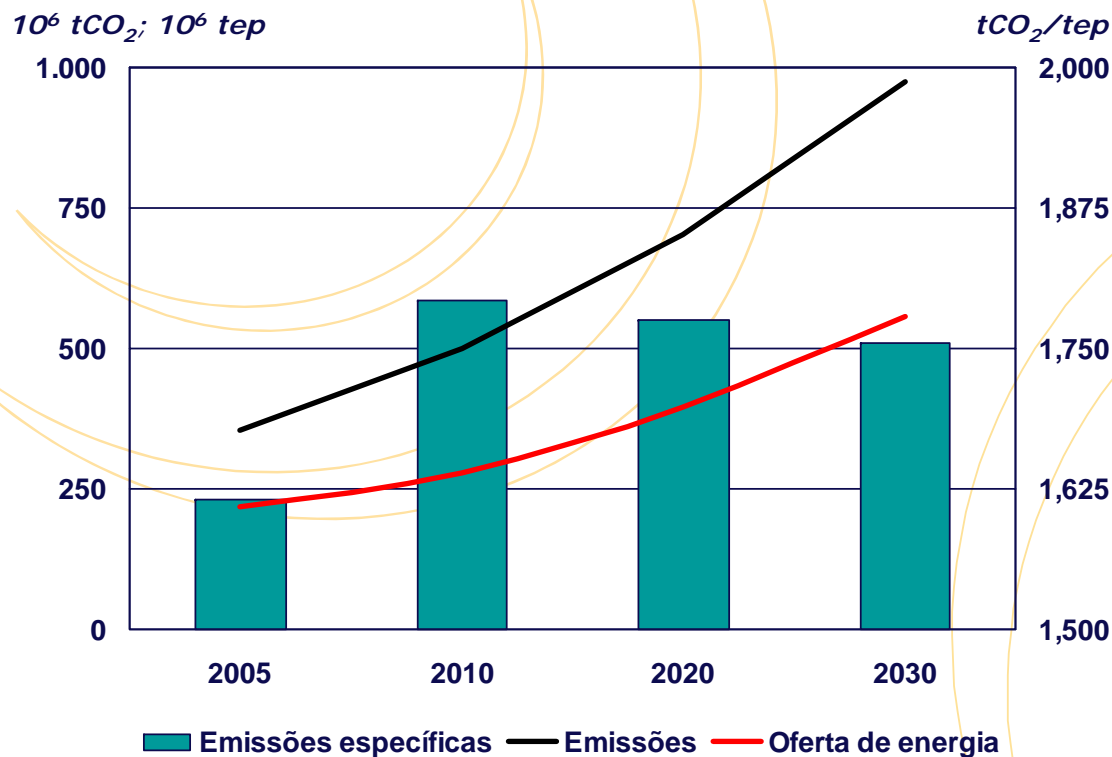
Projeção da Matriz Energética Brasileira (PNE 2030)

Participação das energias renováveis



Projeção da Matriz Energética Brasileira (PNE 2030)

Emissões de gases de efeito estufa



Fontes mais emissoras

	2005	2010	2030
Óleo diesel	31,5%	28,6%	28,0%
Carvão mineral(*)	12,9%	15,1%	15,2%
Gasolina	12,1%	9,8%	10,5%
Gás natural	11,4%	15,7%	17,3%

(*) inclui coque de carvão mineral

Setores mais emissores

	2005	2010	2030
Transporte	41,9%	36,8%	37,0%
Indústria	35,1%	35,1%	35,2%
Energia elétrica	5,8%	10,3%	10,5%
Setor energético	6,7%	8,2%	7,4%

Elaboração: EPE

Emissões..... milhões de toneladas de CO₂
 Oferta de energia..... milhões de tep
 Emissões específicas..... tCO₂/tep



Energia Nuclear no PNE 2030

Principais Condicionantes da Expansão da Energia Nuclear no PNE 2030

- **Crescimento da demanda de energia elétrica**
- **Oferta hidrelétrica:**
 - Aumento do portfólio de projetos, no médio prazo
 - Ritmo da expansão e esgotamento do potencial, no longo prazo
- **Oferta de energias renováveis**
- **Expansão da transmissão**
- **Competitividade**

Alternativas para atendimento da demanda de energia elétrica no PNE 2030

Gerenciamento da demanda

Conservação

- Progresso autônomo (já incluído na projeção da demanda)
- Programa específico (conservação induzida)

Expansão da oferta

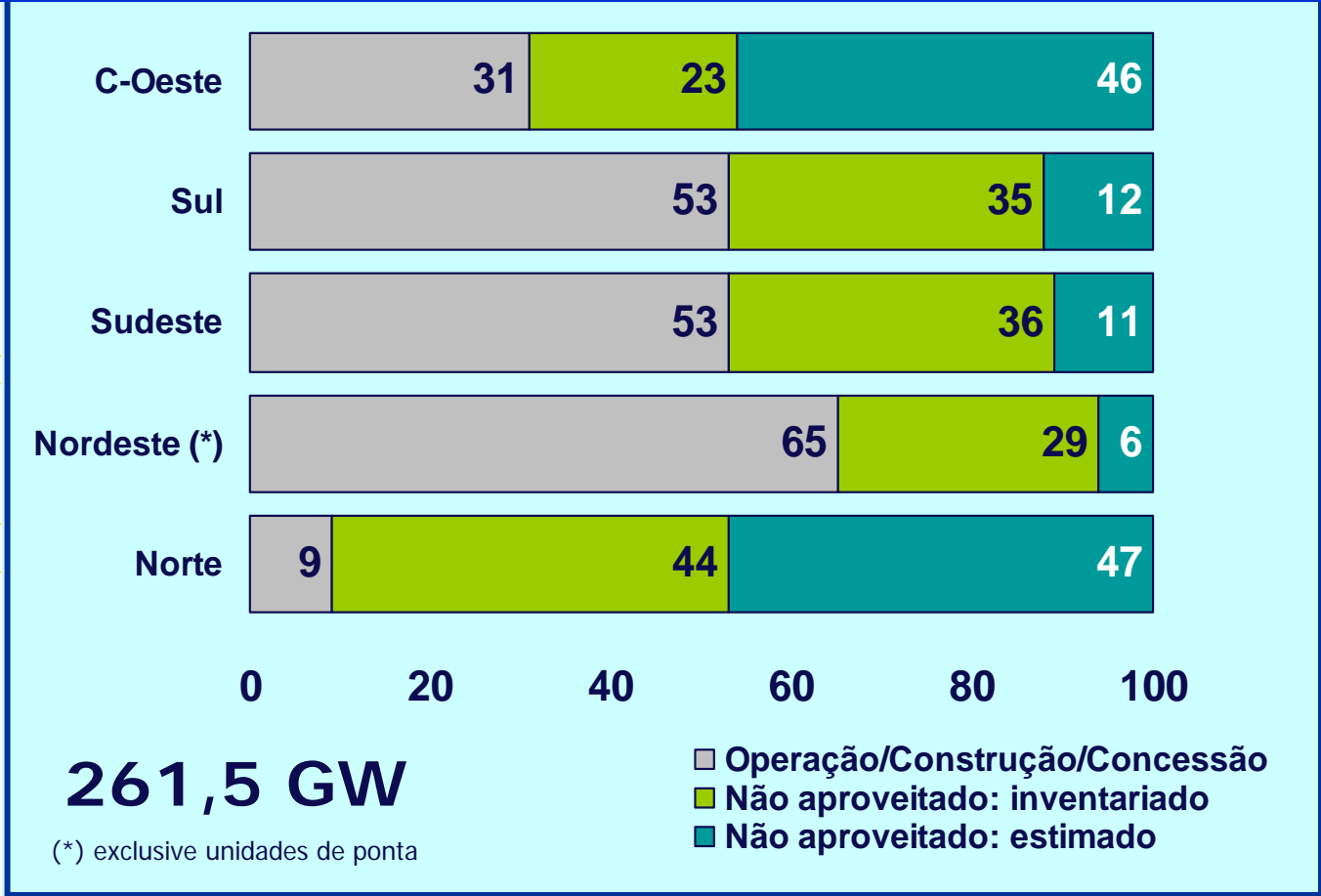
Autoprodução

Centrais de produção para a rede

- Hidrelétricas (inclusive PCH)
- Termelétricas a combustíveis fósseis
 - Gás natural
 - Carvão nacional (Sul)
 - Carvão importado
- Usinas nucleares
- Termelétricas com fontes renováveis
 - Biomassa cana (cogeração)
 - Outras biomassas (resíduos urbanos)
- Centrais eólicas

Elaboração EPE

Situação atual do potencial hidrelétrico brasileiro



Situação atual do potencial hidrelétrico brasileiro

Descrição	Potência GW	%
POTENCIAL HIDRELÉTRICO TOTAL	261,5	100,0
Usinas ou unidades de ponta	10,0	3,8
Potencial já aproveitado	66,1	25,3
Potencial de PCH (aproveitado e a aproveitar)	17,5	6,7
POTENCIAL A APROVEITAR	167,9	64,2

Hipóteses para expansão da oferta hidrelétrica

Classe	Descrição	Data mais cedo	Potência GW	%
POTENCIAL A APROVEITAR			167,9	100,0
0	Aproveitamentos considerados no Plano Decenal	2005	30,9	18,4
1	Aproveitamentos em bacias sem interferência com TI ou UC ¹	2015	19,8	11,2
2	Aproveitamentos em bacias não estudadas ou próximos a TI ou UC	2020	23,5	14,0
3	Aproveitamentos com grande economicidade mas com interferência em TI ou UC ²	2025	18,0	10,7
4	Aproveitamentos com grande complexidade ambiental ou baixo nível de investigação	2030	75,7	45,0

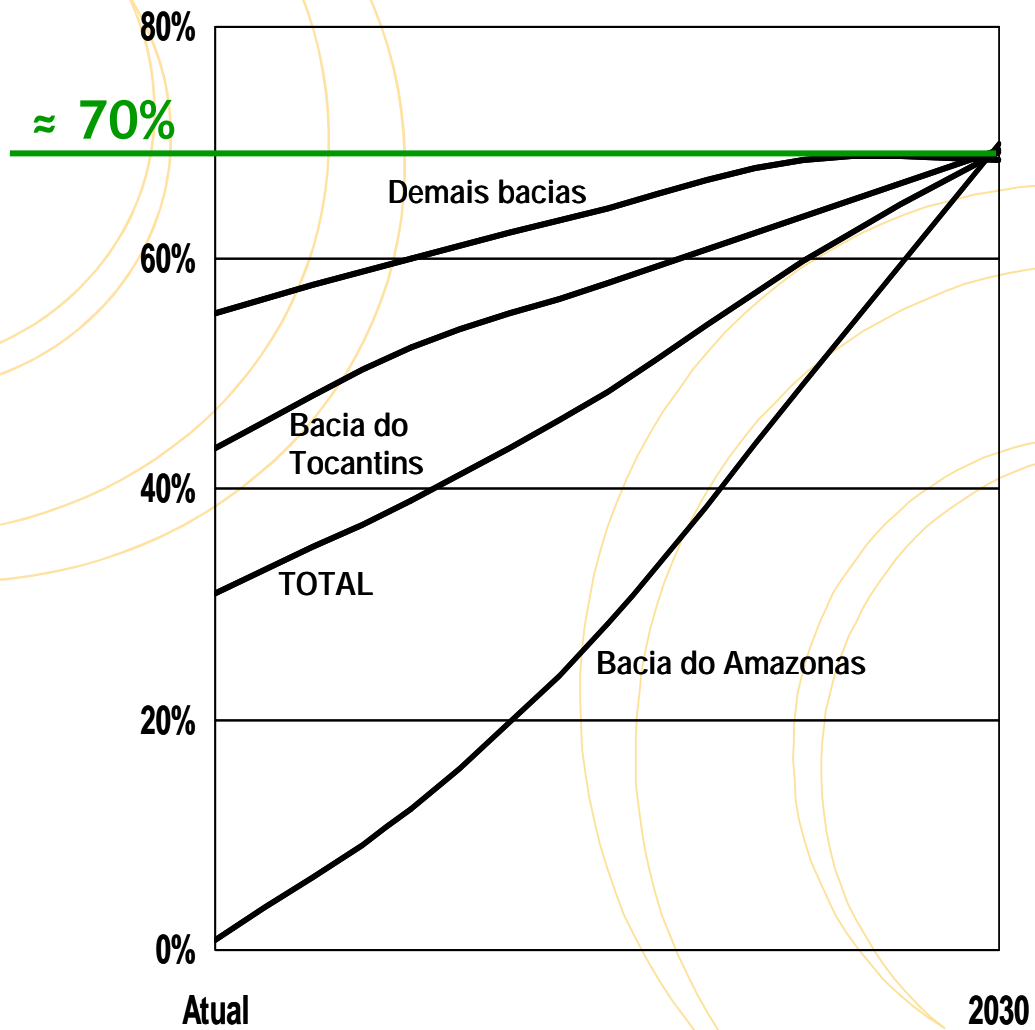
cerca de 30% do potencial hidrelétrico total

TI: Terras indígenas; UC: Unidades de Conservação

1/ Para as bacias em que os estudos de inventário ainda não foram atualizados, considerou-se as seguintes frações do potencial estimado como sem interferências com TI ou UC: bacia do Aripuanã, 70% (em razão da existência de TI em 25% da bacia); bacia do Sucunduri, 85% (devido à existência de UC de uso sustentável na porção mais alta da bacia).

2/ Esta classificação admite que os condicionantes atuais possam ser equacionados visando à viabilização do aproveitamento do potencial.

Hipóteses para expansão da oferta hidrelétrica



Hipóteses para outras energias renováveis

Hipótese geral

- considerou-se o incremento das fontes alternativas na matriz elétrica brasileira a longo prazo *ad hoc* da análise energética-econômica convencional.

Hipóteses por fonte

- **PCH**
desenvolvimento de cerca de metade do potencial hoje conhecido, o que significa acrescentar 6.000 MW no período 2015-2030
- **Centrais a biomassa**
aproveitamento do potencial indicado pelos estudos específicos sobre a cana-de-açúcar, o que significa acrescentar 6.500 MW até 2030
- **Centrais eólicas**
instalação de uma capacidade instalada equivalente à toda a primeira fase do PROINFA, o que significa acrescentar 3.300 MW no período 2015-2030
- **Resíduos urbanos**
aproveitamento energético de metade do volume de resíduo urbano produzido pelas 300 maiores cidades brasileiras (cerca de 40% do volume nacional), o que significa uma potência de 1.300 MW

Possibilidades de interligações



Legenda :

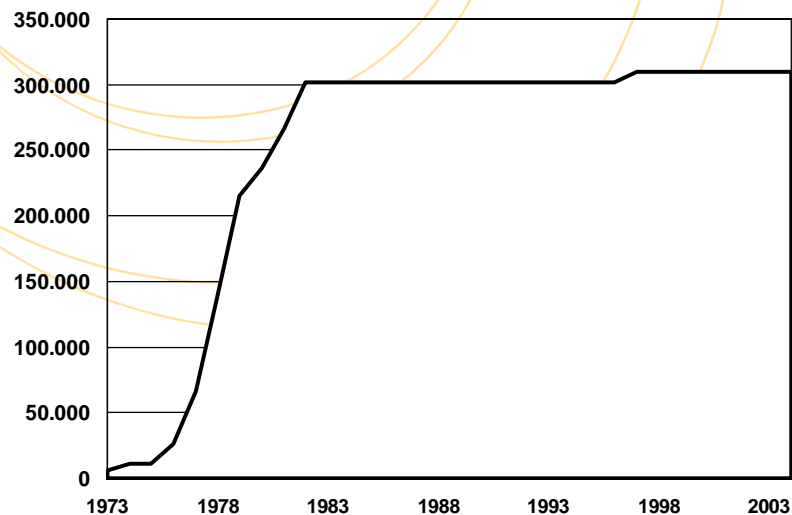
- centros de carga isolados que serão interligados ao SIN
- pólos de geração
- subsistemas do SIN
- interligações existentes
- novas interligações possíveis

Principais concorrentes da energia nuclear

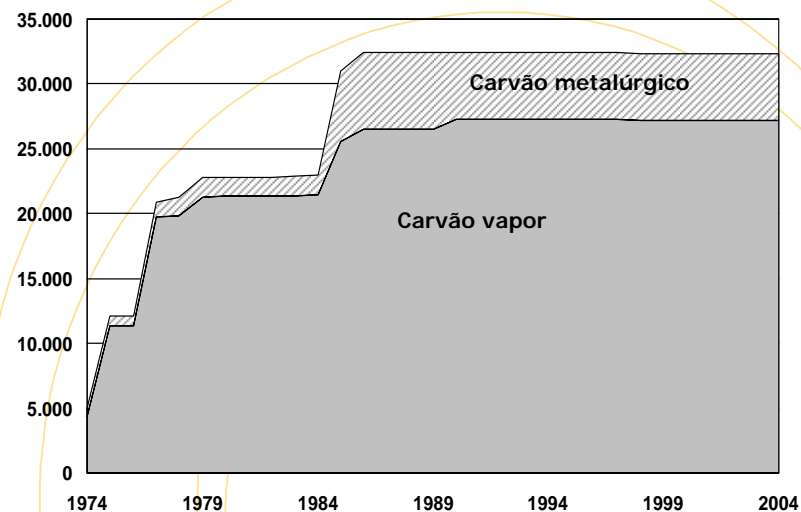
Incerteza Crítica	GÁS NATURAL	CARVÃO	NUCLEAR
Meio ambiente	maior aceitação	aceitação negociada, requer investimentos e tecnologia	aceitação negociada, descomissionamento
Investimento privado	elevado interesse	relativo interesse	restrições constitucionais
Mercado do combustível	restrições de infra-estrutura <i>(gás ainda não é commodity)</i>	restrições normais de mercado	restrições significativas
Dependência externa	potencial nacional limitado → importação	potencial nacional de baixo conteúdo energético → importação	há vasto potencial do minério

Reservas nacionais de urânio e carvão mineral

Reservas nacionais de urânio
(em toneladas de U_3O_8)



Reservas nacionais de carvão mineral
(em bilhões de toneladas)

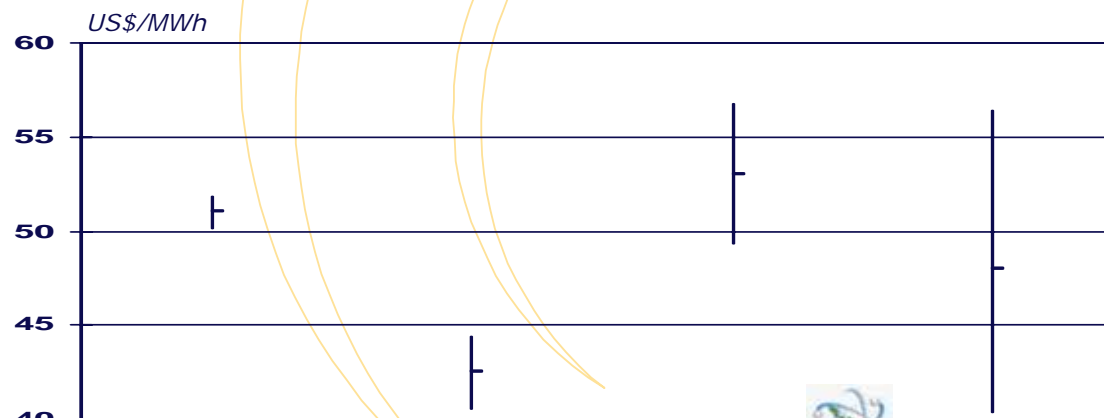


☐ Energia Nuclear no PNE 2030

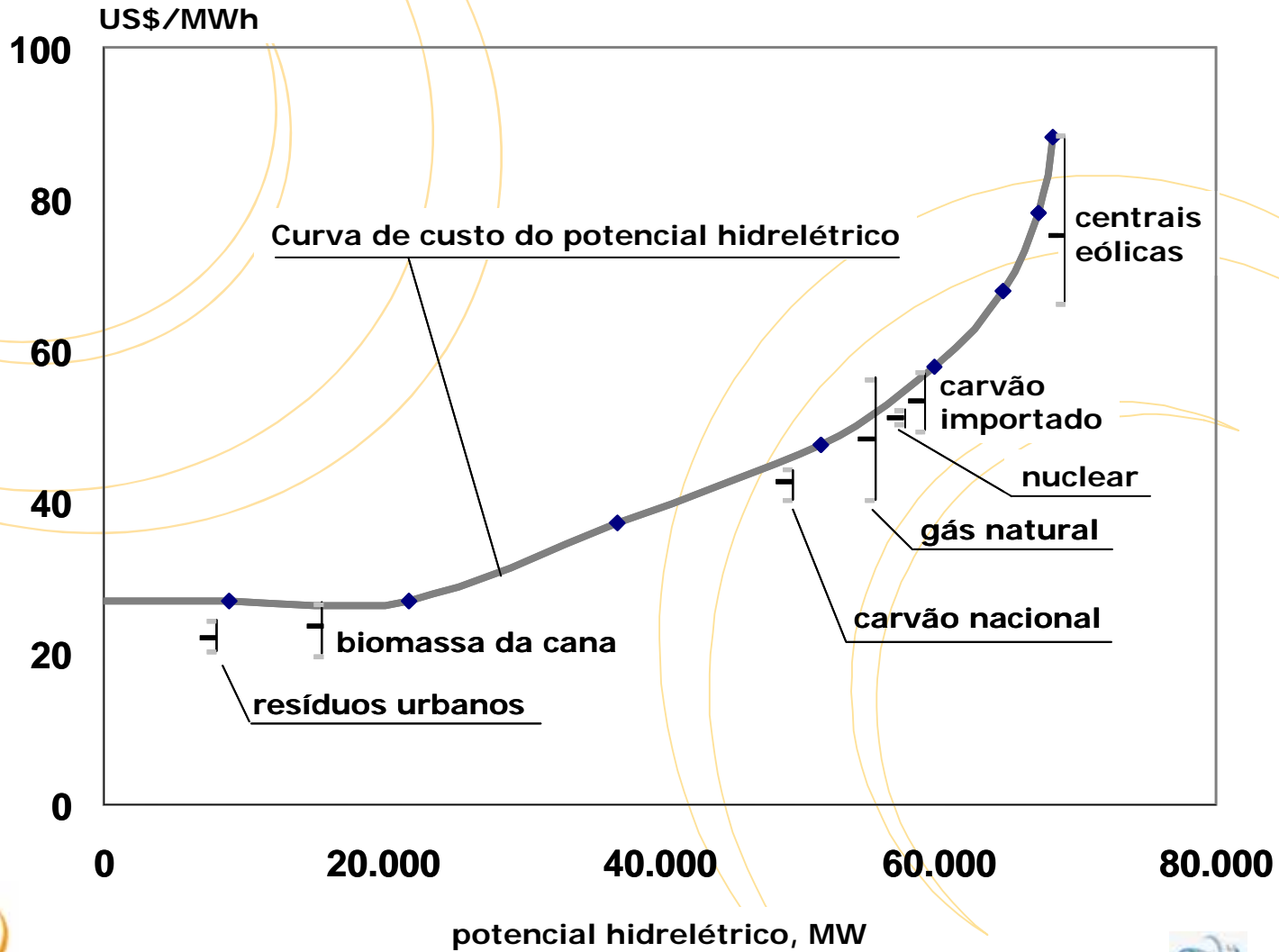
Custos da geração termelétrica

Item		Carvão Mineral			
		Nuclear	Nacional	Importado	Gás Natural
Custo de investimento, s/jdc	US\$/kW	2.200	1.600	1.600	750
Custo do combustível	US\$/MWh	8,0	16,4 <i>(16,4 US\$/t)</i>	28,8 <i>(64 US\$/t)</i>	40,3 <i>(6,5 US\$/MBtu)</i>
Custo da geração	US\$/MWh				
Médio		50,1	40,5	49,3	40,4
Crítico		51,8	44,4	56,8	56,4

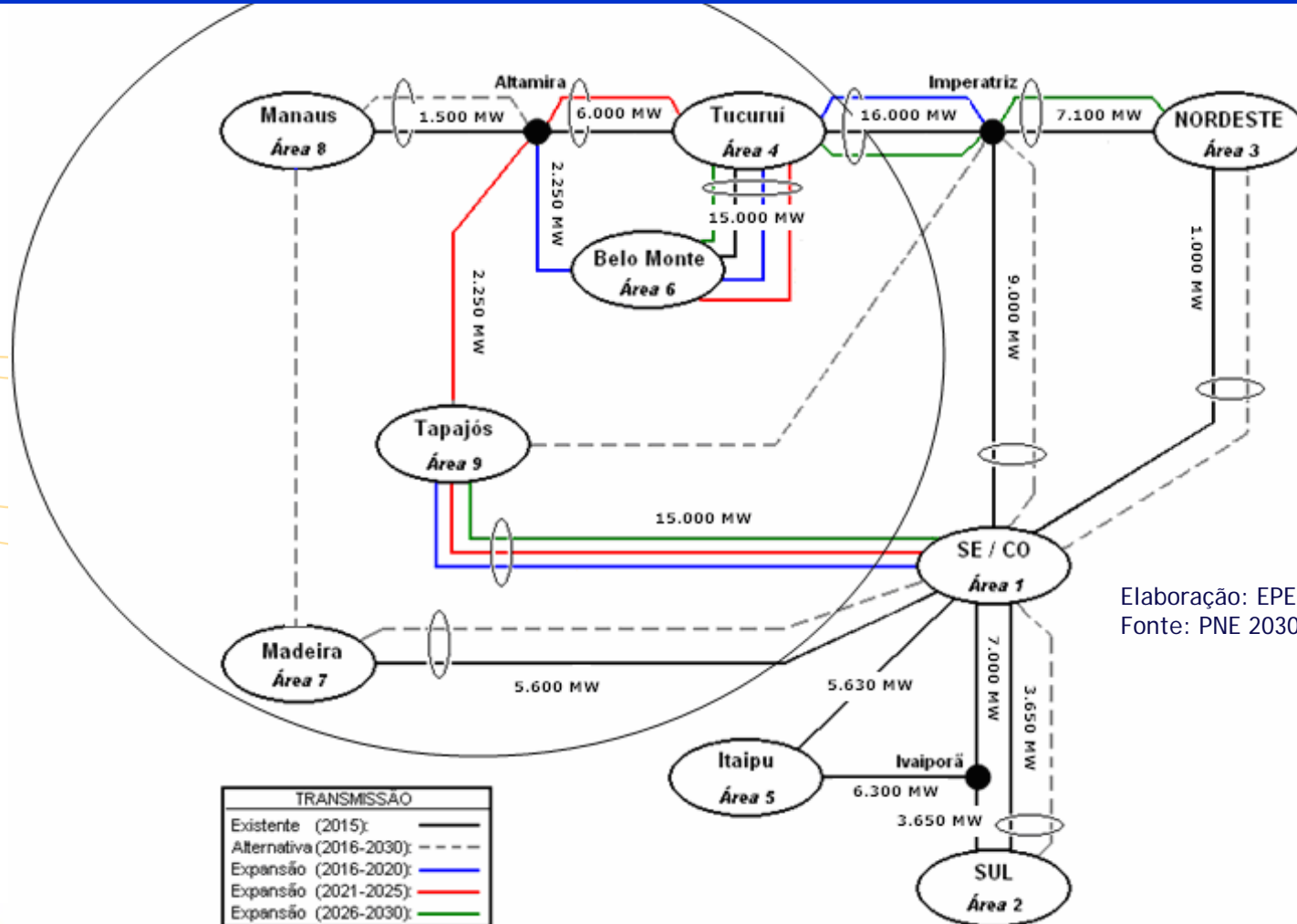
Observações:
 Taxa de desconto: 8% ao ano
 Custo na barra da usina
 Não considera financiamento
 Não considera impostos
 Preços de 2006
 Fonte: PNE 2030



Competitividade das fontes de geração



Expansão das interligações (PNE 2030)



Elaboração: EPE
Fonte: PNE 2030

Expansão da oferta na rede (PNE 2030)

Fonte	Capacidade instalada em		Acréscimo	
	2020	2030	2005-2030	2015-2030
Hidrelétricas	116.100	156.300	88.200	57.300
<i>Grande porte¹</i>	<i>116.100</i>	<i>156.300</i>	<i>88.200</i>	<i>57.300</i>
Térmicas	26.897	39.897	22.945	15.500
<i>Gás natural</i>	<i>14.035</i>	<i>21.035</i>	<i>12.300</i>	<i>8.000</i>
<i>Nuclear</i>	<i>4.347</i>	<i>7.347</i>	<i>5.345</i>	<i>4.000</i>
<i>Carvão²</i>	<i>3.015</i>	<i>6.015</i>	<i>4.600</i>	<i>3.500</i>
<i>Outras³</i>	<i>5.500</i>	<i>5.500</i>	<i>700</i>	<i>-</i>
Alternativas	8.783	20.322	20.048	15.350
<i>PCH</i>	<i>3.330</i>	<i>7.769</i>	<i>7.473</i>	<i>6.000</i>
<i>Centrais eólicas</i>	<i>2.282</i>	<i>4.682</i>	<i>4.733</i>	<i>3.300</i>
<i>Biomassa da cana</i>	<i>2.971</i>	<i>6.571</i>	<i>6.515</i>	<i>4.750</i>
<i>Resíduos urbanos</i>	<i>200</i>	<i>1.300</i>	<i>1.327</i>	<i>1.300</i>
Importação	8.400	8.400	0	0
TOTAL	160.180	224.919	131.193	88.150

1/inclui usinas binacionais; 2/ refere-se somente ao carvão nacional: não houve expansão com carvão importado; 3/ a expansão após 2015 é, numericamente, pouco significativa, por referir-se aos sistemas isolados remanescentes (0,2% do consumo nacional).

Elaboração: EPE

Expansão da oferta na rede (2015-2030): regionalização

Fonte	Norte	Nordeste	Sudeste ¹	Sul	TOTAL
Hidrelétricas	43.720	580	8.860	4.140	57.300
<i>Grande porte²</i>	<i>43.720</i>	<i>580</i>	<i>8.860</i>	<i>4.140</i>	<i>57.300</i>
Térmicas	0	5.500	6.000	4.000	15.500
<i>Gás natural</i>	<i>0</i>	<i>3.500</i>	<i>4.000</i>	<i>500</i>	<i>8.000</i>
<i>Nuclear</i>	<i>0</i>	<i>2.000</i>	<i>2.000</i>	<i>0</i>	<i>4.000</i>
<i>Carvão</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>3.500</i>	<i>9.000</i>
<i>Outras</i>	<i>-³</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>-³</i>
Alternativas	0	3.950	8.000	3.400	15.350
<i>PCH</i>	<i>0</i>	<i>500</i>	<i>4.000</i>	<i>1.500</i>	<i>6.000</i>
<i>Centrais eólicas</i>	<i>0</i>	<i>2.200</i>	<i>0</i>	<i>1.100</i>	<i>3.300</i>
<i>Biomassa da cana</i>	<i>0</i>	<i>950</i>	<i>3.300</i>	<i>500</i>	<i>4.750</i>
<i>Resíduos urbanos</i>	<i>0</i>	<i>300</i>	<i>700</i>	<i>300</i>	<i>1.300</i>
TOTAL	43.720	10.030	22.860	11.540	88.150

1/inclui Centro-Oeste; 2/ inclui hidrelétricas binacionais; 3/ valores numericamente pouco significativos, correspondentes à expansão da carga do sistemas isolados remanescente (0,2% do consumo nacional)

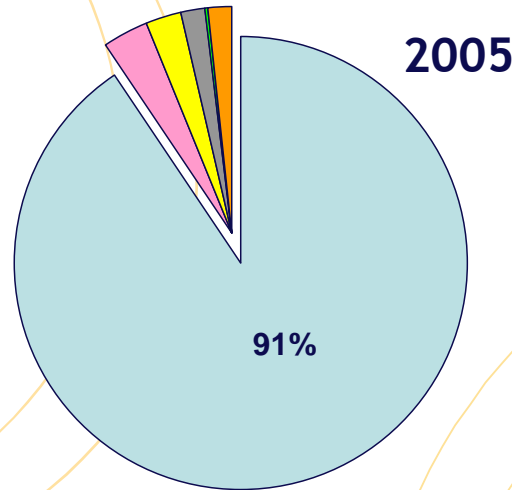
Elaboração: EPE

☐ Energia Nuclear no PNE 2030

Matriz de Energia Elétrica (na rede)

Potência Instalada 2005	
	MW
Hidro	68.600
Termo	14.950
Nuclear	2.002
Outras renováveis	854
TOTAL	86.406

*Obs.: inclui metade de Itaipu
exclui autoprodução e importação*

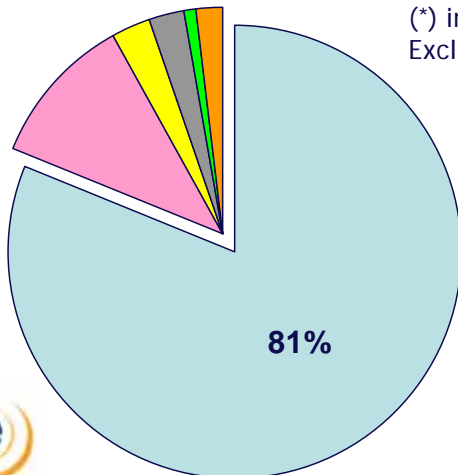


Acréscimo de potência 2005-2030	
	MW
Hidro	88.200
Gás	12.300
Nuclear	5.345
Carvão	4.600
Outras termo	700
PCH	7.473
Eólica	4.733
Biomassa cana	6.515
RSU e outras	1.327
TOTAL	131.193

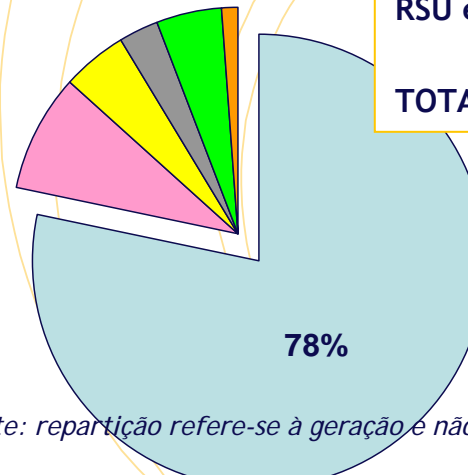
- Hidráulica (*)
- Gás
- Nuclear
- Carvão
- Outras renováveis
- Outras não-renováveis

(*) inclui importação e PCH
Exclusive autoprodução

2010



2030



4% da expansão na rede

Elaboração: EPE
Fonte: PNE 2030

Importante: repartição refere-se à geração e não à potência instalada

Matriz Elétrica Brasileira em 2030

Ranking por fonte (TWh) (inclui autoprodução)

1. Hidráulica de grande porte (*)	820,7	68,6%
2. Resíduos industriais	97,8	8,2%
3. Gás	92,1	7,7%
4. Renováveis na rede (**)	91,5	7,6%
5. Nuclear	51,6	4,3%
6. Carvão	31,4	2,6%
7. Outras não renováveis	12,5	1,0%
TOTAL	1.197,6^(***)	100%

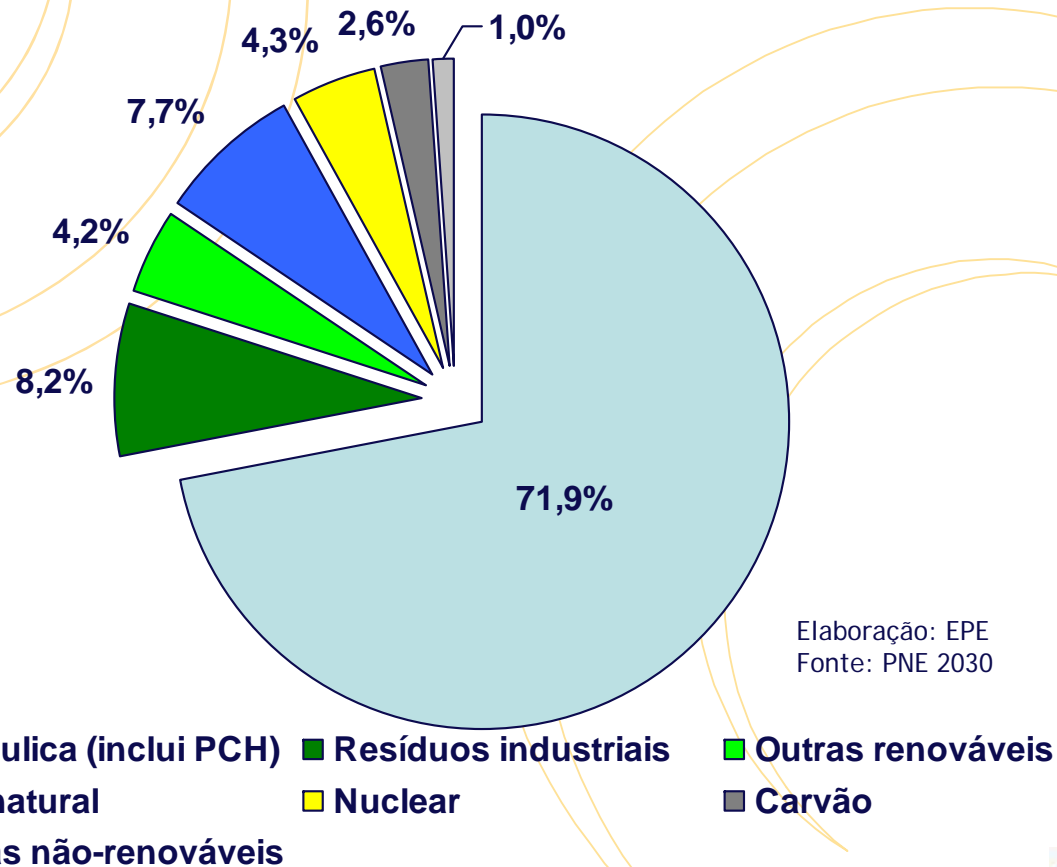
Elaboração: EPE
Fonte: PNE 2030

(*) inclui importação (**) PCH, centrais eólicas, biomassa (cana) e RSU (***) inclui perdas

Matriz Elétrica Brasileira em 2030

Em 2030:

- a geração nuclear no Brasil deverá ser 4 vezes maior do que em 2007
- a participação da energia nuclear na matriz elétrica brasileira deverá ser pelo menos 70% maior do que a de 2007



Muito obrigado!



EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE

<http://www.epe.gov.br>

Av. Rio Branco, 1 – 11º andar
20090-003 Rio de Janeiro RJ
Tel.: + 55 (21) 3512 - 3100
Fax: + 55 (21) 3512 - 3199

