

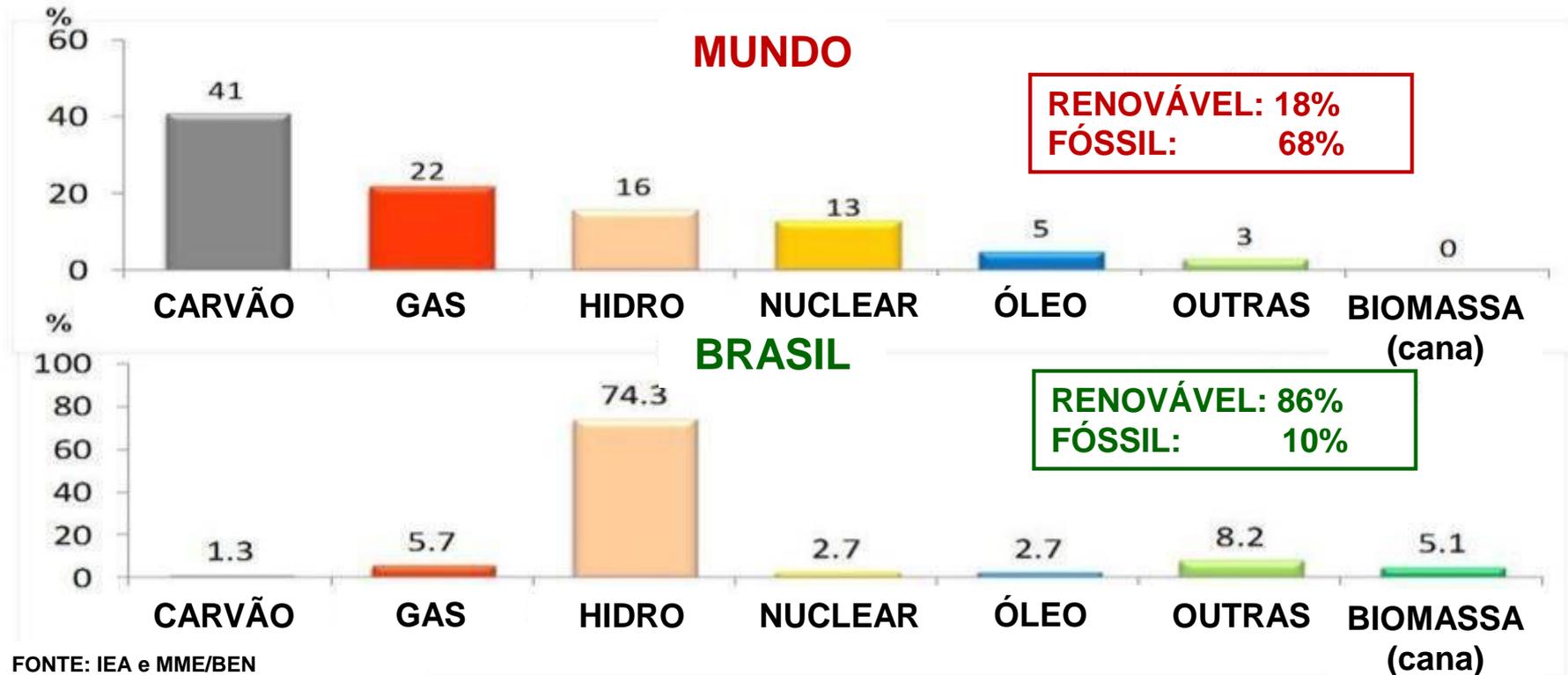
Leonam dos Santos Guimarães
11º BRAZIL ENERGY AND POWER
Desafios e Metas do
Planejamento Energético Brasileiro
26 de agosto de 2013

Transição Hidrotérmica: desafio do Sistema Interligado Nacional



Sistema Elétrico único no mundo

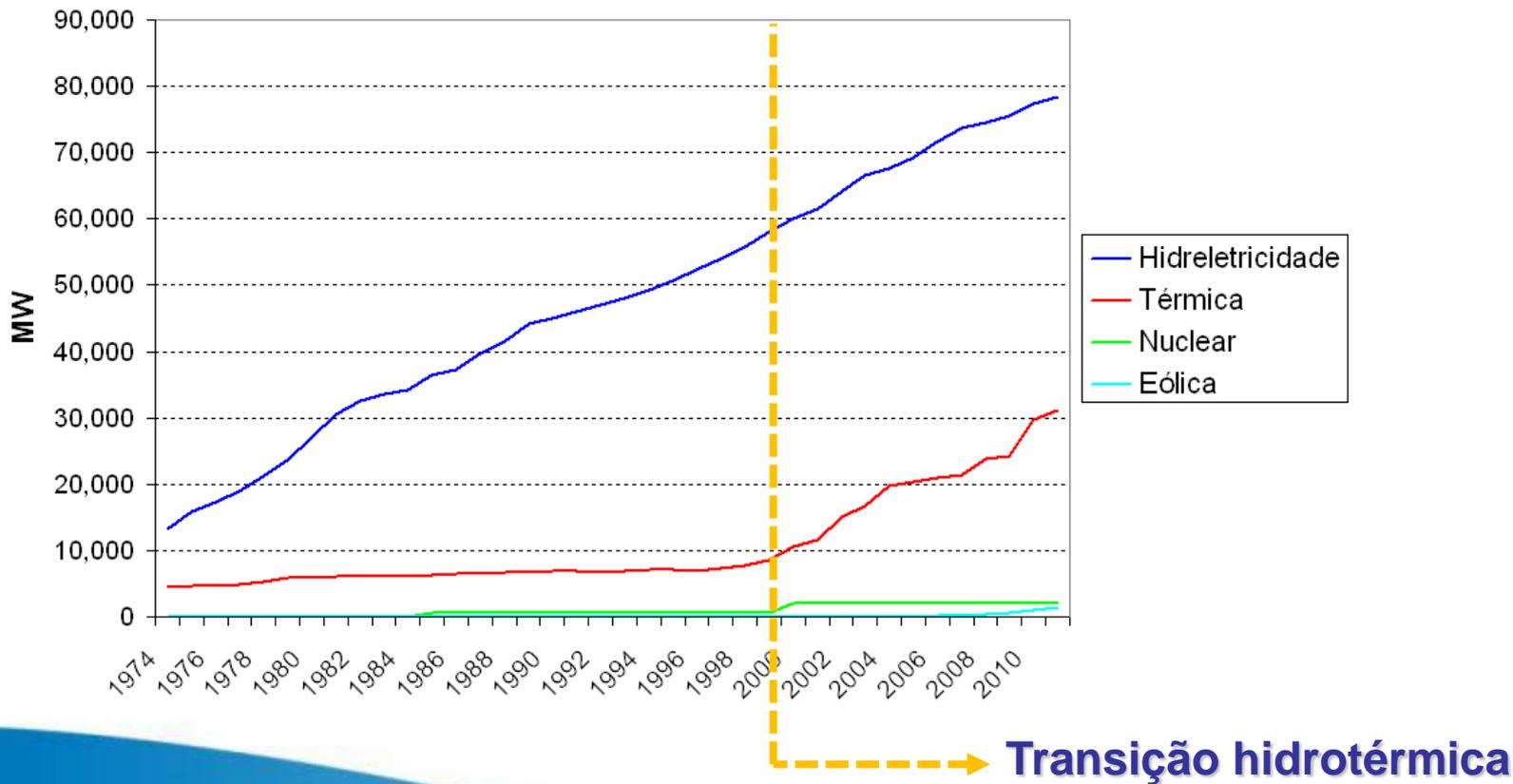
Inédito nível de contribuição de energia renovável e “verde”



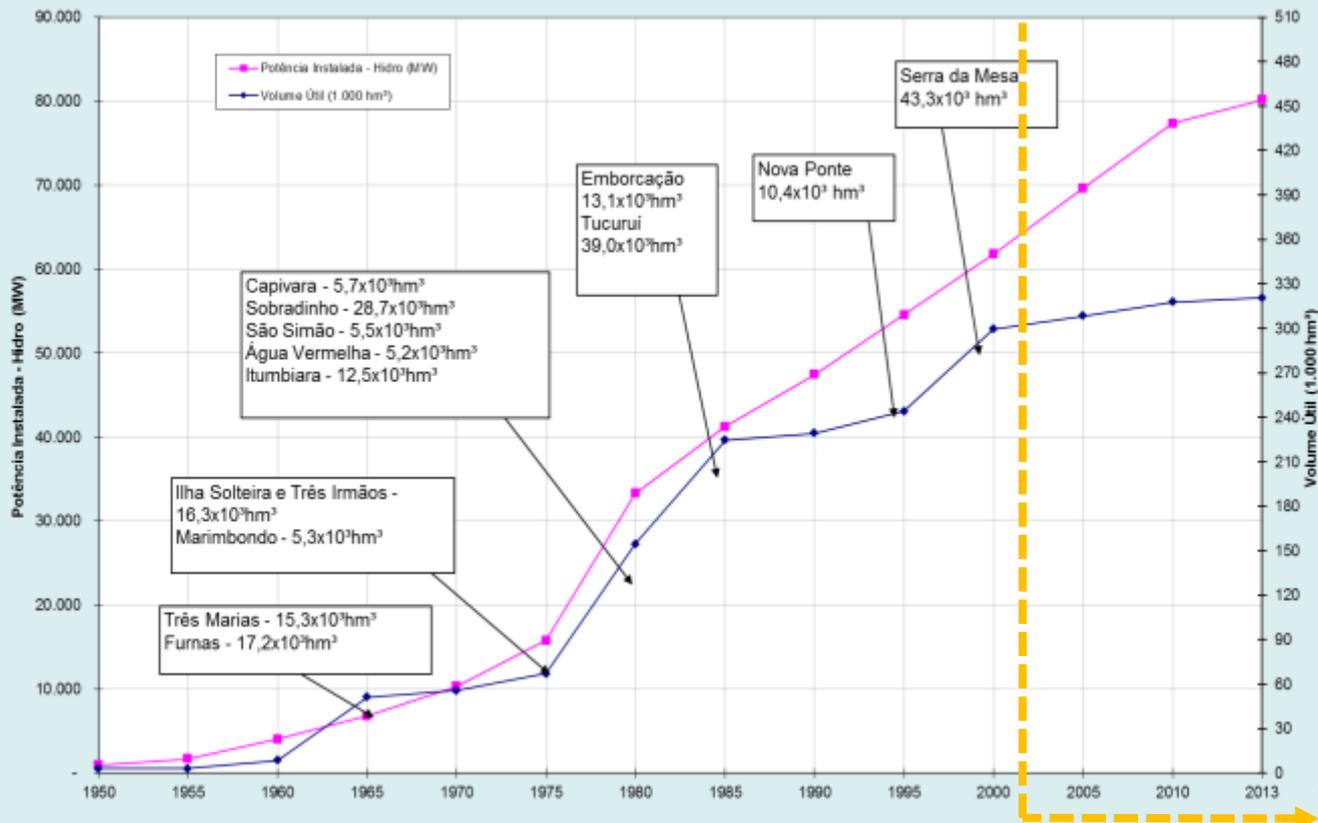
Conceito de transição hidrotérmica

- a expansão de um **sistema elétrico interligado de grande porte**, com significativa **predominância** de fonte primária renovável **hídrica** passa a requerer uma **crecente contribuição térmica**,
 - seja por paulatino **esgotamento do potencial econômica e ambientalmente viável** dessa fonte
 - e/ou por **perda de sua capacidade de autoregulação decorrente da diminuição da capacidade de armazenagem de água nos reservatórios em relação ao crescimento da carga do sistema.**

Evolução da Capacidade Instalada



Evolução do Volume Útil Acumulado e da Potência Hídrica Instalada no Sistema Interligado Nacional (SIN)

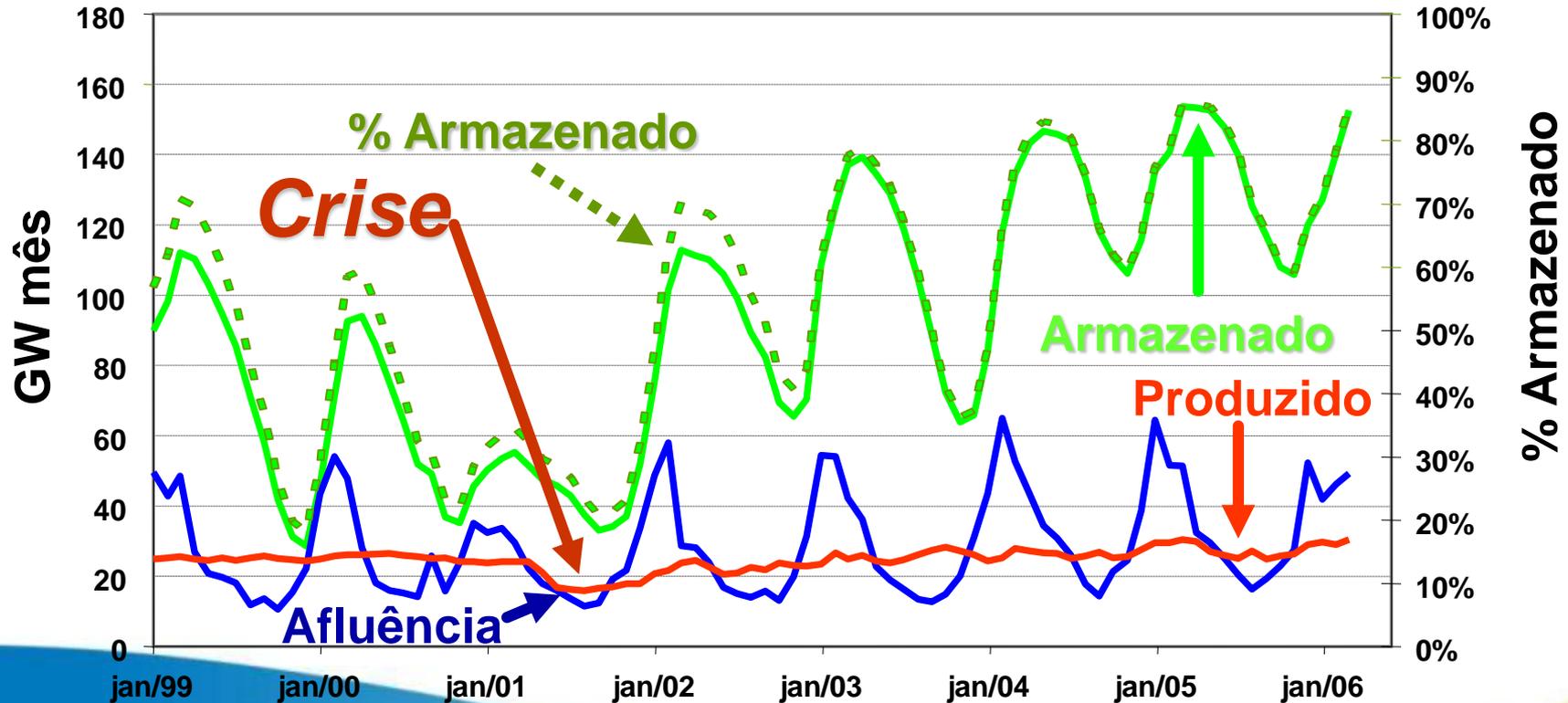


Transição hidrotérmica

Os 13 maiores reservatórios identificados na figura possuem volume útil maior que $5 \times 10^3 \text{ hm}^3$ e, juntos, correspondem a 74% do volume útil total acumulado no

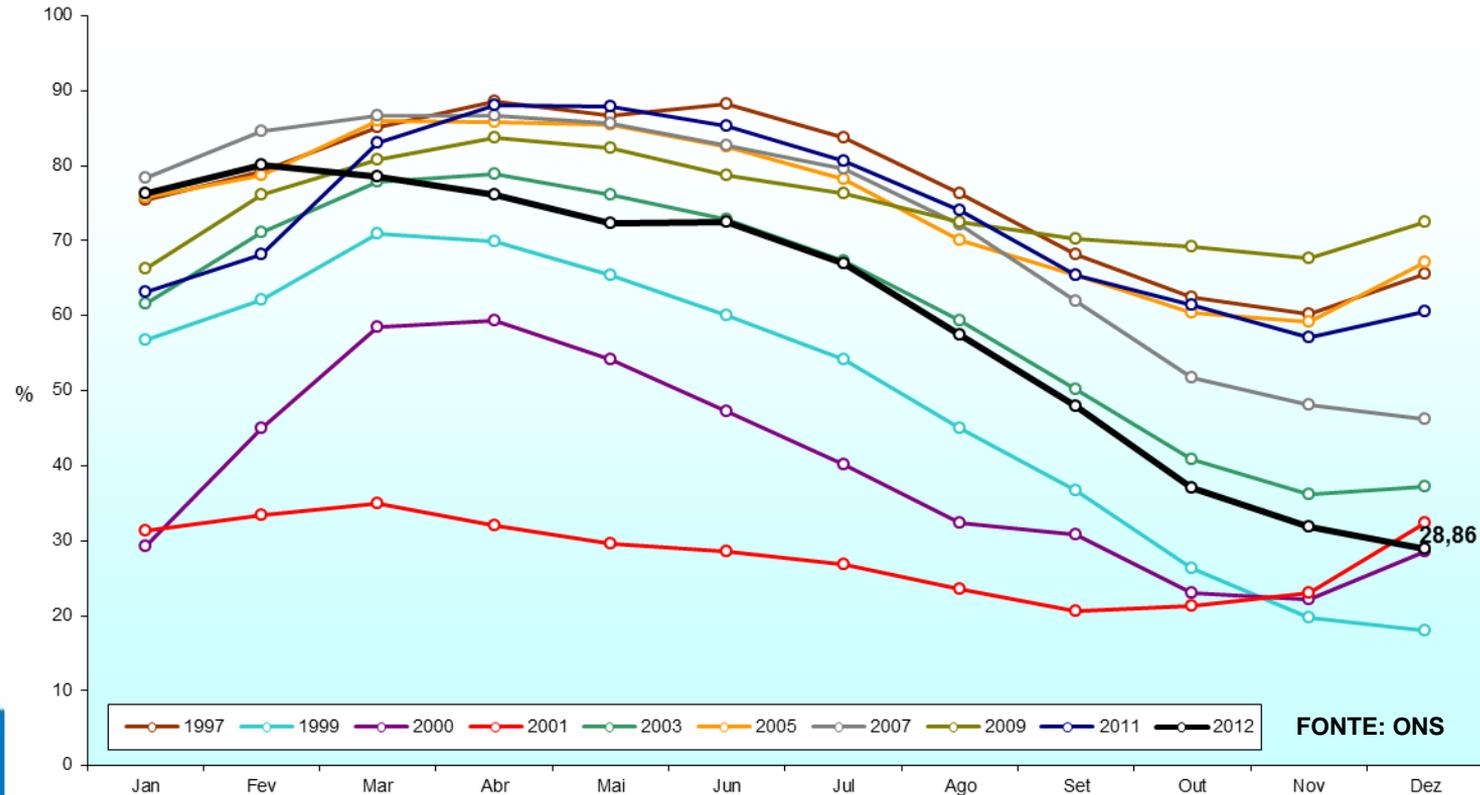
Crise de 2001

Não disponibilidade de complementação térmica



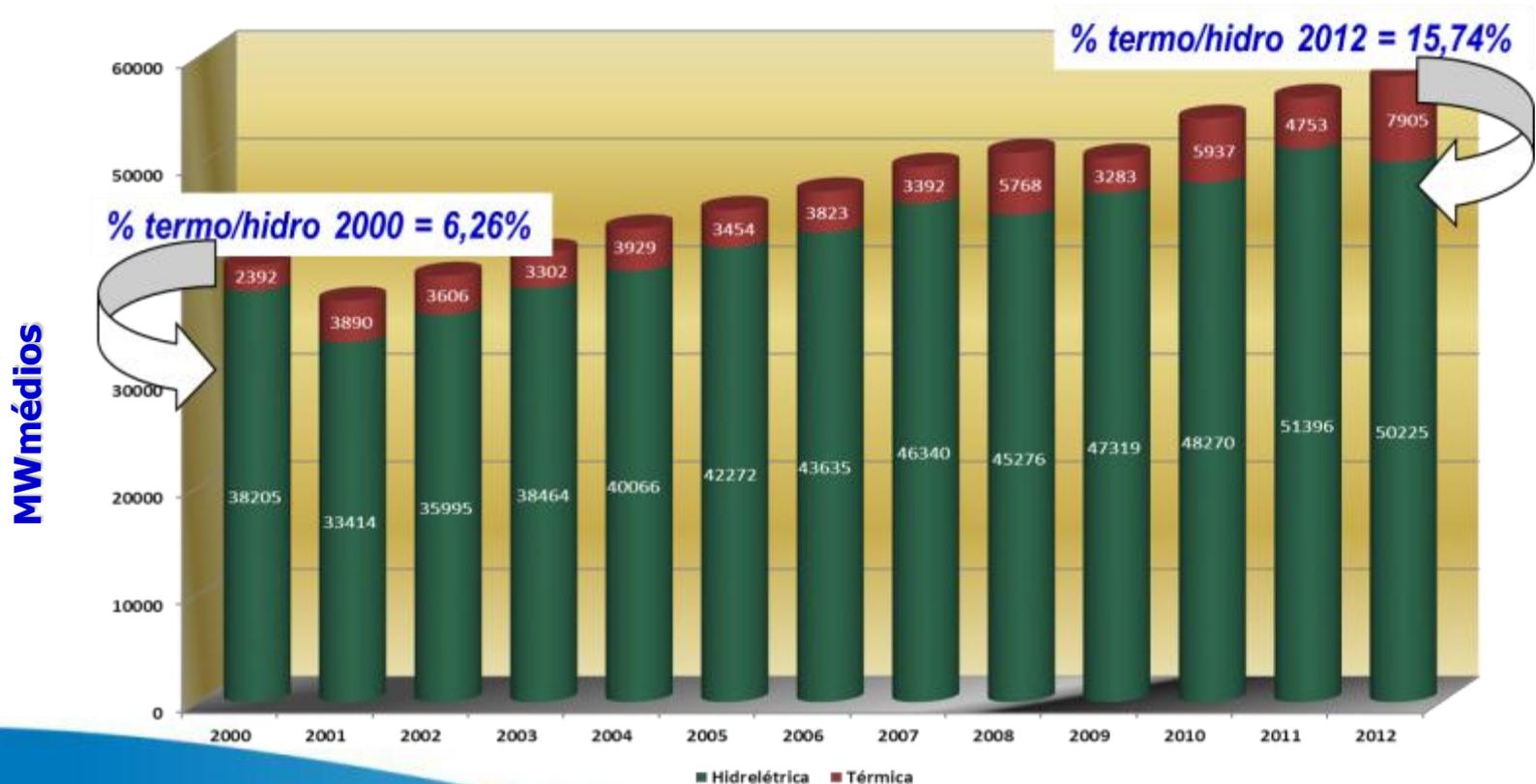
Transição em Ação

(ausência de crise em 2012)



FONTE: ONS

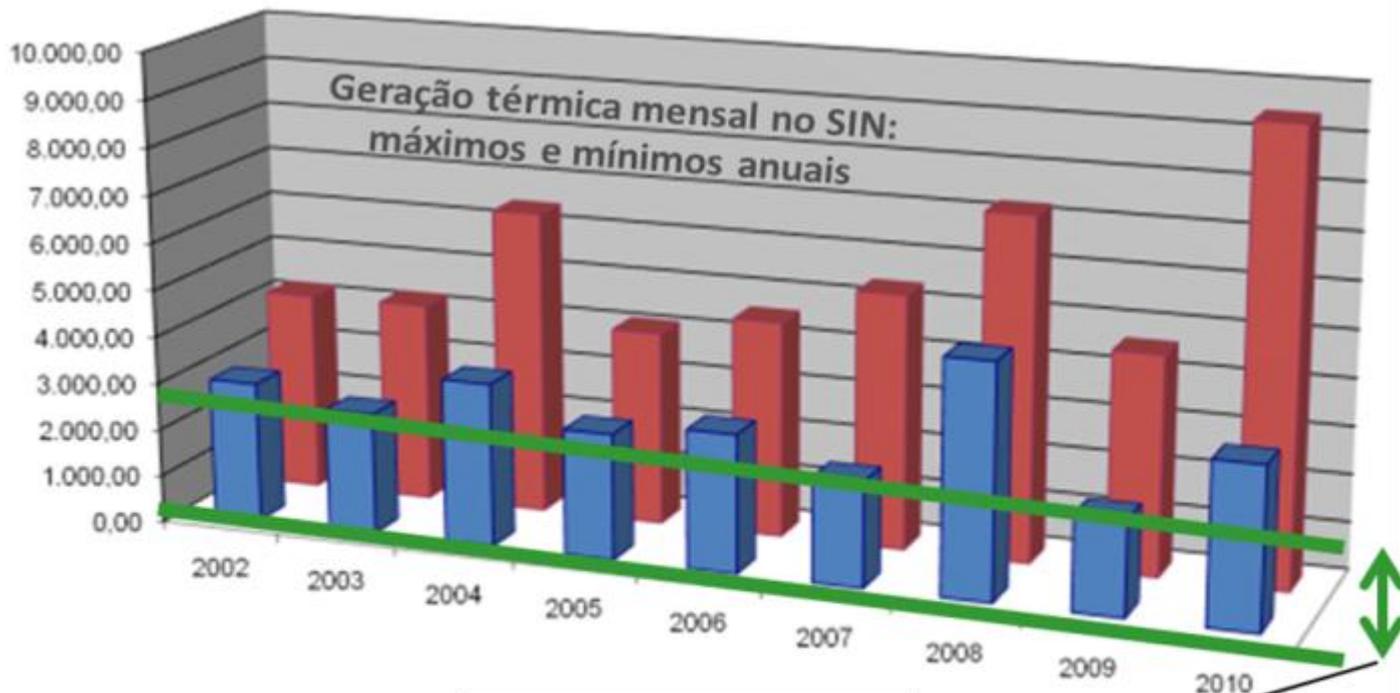
Geração no SIN (2000 – 2012)



Geração Térmica no SIN

base e complementação

MW médios



"nicho" nuclear

Fator de Capacidade Nuclear

(por país – Fonte AIEA)

Segundo melhor Fator de Capacidade em 2011

Segundo melhor Fator de Capacidade em 2012

Quarto melhor Fator de Capacidade em 2010-2012

IAEA PRIS Power Reactor Information System

World Statistics Country Statistics Publications Glossary About PRIS

Energy Availability Factor

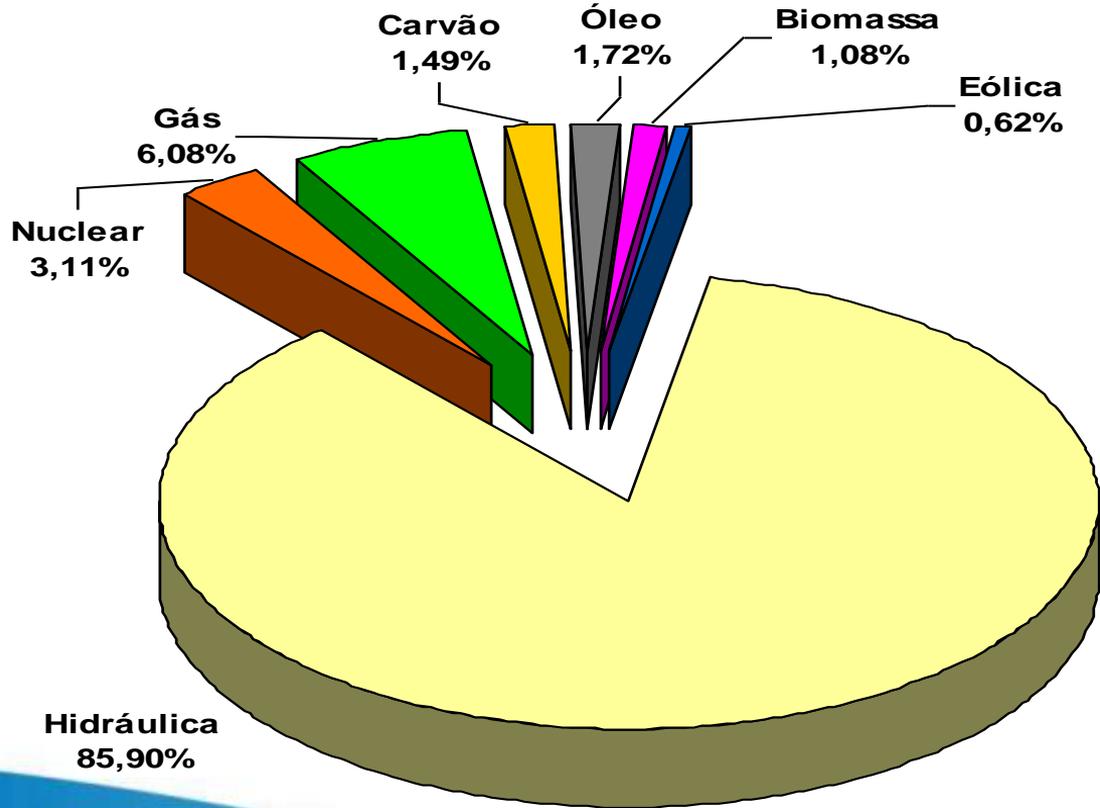
Includes all reactors that were in commercial operation within 2010 and 2012

COUNTRY	2010		2011		2012		2010-2012	
	Number of Reactors	EAF (%)						
ARGENTINA	2	81.9	2	73.0	2	71.7	2	75.2
ARMENIA	1	75.7	1	73.7	1	86.4	1	88.9
BE-LUX	7	87.8	7	83.7	7	74.1	7	82.4
BRAZIL	2	82.0	2	80.7	2	82.0	2	80.3
BULGARIA	2	84.3	2	80.0	2	88.8	2	87.6
CANADA	18	77.8	18	82.4	20	79.1	20	79.0
CHINA	14	87.7	14	87.7	13	79.1	13	85.0
COLOMBIA	6	81.6	6	81.7	6	86.0	6	83.1
FRANCE	4	81.9	4	82.8	4	91.0	4	81.9
HUNGARY	4	88.4	4	88.4	4	88.4	4	88.4
INDIA	19	77.7	19	78.2	20	77.3	20	78.4
JAPAN	84	84.8	84	81.8	80	83.8	84	80.0
KOREA, REPUBLIC OF	2	80.8	2	80.0	2	81.6	2	80.8
MEXICO	2	80.8	2	80.0	2	80.8	2	80.8
NETHERLANDS	1	88.9	1	82.1	1	88.9	1	88.9
PAKISTAN	2	88.7	2	70.3	2	84.3	2	78.9
RUSSIA	32	81.4	32	80.3	32	80.6	32	80.8
SCOTLAND	4	87.0	4	80.8	4	80.4	4	82.7
SLOVENIA	1	88.3	1	88.8	1	88.3	1	88.3
SOUTH AFRICA	2	80.9	2	81.3	2	77.4	2	80.9
SPAIN	5	80.1	5	83.2	5	83.7	5	82.4
SWEDEN	10	88.2	10	71.3	10	74.8	10	71.3
SWITZERLAND	5	88.8	5	88.8	5	84.8	5	87.8
UKRAINE	18	78.0	18	78.8	18	78.0	18	78.8
UNITED KINGDOM	18	82.4	18	71.2	18	77.1	18	75.4
UNITED STATES OF AMERICA	104	81.8	104	83.0	104	88.8	104	88.0
TOTAL	441	81.8	444	78.7	438	78.6	438	77.8

The following information is included in the totals:

TAIWAN, CHINA	6	81.4	6	82.4	6	87.7	6	80.3
---------------	---	------	---	------	---	------	---	------

Geração Total no SIN



2012
516.526,097 GWh

Δ 2012/2011 = 4,61%

Evolução do armazenamento hídrico

Plano Decenal de Expansão PDE-2021



FONTE: EPE.

Evolução do armazenamento hídrico

*Contínua perda de auto-regulação requerendo
aumento da contribuição térmica na base e na complementação*

Relação entre a Energia Armazenável Máxima e a Carga de Energia



Perspectivas de expansão hídrica

Plano Nacional de Energia PNE-2030

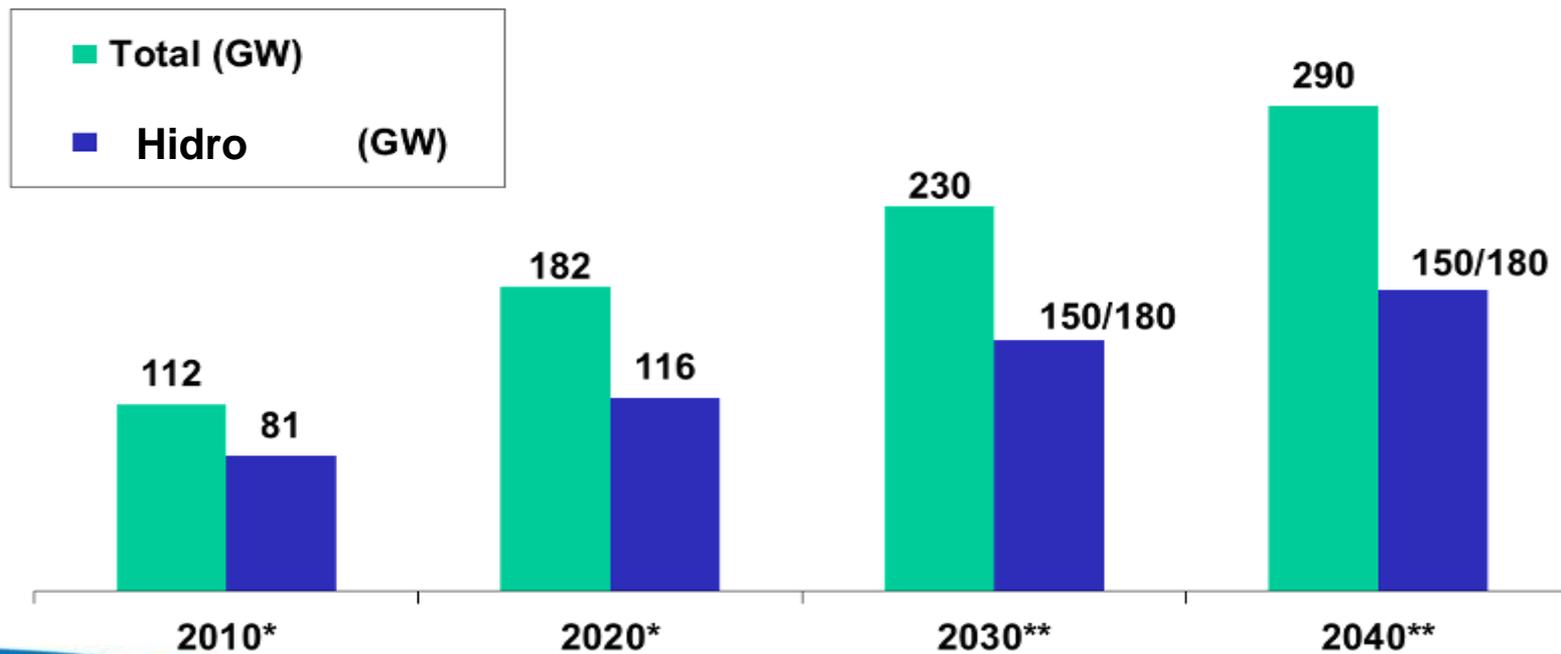
Oferta: Eletricidade Critérios para aproveitamento do potencial hidrelétrico

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.

POTENCIAL HIDRELÉTRICO

Parcela técnica, ambiental e economicamente viável a ser desenvolvida: 150/180 GW do total de 260 GW



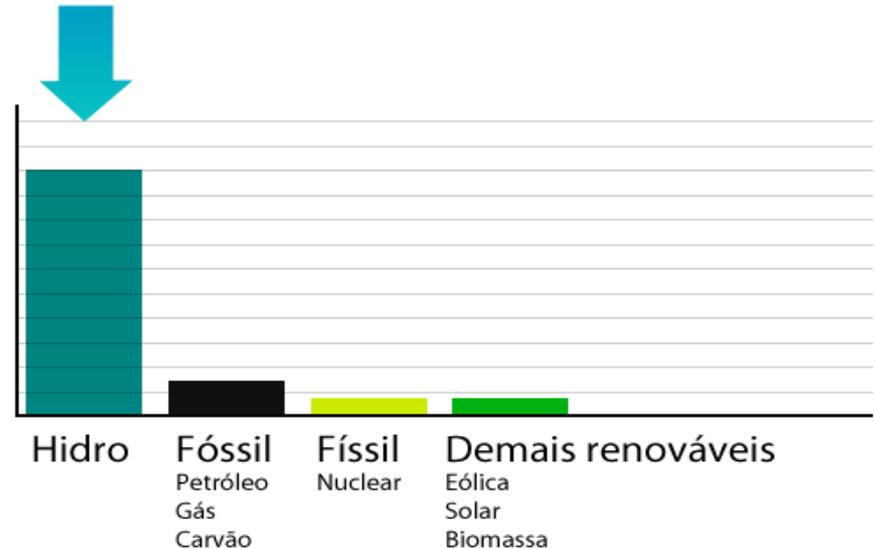
EXPANSÃO PÓS-2030

- A expansão terá que ser baseada no mix **Gás natural** (dependendo da quantidade e custo de Pré-Sal), **Carvão** (dependendo da viabilidade de CCS e carvão limpo) e **Nuclear**.
- Fontes renováveis (**biomassa, eólica, solar**) e expansão dos programas de **eficiência energética** (aumento dos custos marginais de expansão) serão um complemento importante

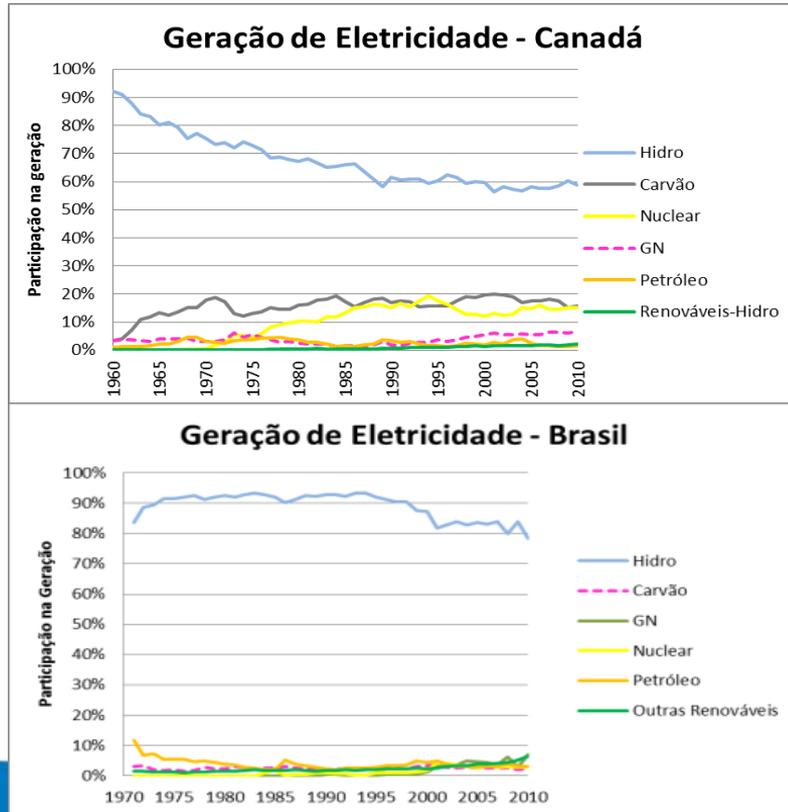
VANTAGEM COMPETITIVA DAS NOVAS RENOVÁVEIS ÚNICA DO BRASIL:

Complementaridade com as hídricas

- Estocagem de energia nos reservatórios
- **Economizando água**
- Ampliando a capacidade das **hidrelétricas** fazerem **regulação da demanda**.

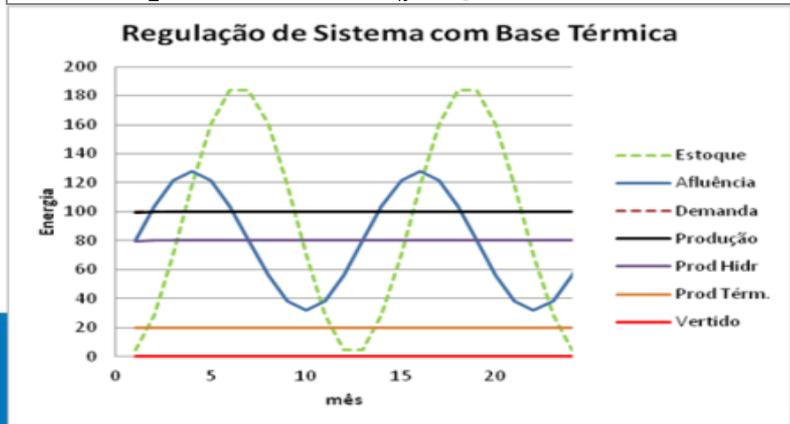
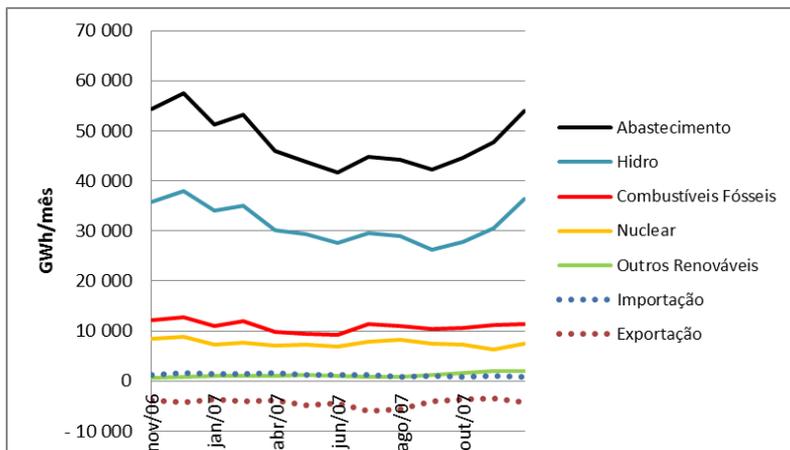


Uma sistema elétrico em transição hidrotérmica



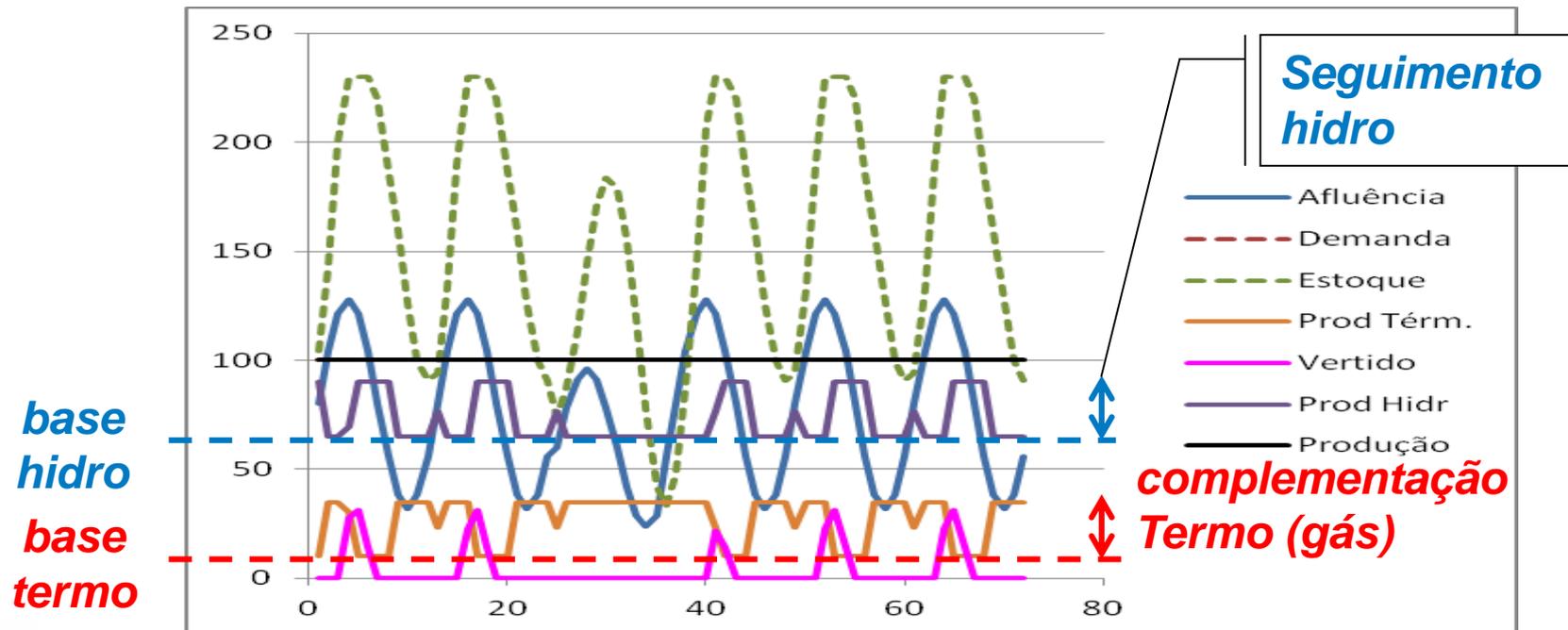
- A **evolução do sistema elétrico canadense** nos últimos 50 anos **guarda muitas similaridades com a situação do sistema elétrico brasileiro** nos últimos 15 anos.
- A partir de uma **contribuição de mais de 90% em 1960**, a participação da **hidroeletricidade** no Canadá **declinou** de forma constante até 1990, quando se estabilizou em torno de **60%**.

Uma sistema elétrico em transição hidrotérmica



- No Canadá, o **crescimento da geração térmica, operando na base permitiu que a geração hídrica passasse a fazer a regulação de demanda e da sazonalidade das novas renováveis,** que em 2010 representavam cerca de 3% da geração total.
- **SERIA ESSE UM MODELO PARA O BRASIL DO FUTURO?**

Gestão Segura de um Sistema com alta renovabilidade



Base hidro: mínima ENA

Base termo: nuclear, carvão

MUITO OBRIGADO!

Leonam Guimarães

