



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Renováveis- Grande e Pequena Hídrica

Carlos Matias Ramos

Lisboa, 3 de Março de 2009

De onde vem a electricidade?



- Do interruptor.

De onde vem o dinheiro?



- Do banco.

De onde vem a água?



- Da torneira.

Ilusão da Abundância



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Existe o sentimento de que os bens essenciais - **água e energia eléctrica** - são recursos disponíveis e garantidos.

Basta abrir uma torneira ou ligar um interruptor.

Evolução dos Consumos

- Estima-se que a população mundial atinja, em 2030, 8,1 mil milhões de habitantes
- A pressão da procura implica usos conflituais e pressão sobre a água e a energia

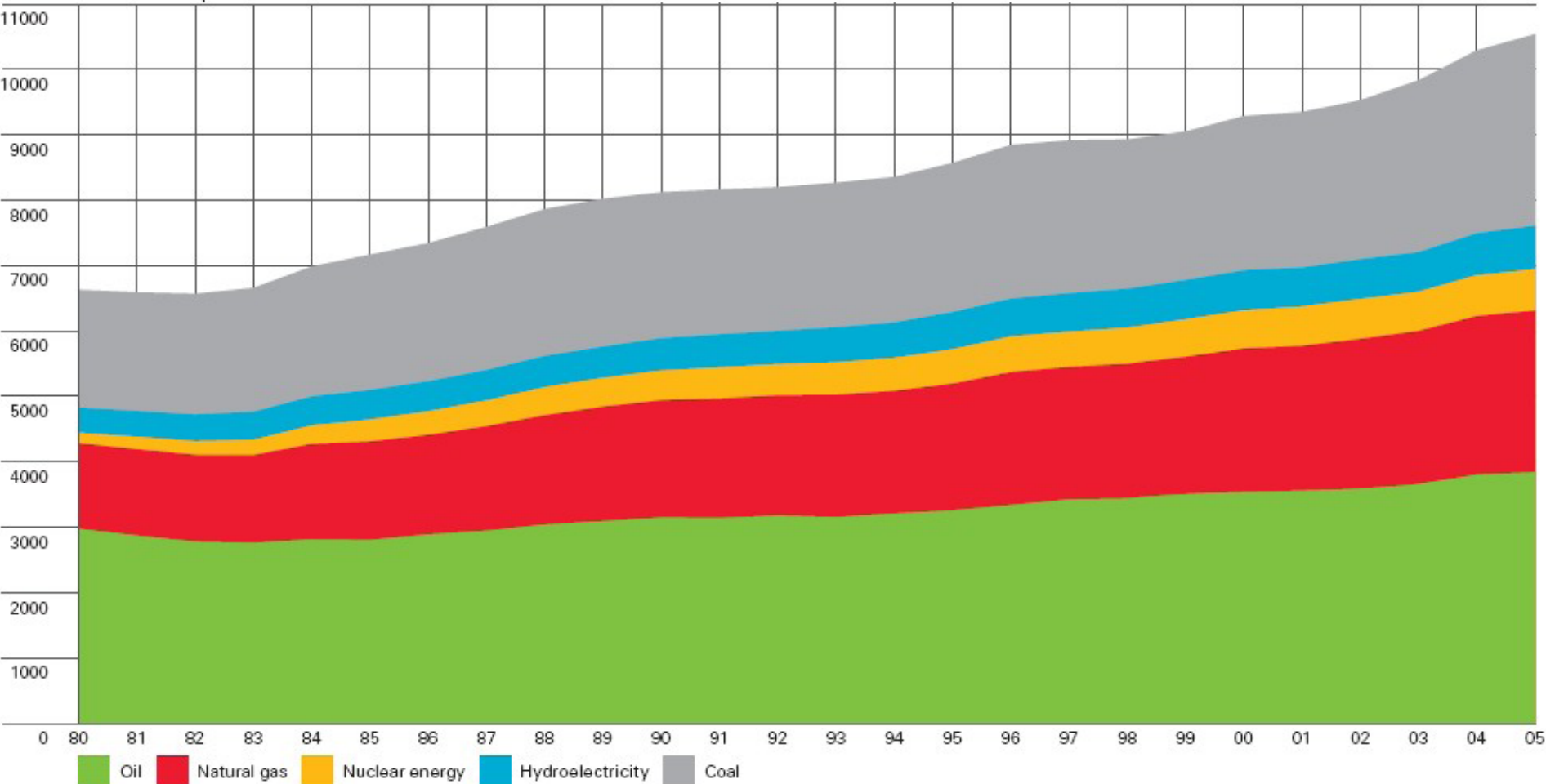
Energia Primária consumo mundial



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

World consumption

Million tonnes oil equivalent



Evolução dos consumos



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

- A população mundial duplicou na segunda metade do século XX
- O consumo mundial de energia primária cresceu 50% entre 1980 e 2005 (no último ano cresceu 2,7%)
- A resposta ao aumento do consumo foi fundamentalmente baseada no carvão (5% ano), no gás natural (2,5% ao ano) e no petróleo (1 em cada 3 barris são consumidos na Ásia).
- Preços elevados do petróleo e do gás natural poderão incentivar ainda mais a utilização do carvão – combustível mais abundante em países como a China, Índia e EUA, com consequências na emissão de gases com efeitos de estufa.
- As emissões de CO₂ são hoje cerca de 20% superiores a Quioto (1997).

Emissões de Poluentes Atmosféricos (g/kWh)

	Biomassa		Hídrica	Eólica	Geotérmica	Carvão	Petróleo	Gás Ciclo combinado
	Tec. actual	Tec. futura						
CO ₂	17-27	15-18	9	7-9	79	955	818	722
SO ₂	0,07 – 0,16	0,06 – 0,08	0,03	0,02 – 0,09	0,02	11,8	14,2	1,6
NO _x	1,1 – 2,5	0,35 – 0,51	0,07	0,02 – 0,06	0,28	4,3	4,0	12,3

Objectivos da CE

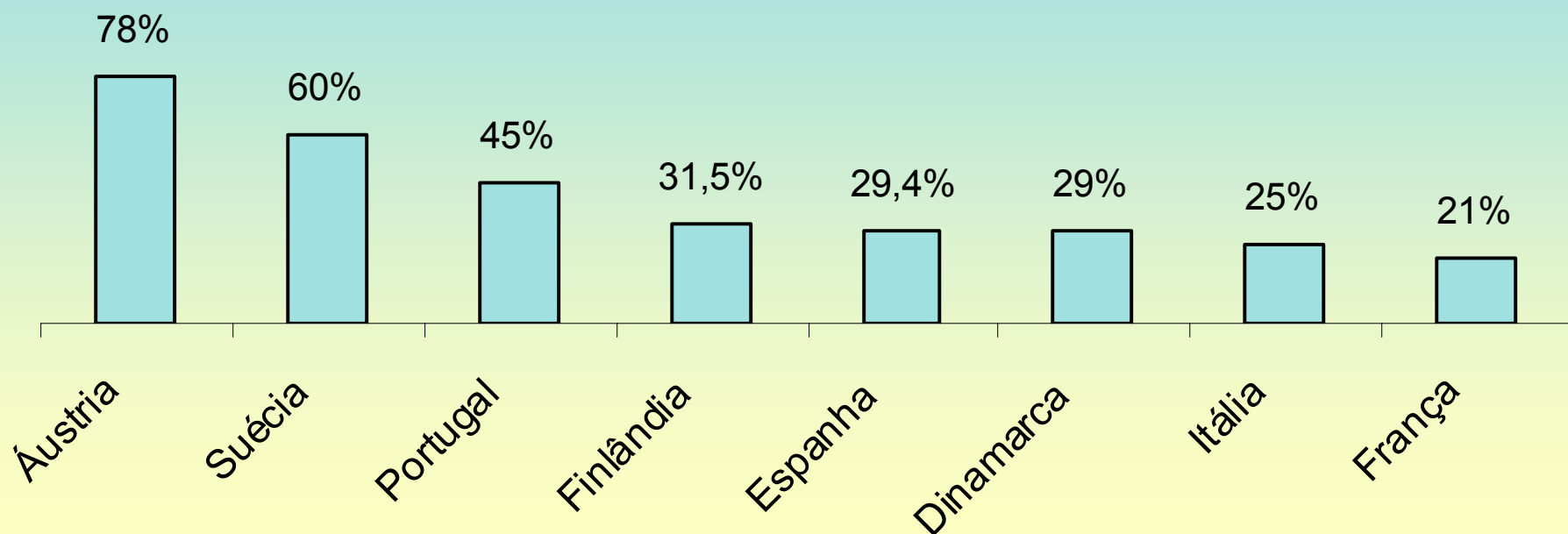
Em Janeiro de 2008 a Comissão Europeia propõe os seguintes objectivos para 2020:

- Reduzir em 20% as emissões de gases com efeito de estufa
- Aumentar a contribuição das energias renováveis em 20%
- Melhorar a eficiência energética em 20%.

Estimativa de redução de custos associados às metas de poluição do ar na UE de 8,5 biliões de Euro/ano. (Fonte: EEA Technical Report nº 9/2008).

As poupanças em serviços de saúde poderão ser 6 vezes superiores.

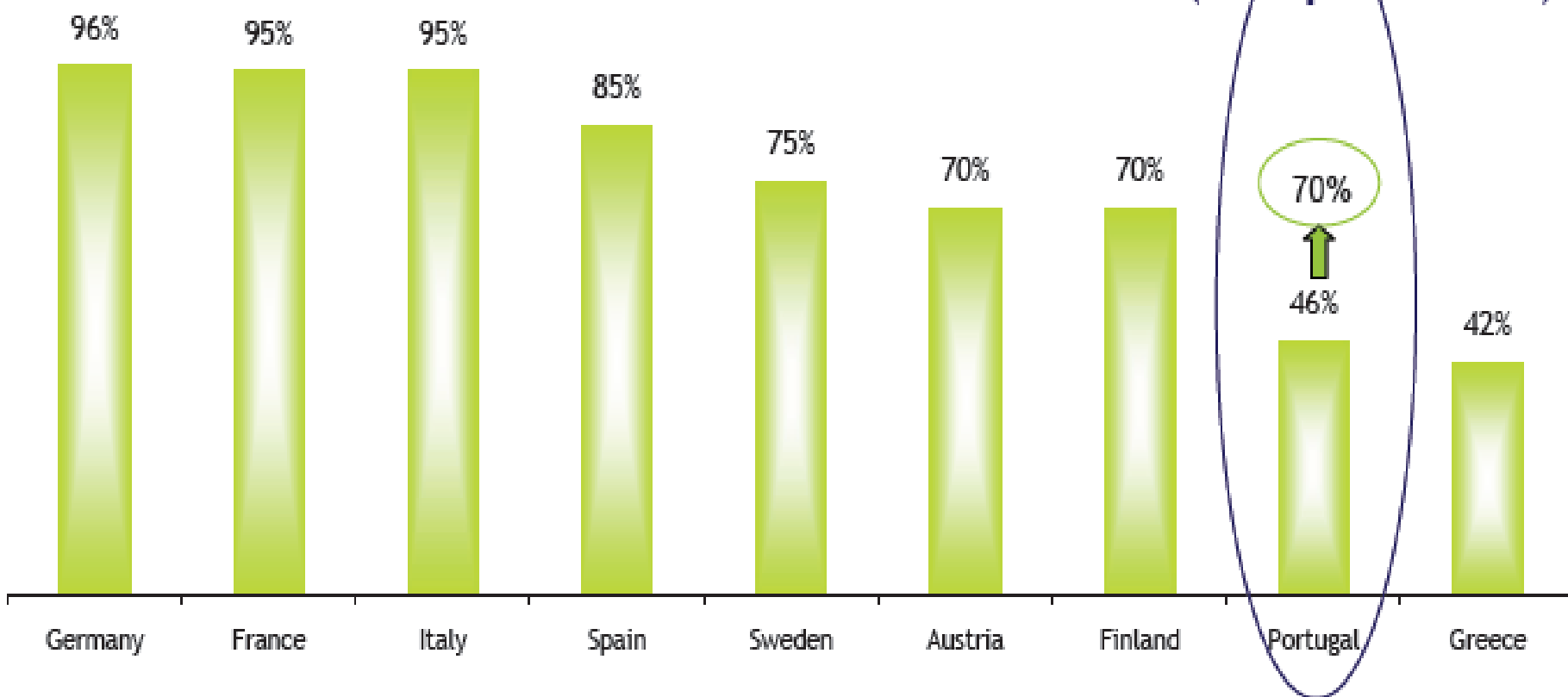
Objectivos de Energia Renovável em países da UE (2010) (Directiva 2001/77/CE)



Percentagem da FRE na energia eléctrica consumida

Objetivos para Portugal (2020)

Potencial de hidroelectricidade utilizado (em potência)

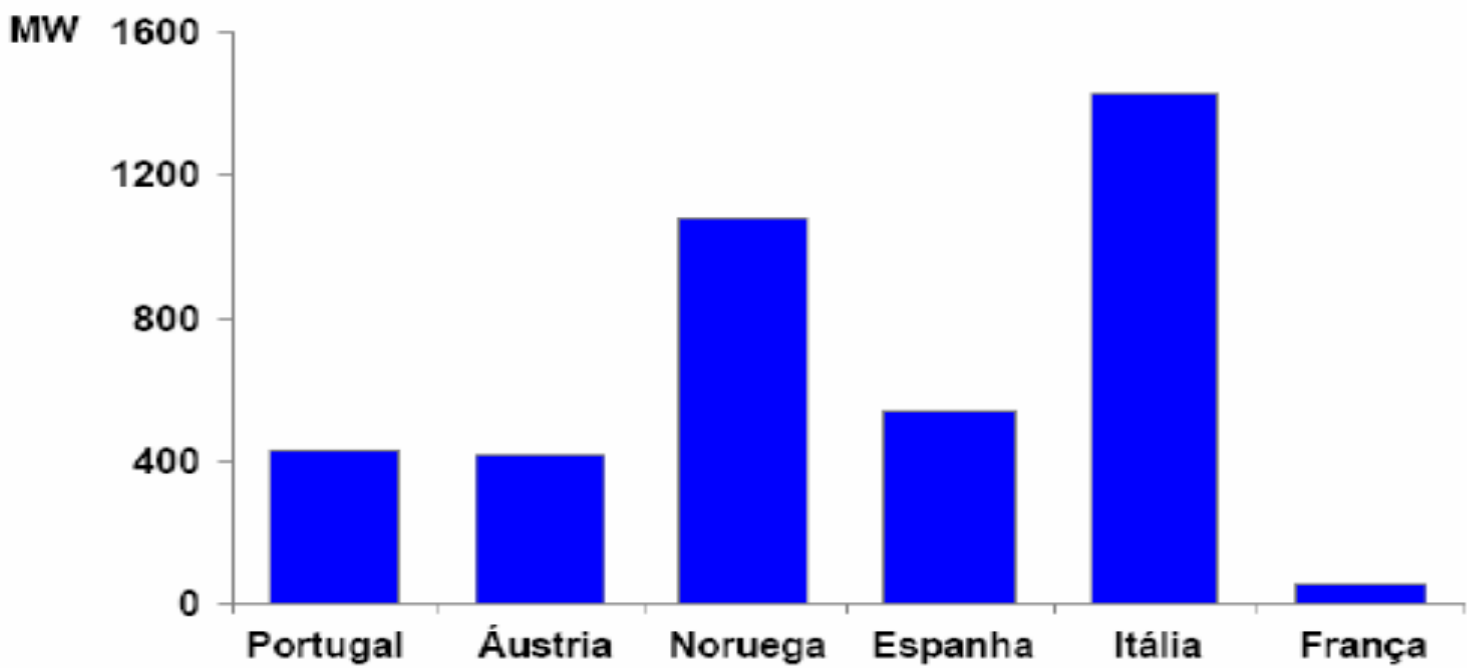


Objetivo para 2020: > 7000 MW (70% do Potencial)

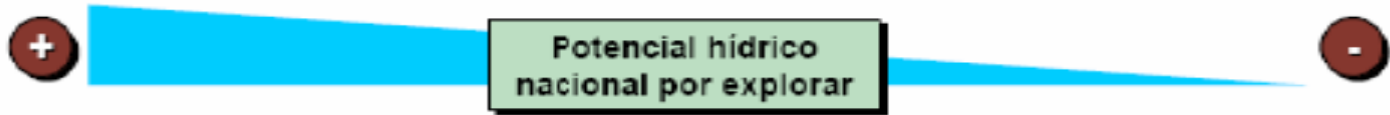
Nos últimos 15 anos, o crescimento da potência hídrica em Portugal foi inferior a outros países de referência europeus

Em especial considerando potencial hídrico nacional ainda por explorar

Aumento da capacidade hidroeléctrica entre 1995 e 2006



Capacidade instalada actual (MW)	4.805	10.921	28.088	17.855	18.746	22.921
----------------------------------	-------	--------	--------	--------	--------	--------

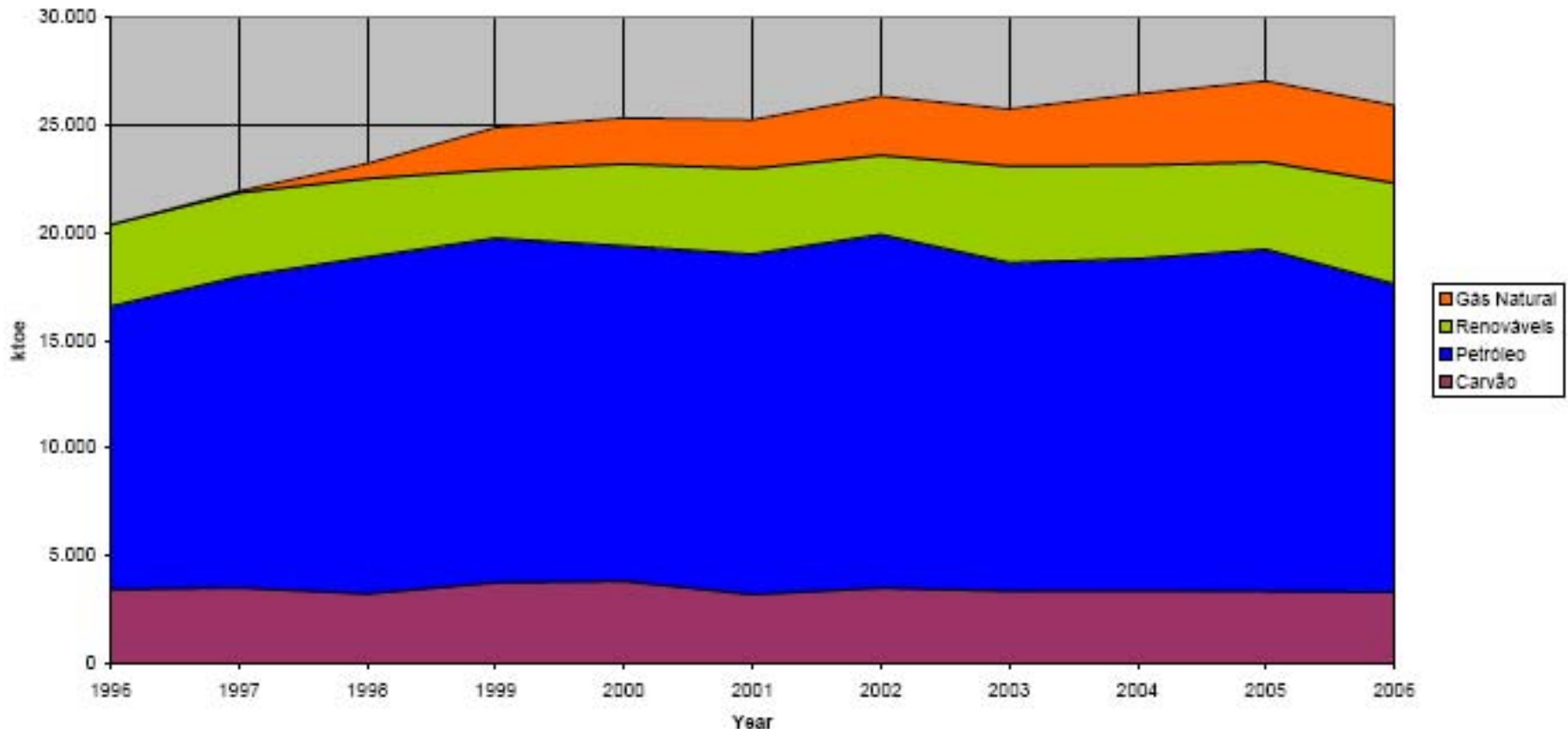


Fonte: DGGE; REN; Base dados UDI

Portugal.

Evolução do Consumo da Energia Primária (2006)

Evolução do Consumo de Energia Primária em Portugal

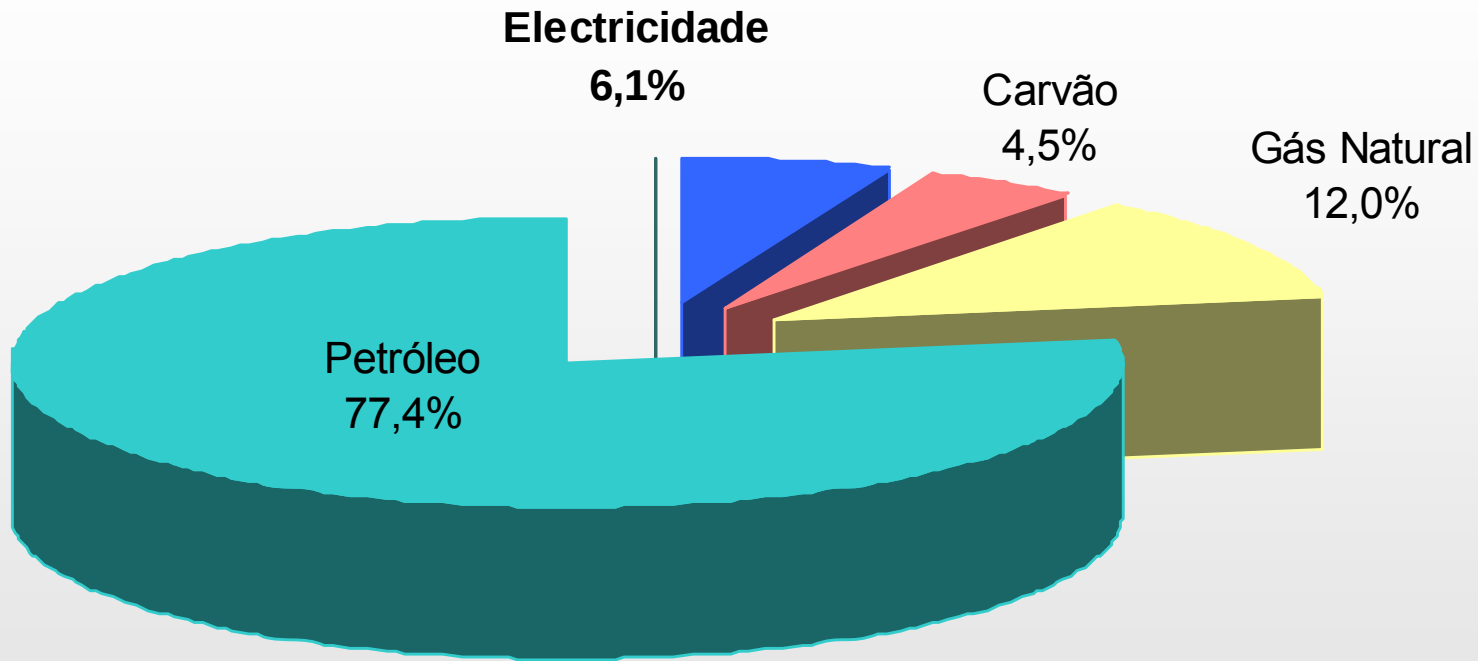


Portugal

Estrutura de importação de energia (2005- Ano hidrológico crítico)



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

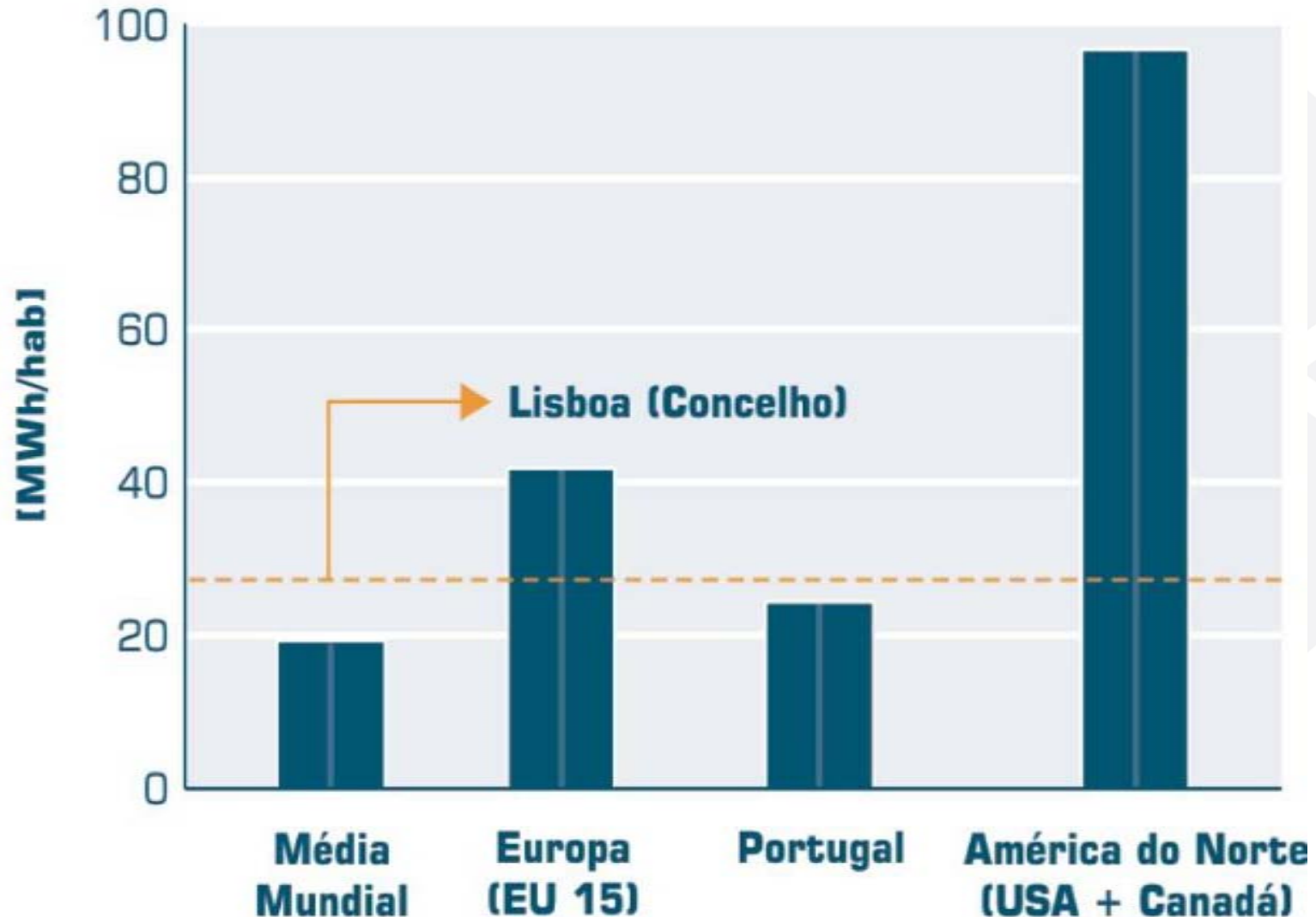


CONSUMO ANUAL PER CAPITA

Fonte: Lisboa e-nova

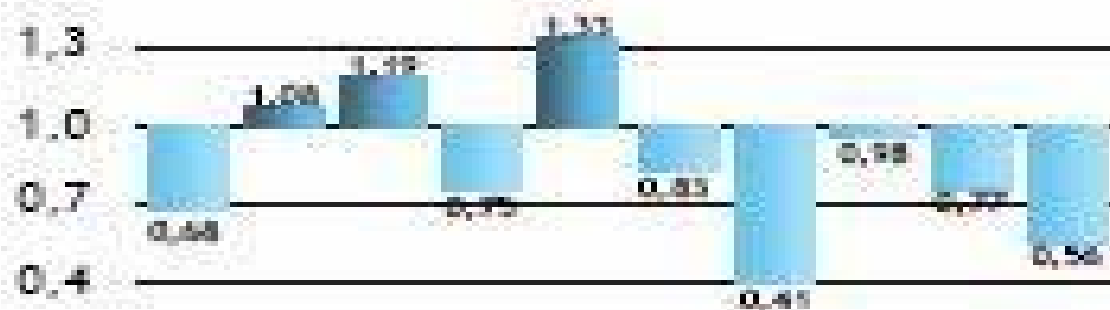
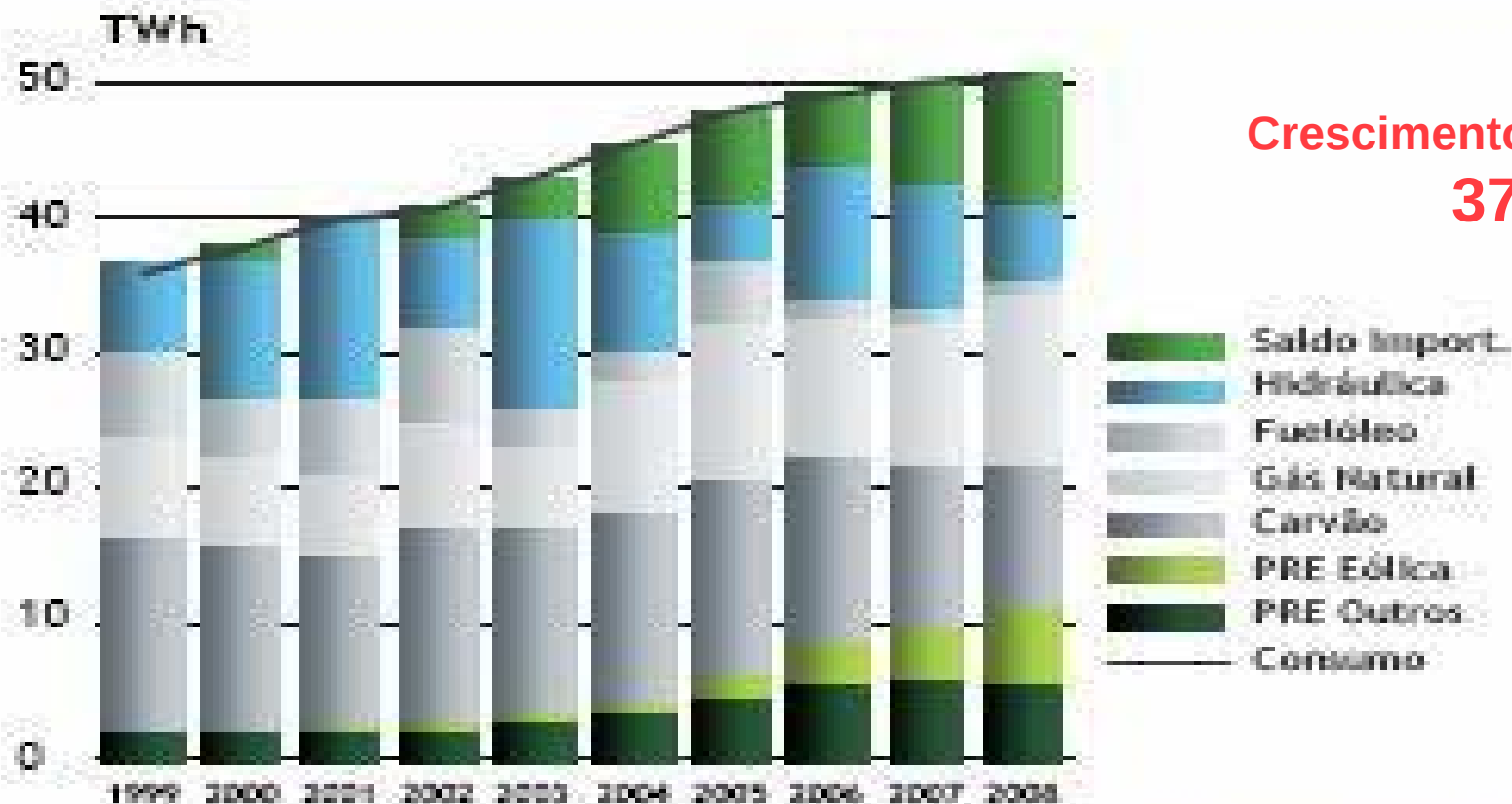


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



SATISFAÇÃO DO CONSUMO

ÓRIO NACIONAL
NHARIA CIVIL



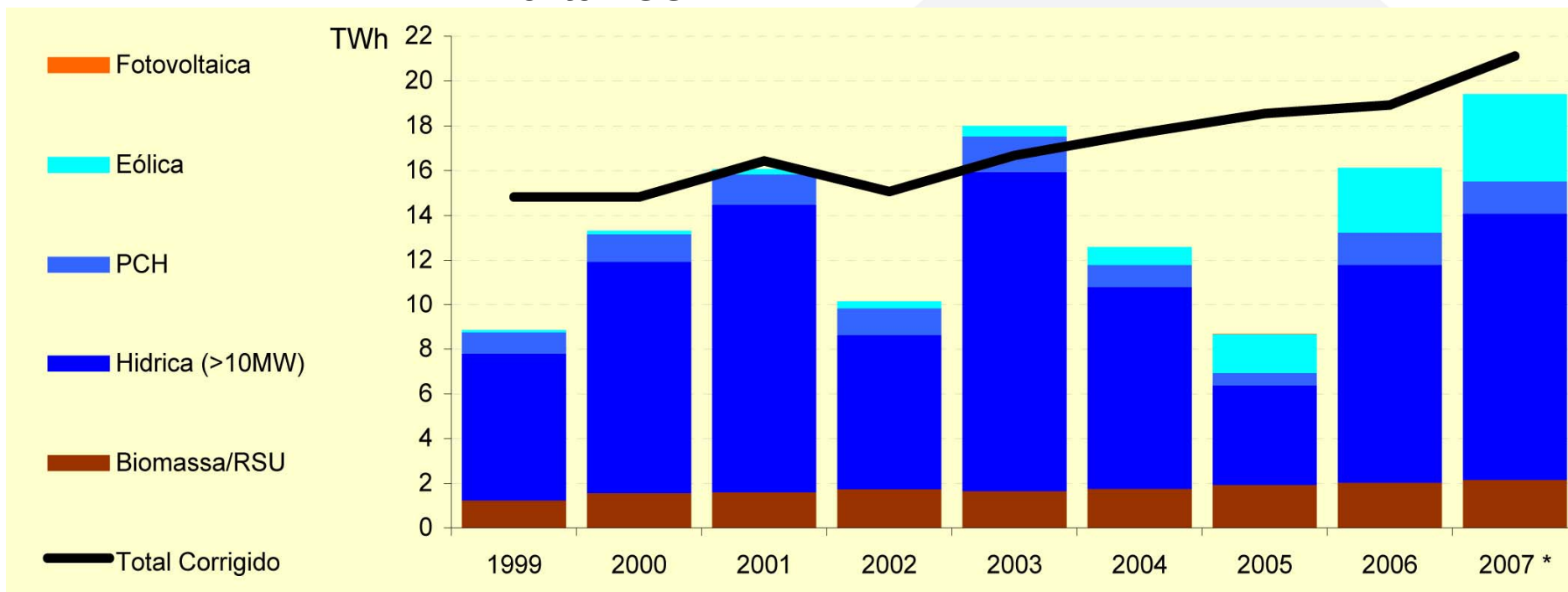
Índice
Produtividade
Hidroeléctrica

Fonte: REN

Portugal

Evolução do consumo e da produção com base em FER

Fonte: DGGE



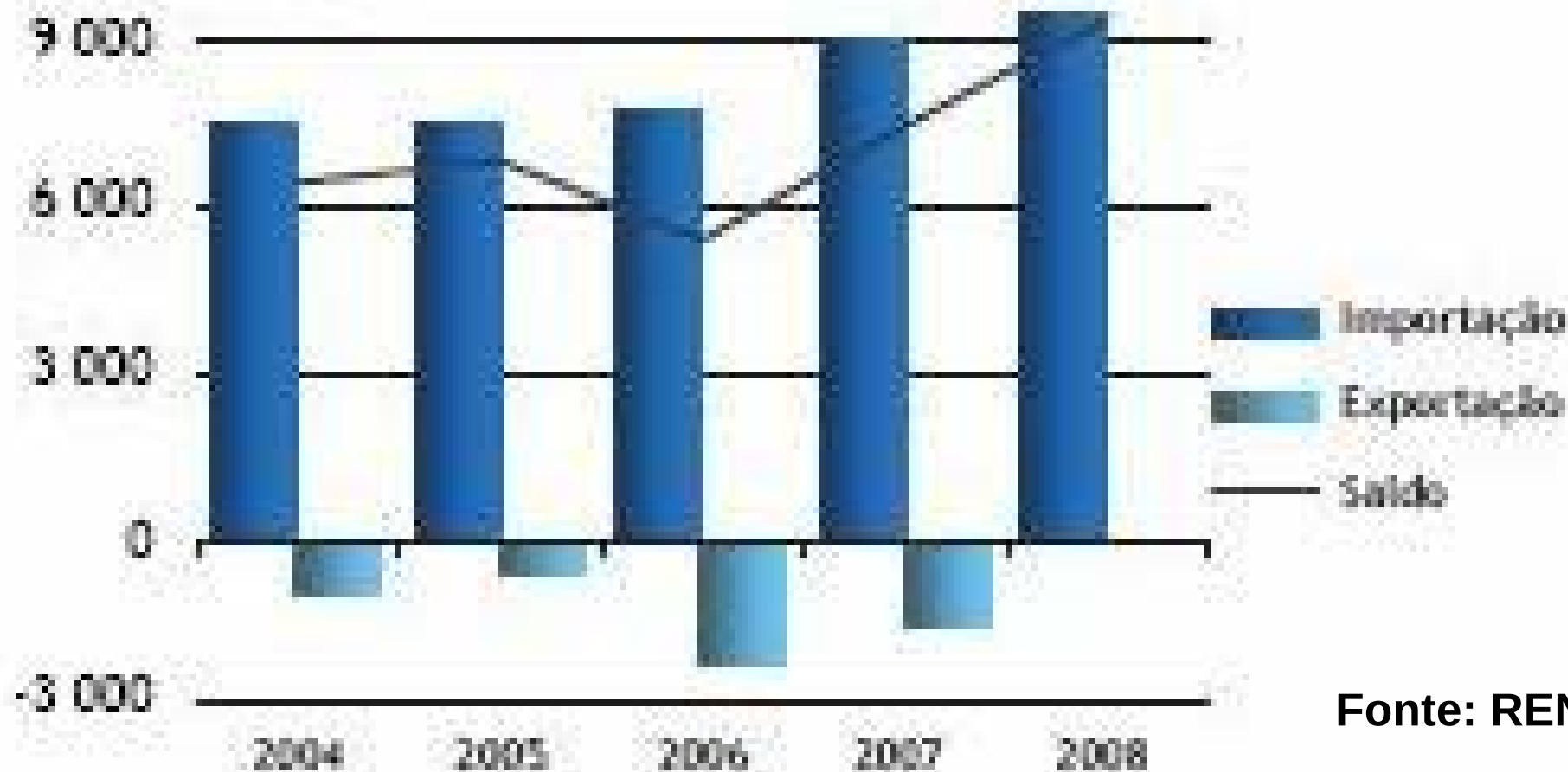
Em Portugal o consumo de energia cresceu entre 1999 e 2008 cerca de 37%.

A potência total instalada renovável atingiu, no final de Abril de 2008, 7 123 MW

Em 2010 a PER deverá ser cerca de 45% do consumo bruto.

TRANSAÇÕES VIA INTERLIGAÇÕES

GWh

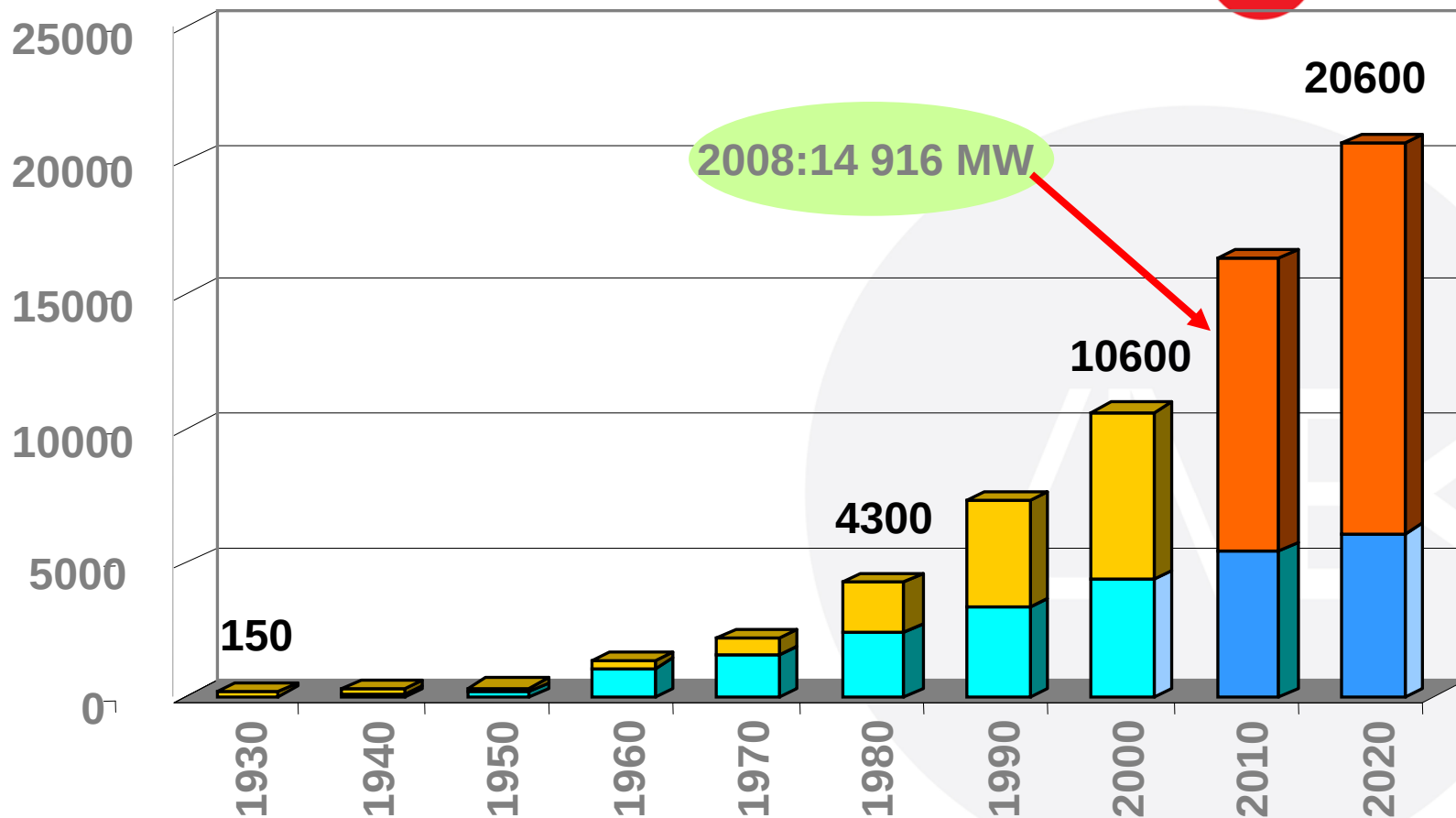


Fonte: REN

PORTUGAL

EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA (MW)

(Fonte: EDP)



POTÊNCIA HÍDRICA (MW)

2400

4400

5575

7000

POTÊNCIA HÍDRICA (MW) em 2008 : 4 957 MW

Estimativa para 2010: 5 575 MW (Alqueva+RP Picote e Bemposta)

Estimativa para 2015: 6 250 MW

Estimativa para 2020: 7 000 MW

Evolução da potência instalada em Portugal (2007-2008)

Potência instalada (MW)	2008	2008-2007
Hidroelétrica	4 578	-
Térmica	5 820	-
Térmica (PRE) ⁽¹⁾	1 463	98
Minihídricas	379	5
Eólica	2 624	576
Solar/ Fotovoltaica	50	37
Energia das ondas	2	2
TOTAL	14 916	718

Produtores em regime especial
De fontes renováveis de biomassa

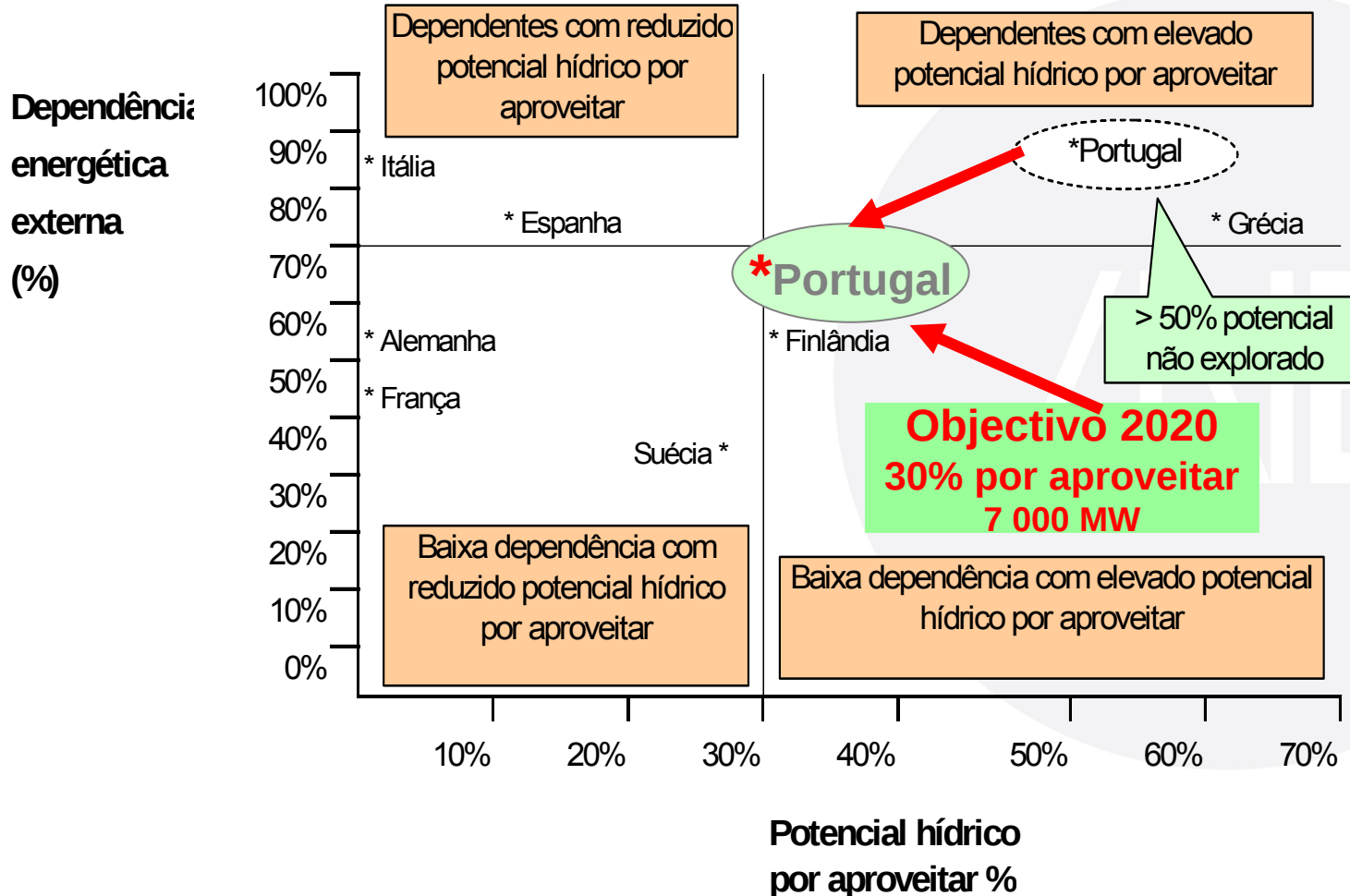
Potencial hidroelétrico por aproveitar

Bacia	Potência a instalar (MW)	Produtividade Média Anual (GWh)	Capacidade útil (hm ³)
Douro	1 850	2 900	1 970
Restantes	1 000	2 020	980
	2 850	4 920	

Potencial hídrico por aproveitar vs dependência energética



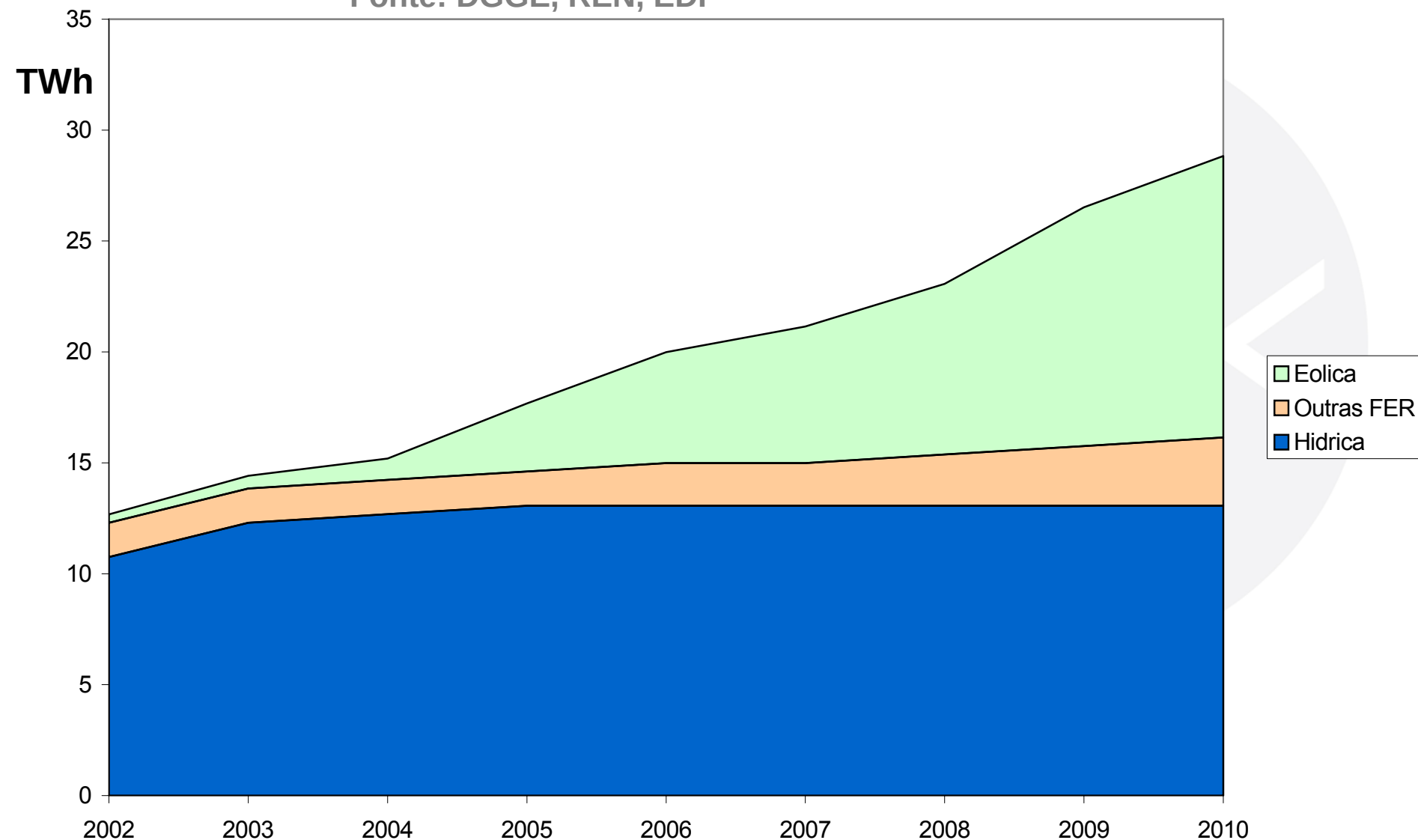
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



- (1) Importação de energia primária / Total de consumo nacional;
(2) $[1 - \text{Capacidade Instalada Actual} / \text{Capacidade teórica de potencial hidroeléctrico}]$

Evolução da produção de energia eléctrica a partir de FER

Fonte: DGGE, REN, EDP



Quota da potência instalada no SEN



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

- Até final da década a quota das hídricas vai continuar a diminuir;
- A expansão do SEN continuará a ser essencialmente dependente dos grupos térmicos e Produção em Regime Especial (PRE), fundamentalmente eólica.

Volatilidade da energia eólica

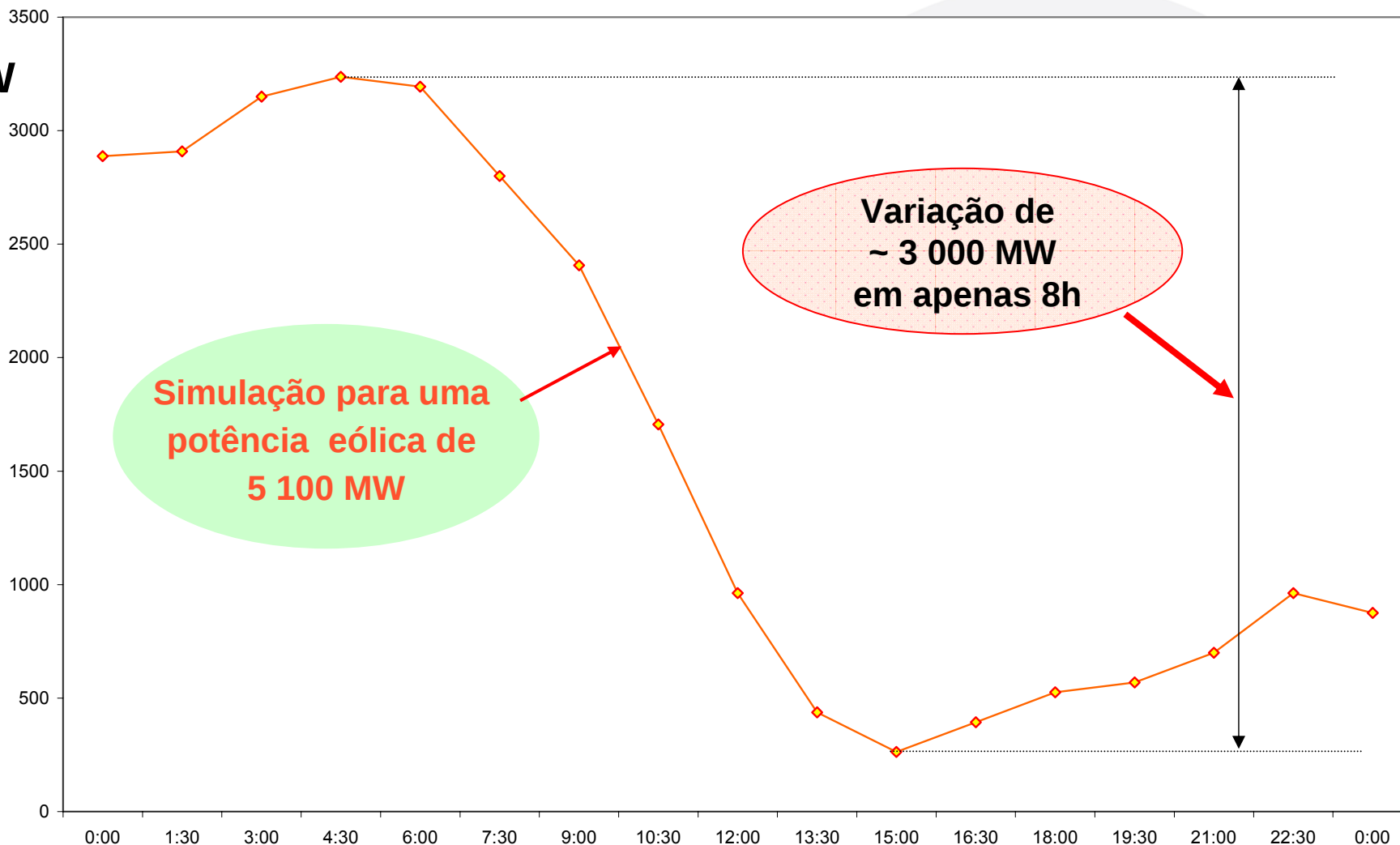
Variação potencial diária



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Fonte: MEI; DGGE, REN, EDP

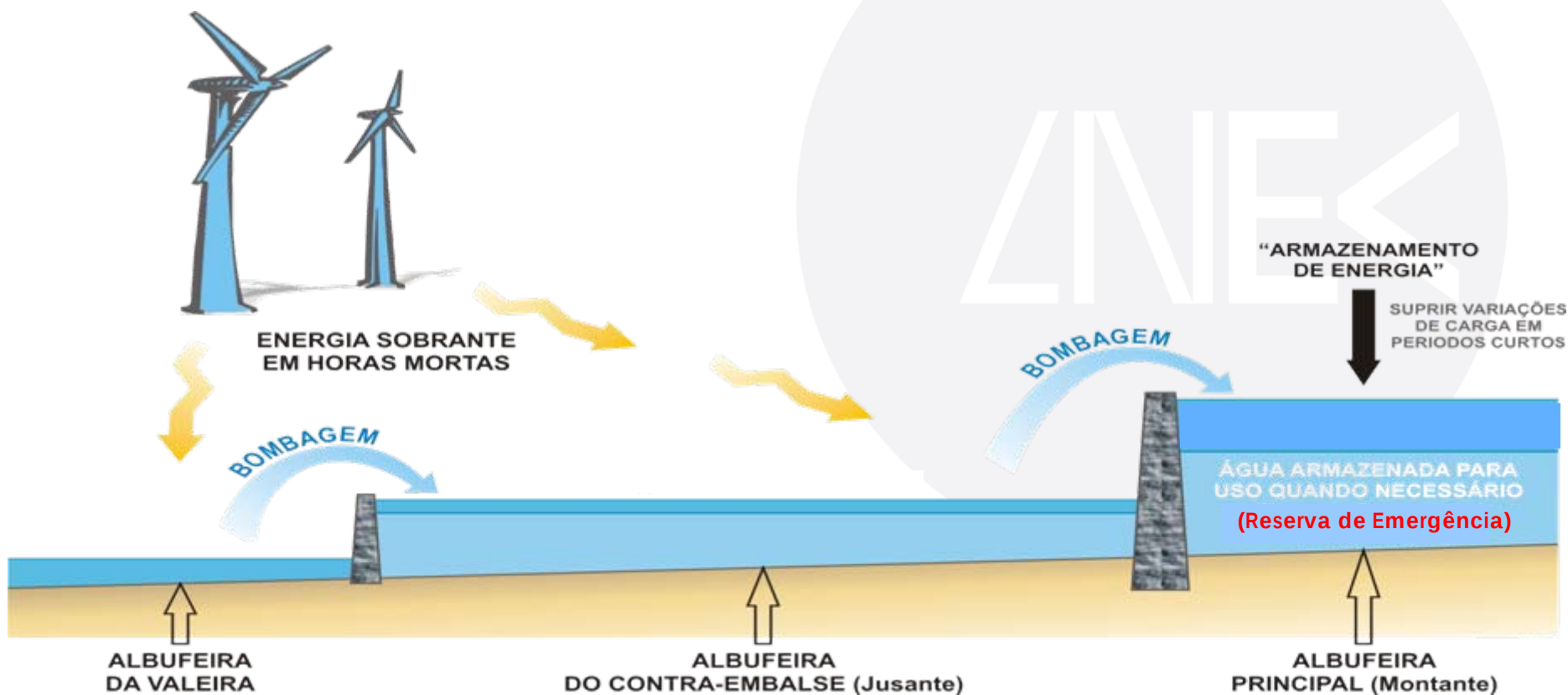
MW



Crescimento sustentado da energia eólica (B. Sabor)

Concretização da meta de 5.100 MW até 2012

É necessário que a reserva de exploração aumente em paralelo com a componente eólica do sistema

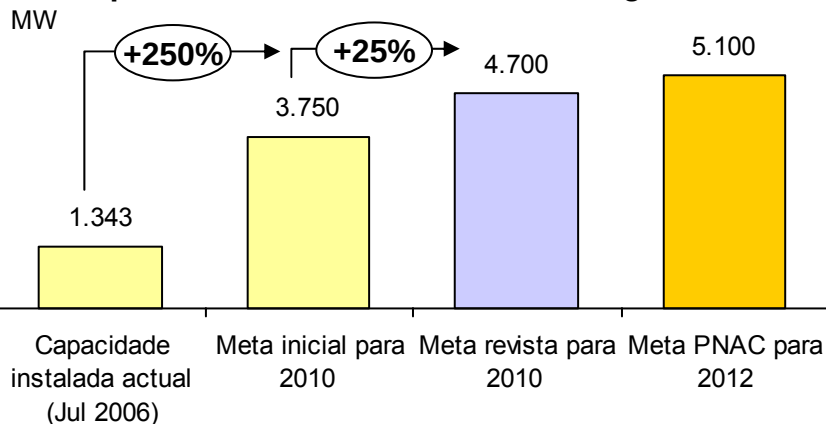


Importância dos aproveitamentos com bombagem

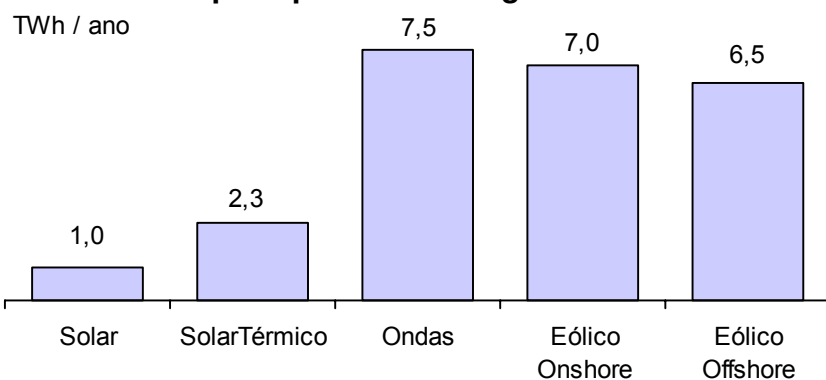
Um forte crescimento das renováveis em Portugal...

... requer capacidade hídrica de “back-up”

Metas para o eólico “onshore” em Portugal



Disponibilidade de produção renovável não hídrica até 2020 por tipo de tecnologia



- A disponibilidade da capacidade instalada a partir de renováveis apresenta uma grande variabilidade e variações bruscas na produção de electricidade
- Uma maior penetração da capacidade eólica e outras renováveis exige capacidade de produção em “back-up” para atender á necessidade de estabilidade da rede e da segurança do abastecimento de electricidade aos consumidores
- Barragens com capacidade de bombagem são os meios mais eficazes de garantir esse “back-up”, na medida em que possibilitam:
 - Rápida resposta às variações
 - Uso das horas de vazio para aumentar o armazenamento necessário para as horas de pico do consumo

Aproveitamentos com albufeiras

Reservas operacional e de emergência



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

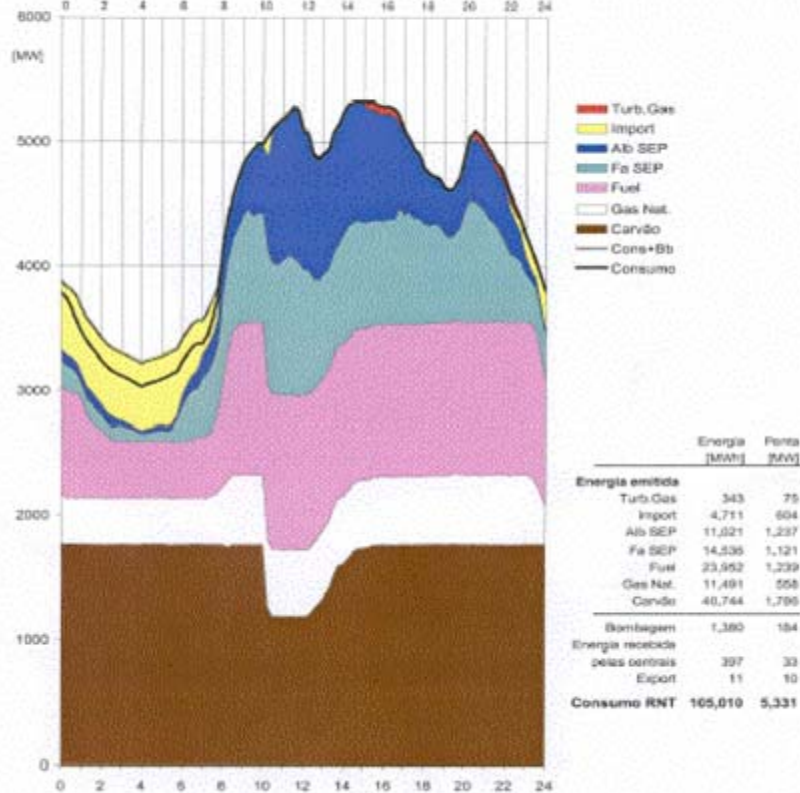
ren

Rede Elétrica Nacional, S.A.

DIAGRAMA DE CONSUMO (REDE TRANSPORTE)

Quarta 2000-09-06

Exemplo de Serviço Dinâmico:
Intervenção como **“reserva operacional”**



Gestão Informação e Estatística 20-11-2002

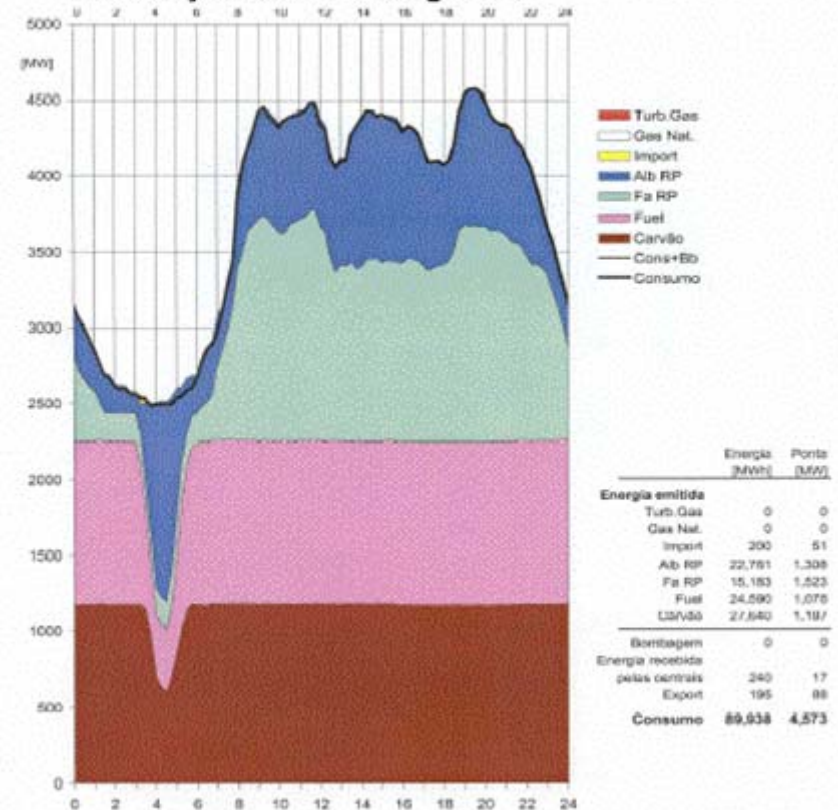


REN DSC

DIAGRAMA DE CONSUMO REFERIDO A EMISSÃO (RP)

Terça 98-03-10

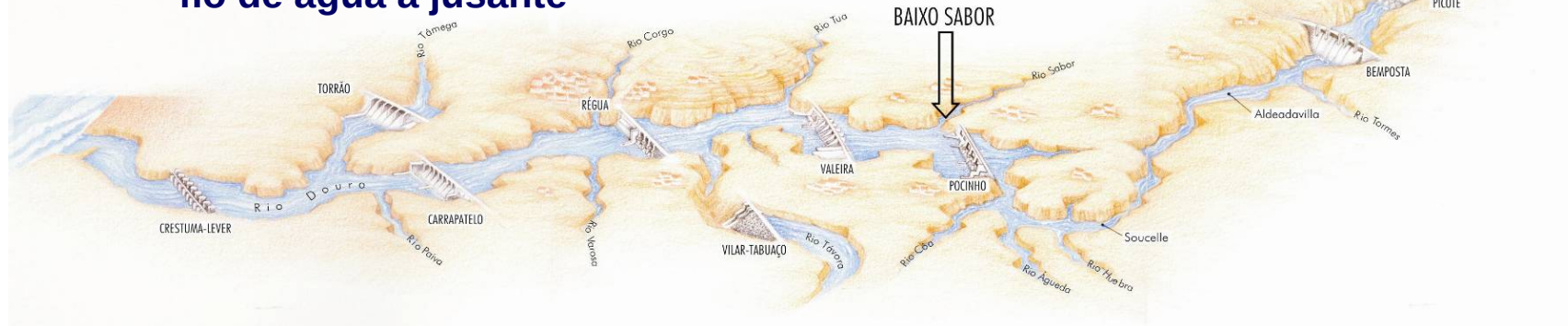
Exemplo de Serviço Dinâmico:
Intervenção como **“emergência”**



SCC-Facturação e Estatística 27-01-2000

Criação de reserva de emergência

4 Empreendimentos a fio de água a jusante



Capacidade de produção garantida pelo Baixo Sabor:

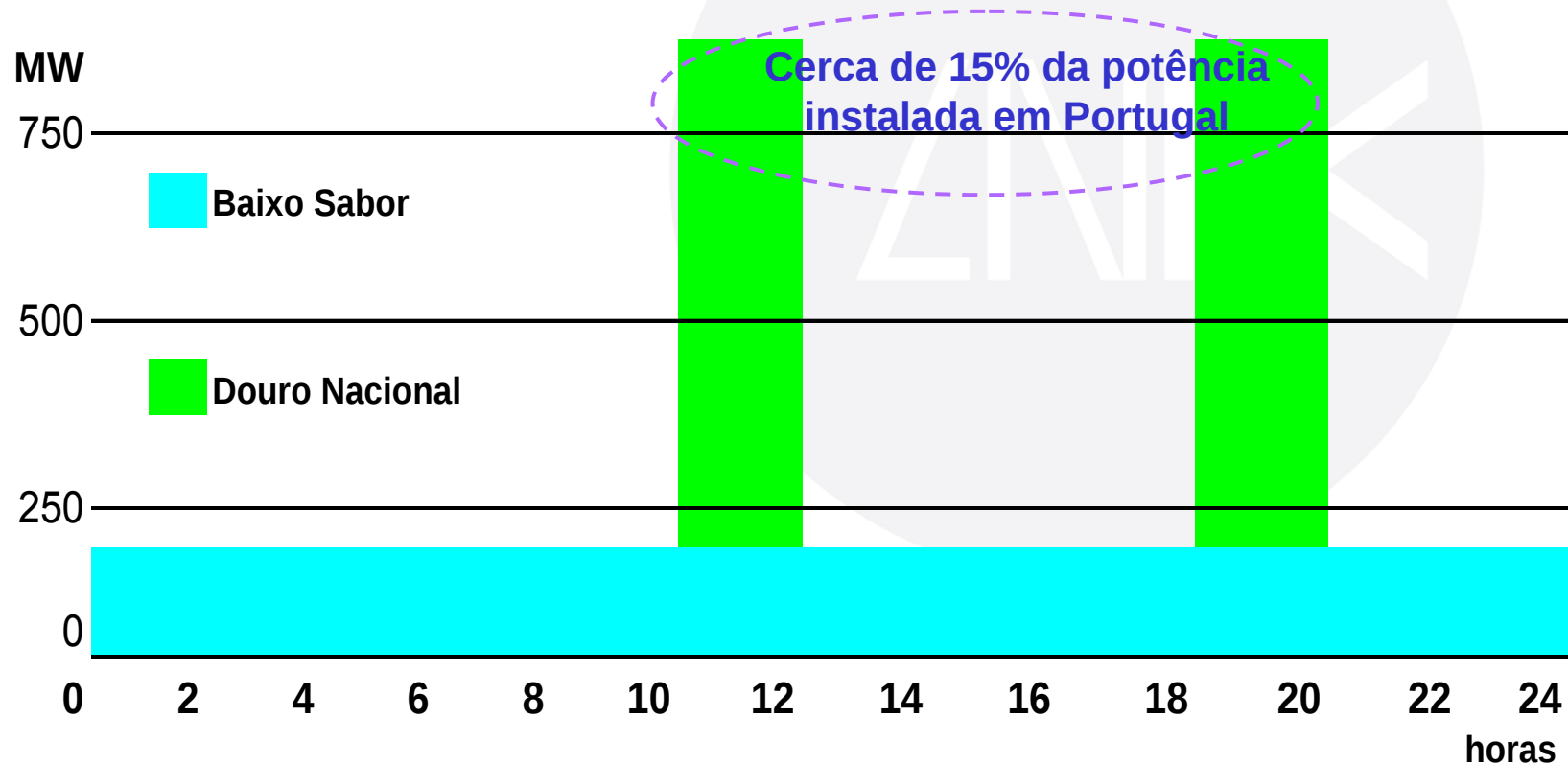
- 150 MW todos os dias úteis durante 2 meses
- 700 MW nas horas de ponta nas centrais a jusante no Rio Douro



Baixo Sabor

Utilização da reserva de emergência

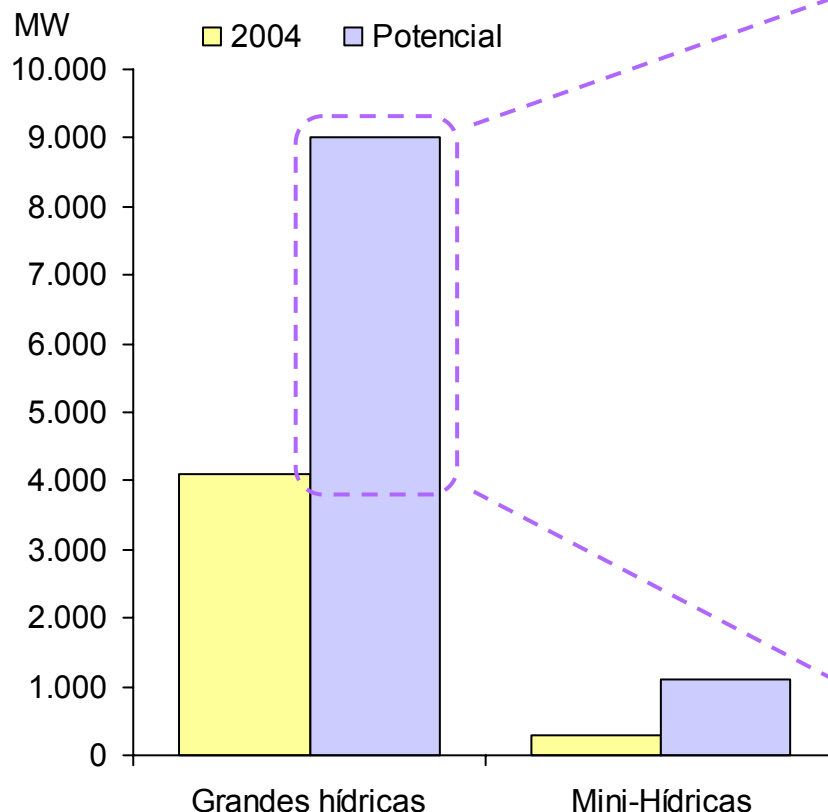
Turbinar 150MW durante 24h permite uma capacidade adicional garantida de 700MW pelos 4 aproveitamentos do Douro Nacional nas horas de ponta.



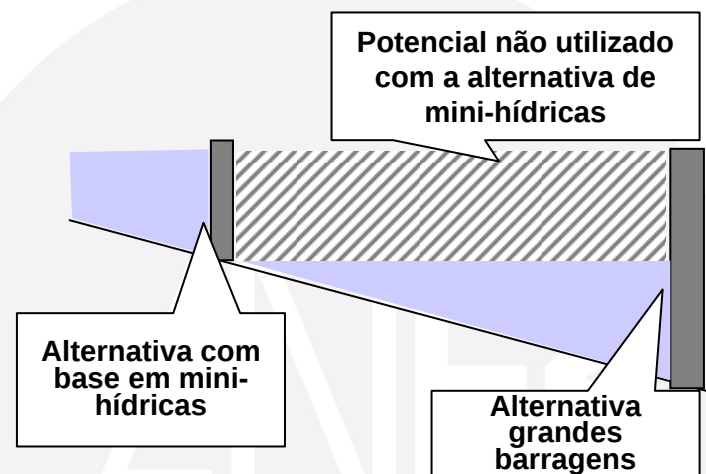
O volume da reserva de emergência garante cerca de 35 dias

Grande Hídrica e Pequena Hídrica

O potencial hídrico é superior para projectos de grandes barragens...



... e as mini-hídricas não constituem uma alternativa viável para preencher o potencial disponível



- Projectos de mini-hídricas concebidos para substituir grandes barragens não permitem utilizar o potencial hídrico disponível, tendo como consequência:
 - ✓ Menores emissões evitadas de CO₂
 - ✓ Menor quota de produção renovável
 - ✓ Menor capacidade de armazenamento e de regulação
- Para atingir a mesma capacidade seria necessário:
 - Despesas de investimento mais elevadas
 - Calendários mais alargados

Importância dos aproveitamentos hidroeléctricas



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Política energética

- ✓ Reduz a dependência energética e carbónica face ao exterior
- ✓ Garante grande flexibilidade de exploração
- ✓ Permite, no caso das reversíveis, o crescimento de outras energias renováveis (eólicas, ondas, etc.) e maior equilíbrio no diagrama de cargas
- ✓ Melhora a disponibilidade/valia eléctrica de outras hidroeléctricas a jusante (ex.: 740 MW no Douro com a B. do Sabor)
- ✓ Aumenta a eficiência do sistema electroprodutor

Política ambiental e de gestão dos R.H.

- ✓ Reduz as emissões de gases com efeito de estufa
- ✓ Aumenta as reservas estratégicas de água
- ✓ Permite o uso da água para outros fins
- ✓ Atenua os valores dos caudais de ponta de cheia (regularização dos caudais e controlo de cheias)

Questões fundamentais



- **Cooperação e salvaguardas necessárias para fornecer energia a um País altamente deficitário;**
- **Discussão livre e sem preconceitos das soluções para a produção de energia;**
- **A aposta nas energias renováveis impõe uma aposta forte em aproveitamentos hidráulicos com potencial de armazenamento e bombagem;**
- **O País dispõe de tecnologia. O problema da descontinuidade;**
- **Com que rapidez poderemos proporcionar estes objectivos ?**
- **Até onde poderemos ir no aproveitamento dos nossos recursos?**



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ZNEK

OBRIGADO

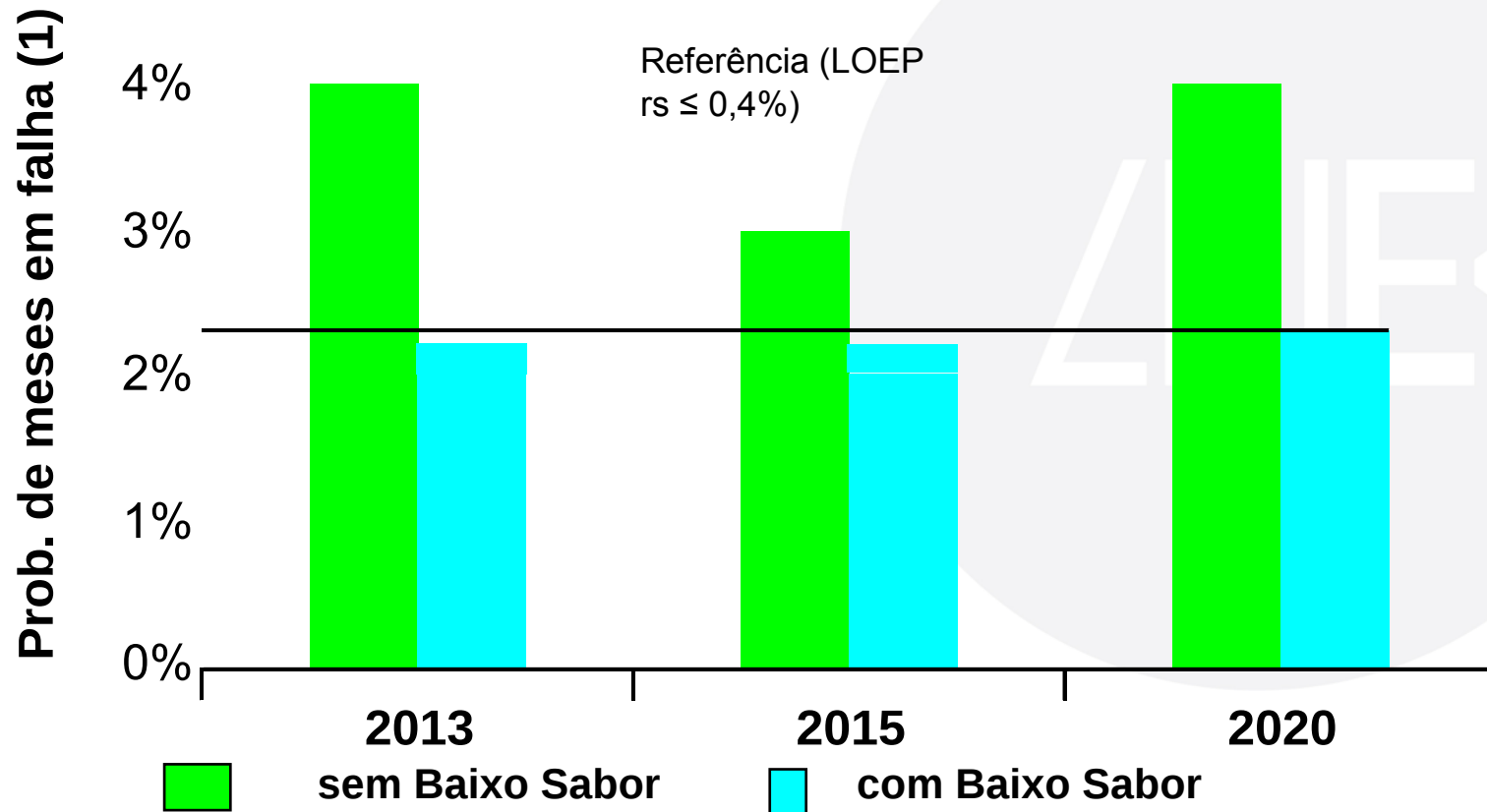


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ZNEK

Baixo Sabor

Garantia de abastecimento do Sistema eléctrico



Simulação baseada na série hidrológica de 1956-1995 (Fonte: REN)

CONCLUSÕES

Energia hidroelétrica

- ✓ Na estrutura energética mundial a hidroelectricidade correspondia, no final de 2006, a cerca de 75% do total da energia renovável.
- ✓ Representava cerca de 18% da energia total.
- ✓ Da energia hidroelétrica disponível estão em exploração cerca de 19% da reserva mundial (2,650 TWh/ano).
- ✓ O potencial hidroelétrico remanescente economicamente viável é de 5,400 TWh/ano.
- ✓ Cerca de 90% deste potencial localiza-se em países em vias de desenvolvimento.
- ✓ Nos países desenvolvidos cerca de 70% da energia hidroelétrica economicamente viável está aproveitada.



REFERÊNCIA	METAS ANTERIORES	NOVAS METAS 2007-2010 *
Produção de electricidade com base em energias renováveis	39 % do consumo bruto	45 % do consumo bruto
Energia hidroelétrica	46 % do potencial 5 000 MW em 2010	7 000 MW em 2020, 70 % do potencial. (5 575 MW em 2010)
Energia eólica	3 750 MW	5 100 MW + 600 MW por <i>upgrade</i> do equipamento
Biomassa	100 MW	150 MW
Solar	50 MW	150 MW
Ondas	50 MW	250 MW em zona piloto
Biogás	50 MW	100 MW
Biocombustíveis utilizados nos transportes rodoviários	5.75%	10%
Micro-geração	-	50 000 sistemas

