

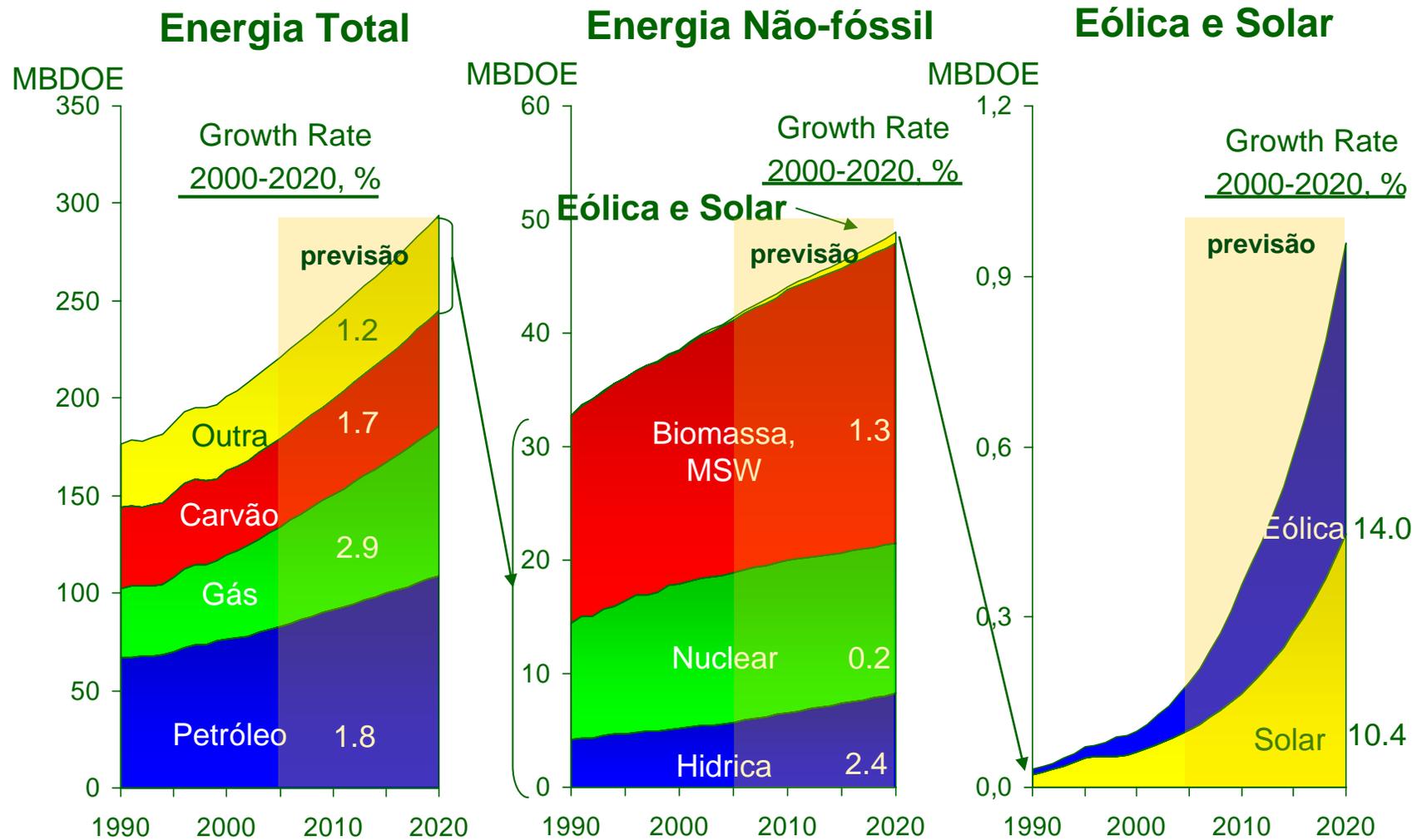


Conferência sobre AS ENERGIAS DO PRESENTE E DO FUTURO

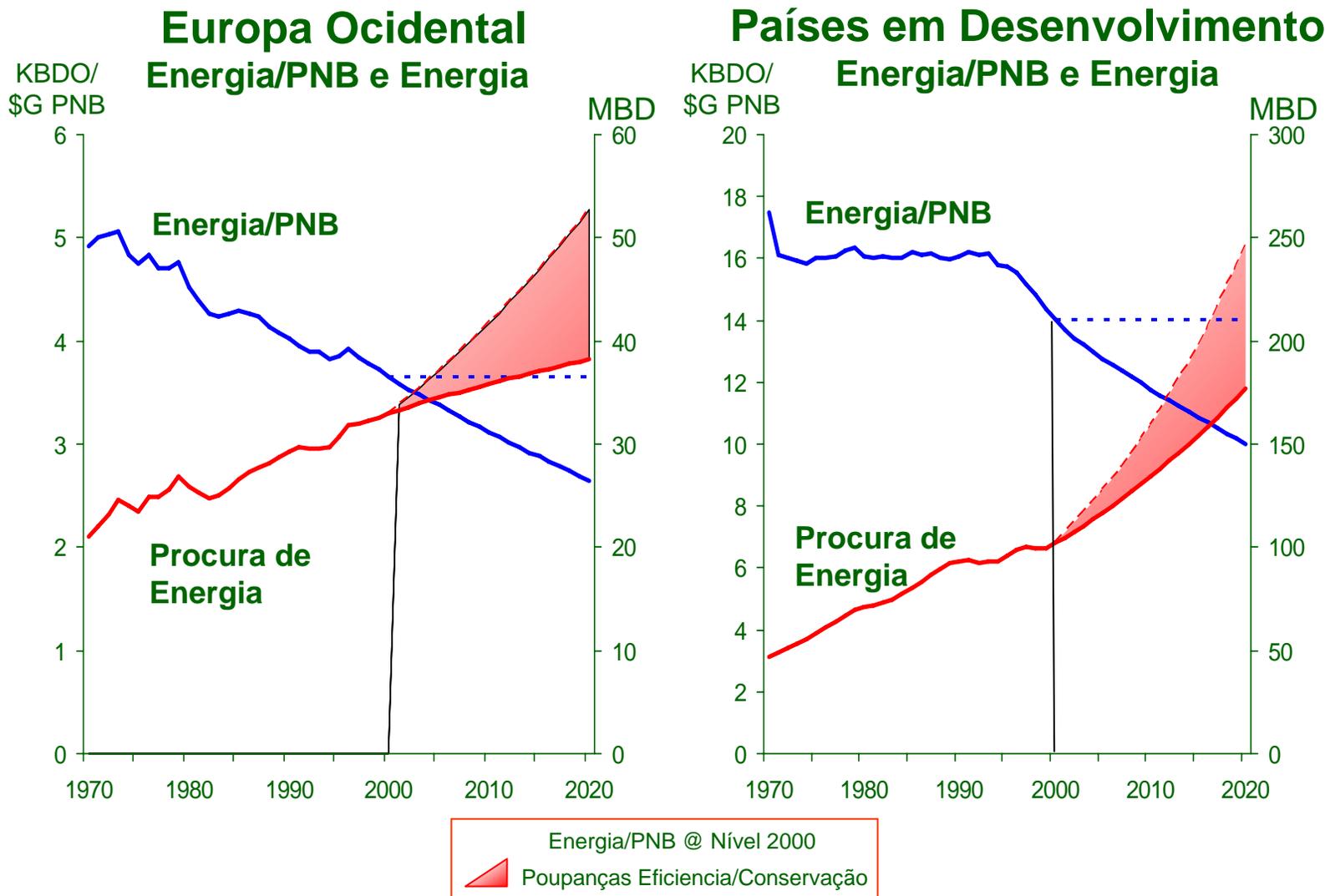
Novas Tecnologias de Cisão Nuclear

Pedro de Sampaio Nunes

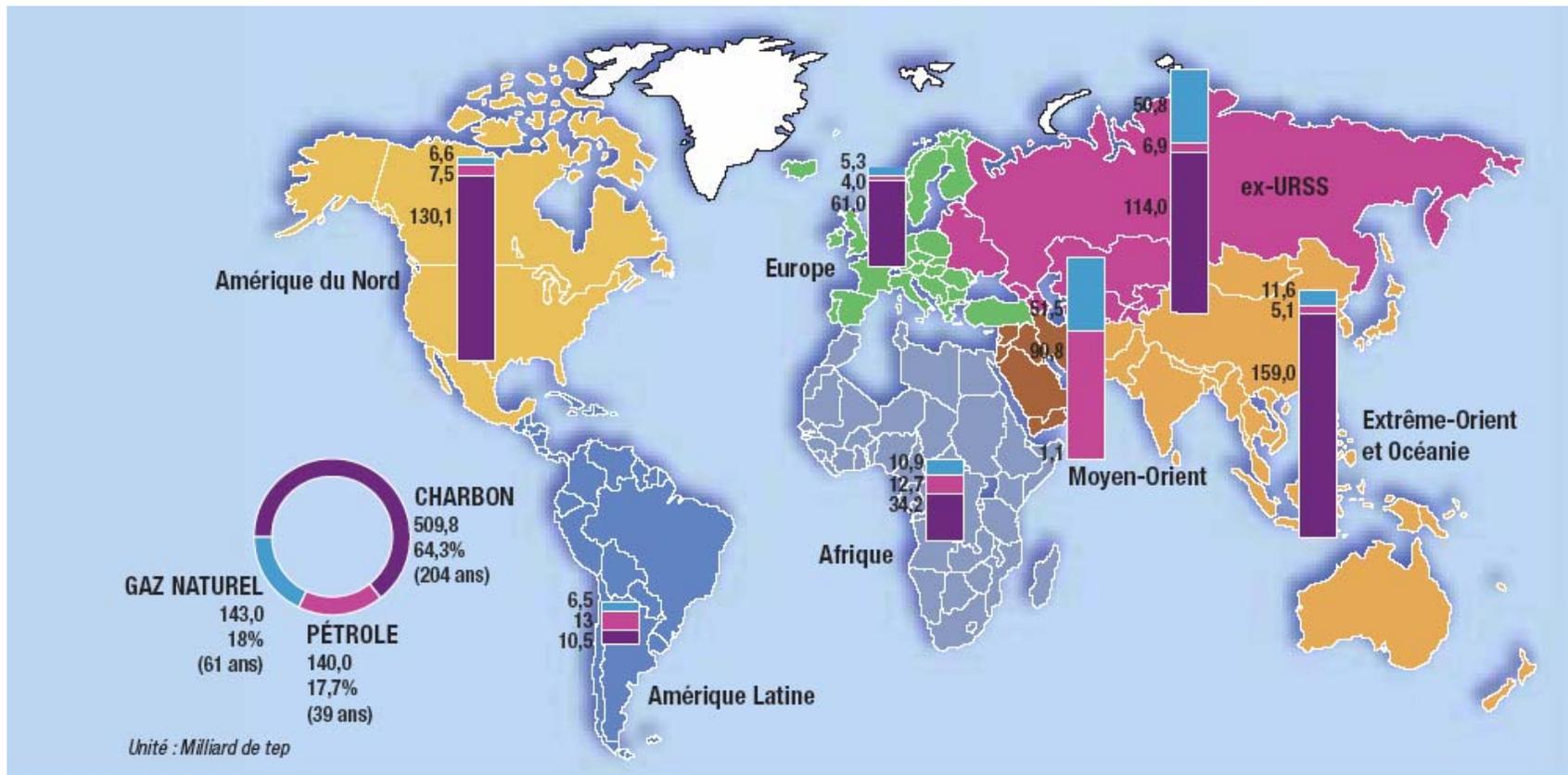
- I Condicionantes da matriz energética global**
- II Faz sentido falar em cisão nuclear hoje?**
- III Tipos de geração por cisão nuclear**
- IV Melhorar a segurança, reduzir a dependência, proteger o ambiente**
- V Assegurar a competitividade da economia Portuguesa**
- VI Conclusões**



A eficiência reduz o crescimento da procura, mas não resolve o problema

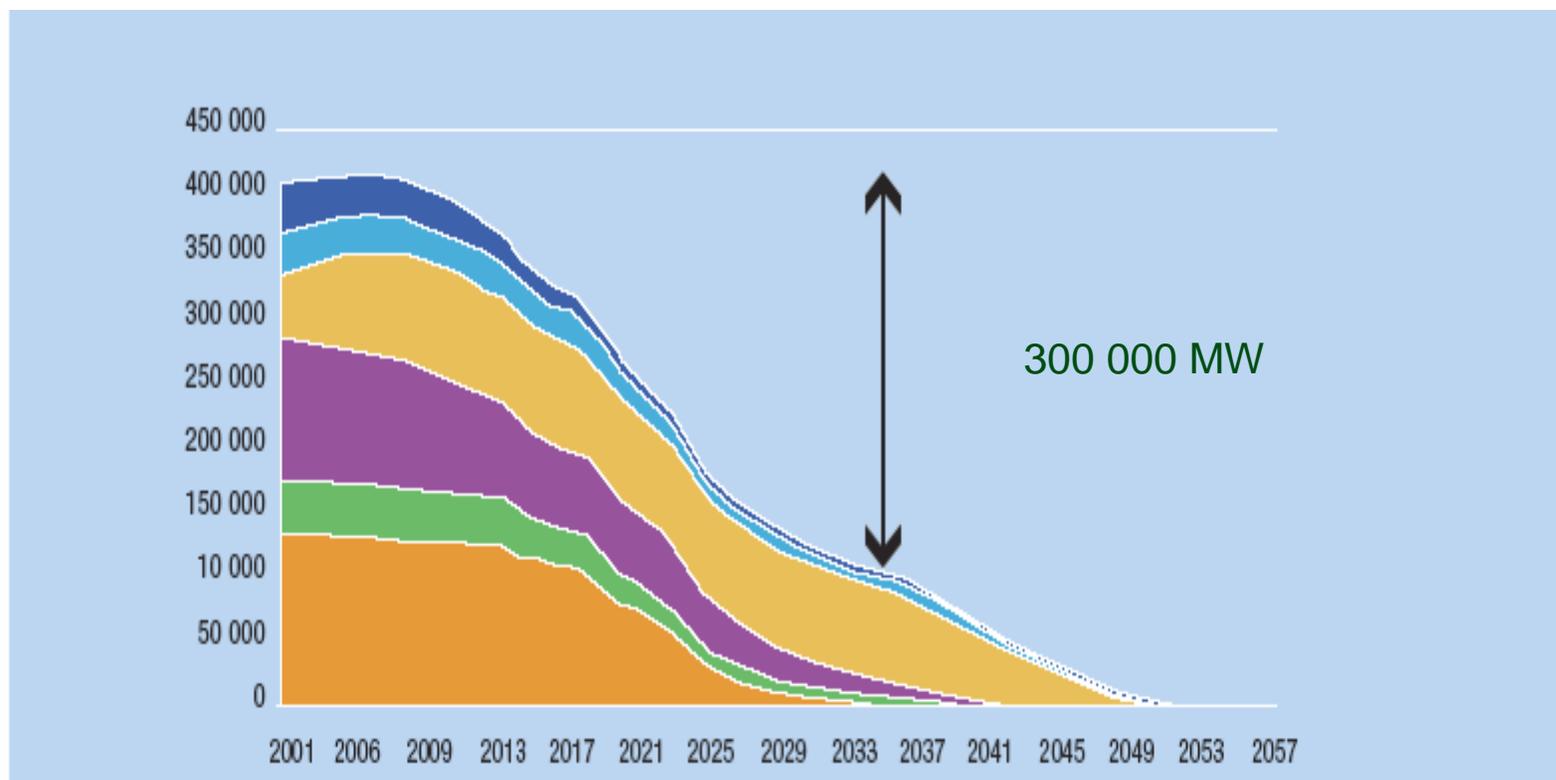


Reservas mundiales de energia Fossil - 2003



Sources : Conseil Mondial de l'Énergie, BP et Ministère de l'Économie et des Finances (DGEMP).

Necessidade de nova geração no mercado europeu

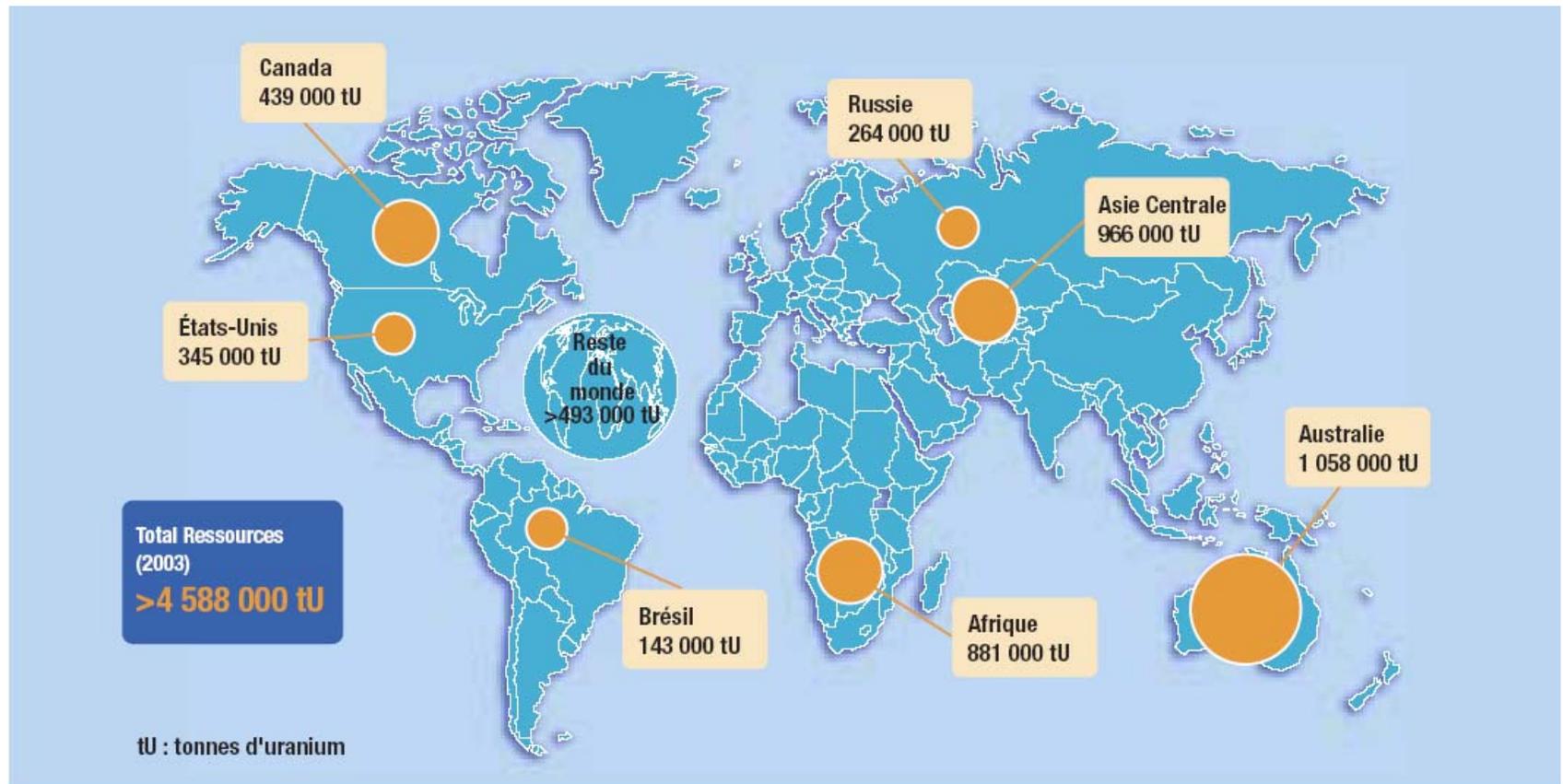


Faz sentido em falar em novas centrais de cisão nuclear hoje?

Possibilidade de aumentar as disponibilidades das reservas de urânio

- **As reservas de urânio** apresentam uma situação diferente. As reservas conhecidas atingem cerca de 4 milhões de toneladas segundo a AIEA.
- Durarão cerca de 60 anos à taxa actual de consumo, sem tratamento e reciclagem do combustível.
- Estima-se em 16 milhões de toneladas as reservas ainda não descobertas, o que estende significativamente aquele prazo.
- Contrariamente aos outros combustíveis, utilizados directamente ou com poucas transformações, o urânio representa apenas 5 % do custo do kWh.
- Essa característica permitirá a exploração de futuras jazidas que têm custos de extracção duas ou três vezes superiores às actuais.
- Para além de 2040, a comercialização dos novos reactores nucleares, ditos da 4ª geração, poderá progressivamente dividir por 60 o consumo de urânio natural e aumentar nessa proporção a duração das reservas disponíveis.

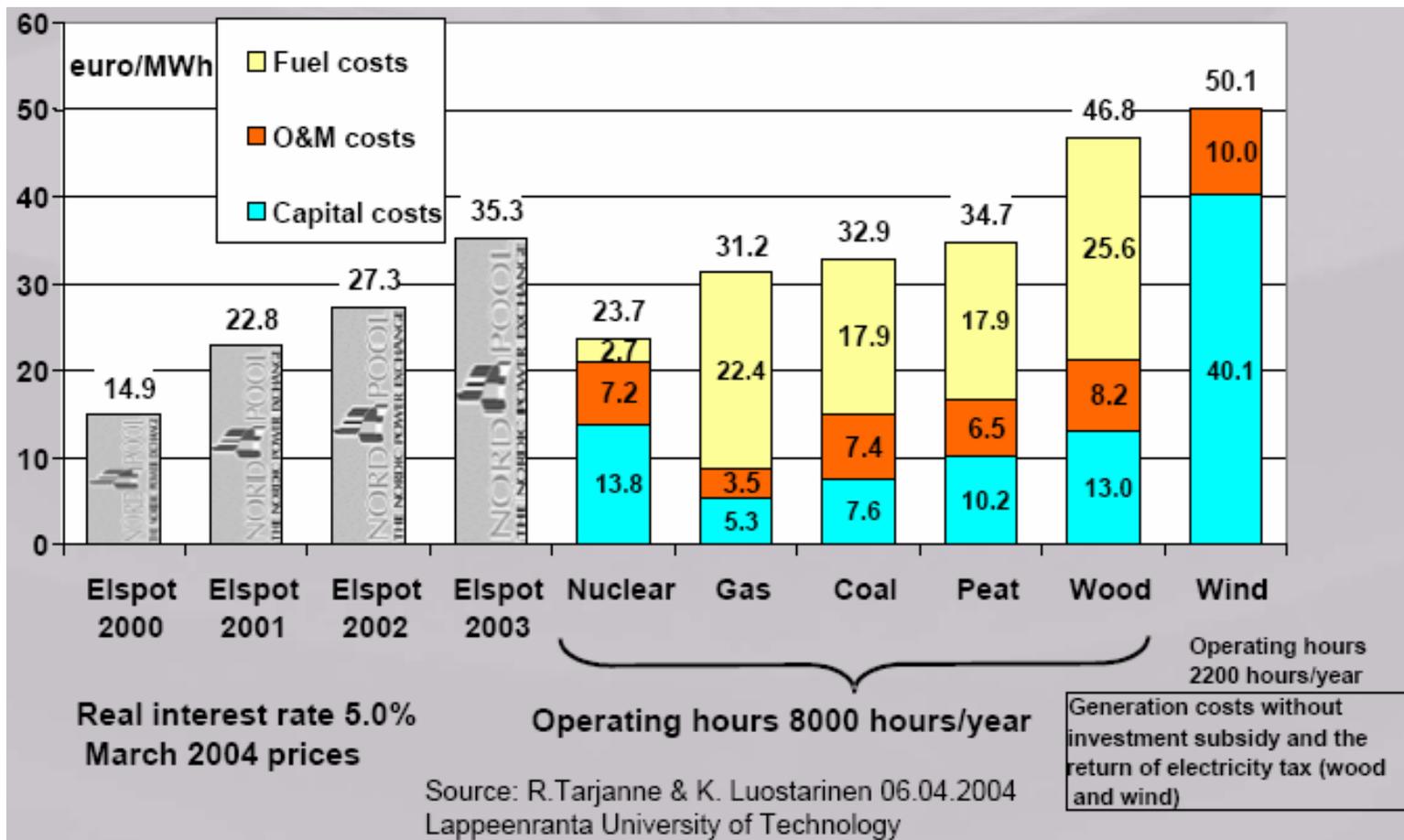
As reservas de urânio



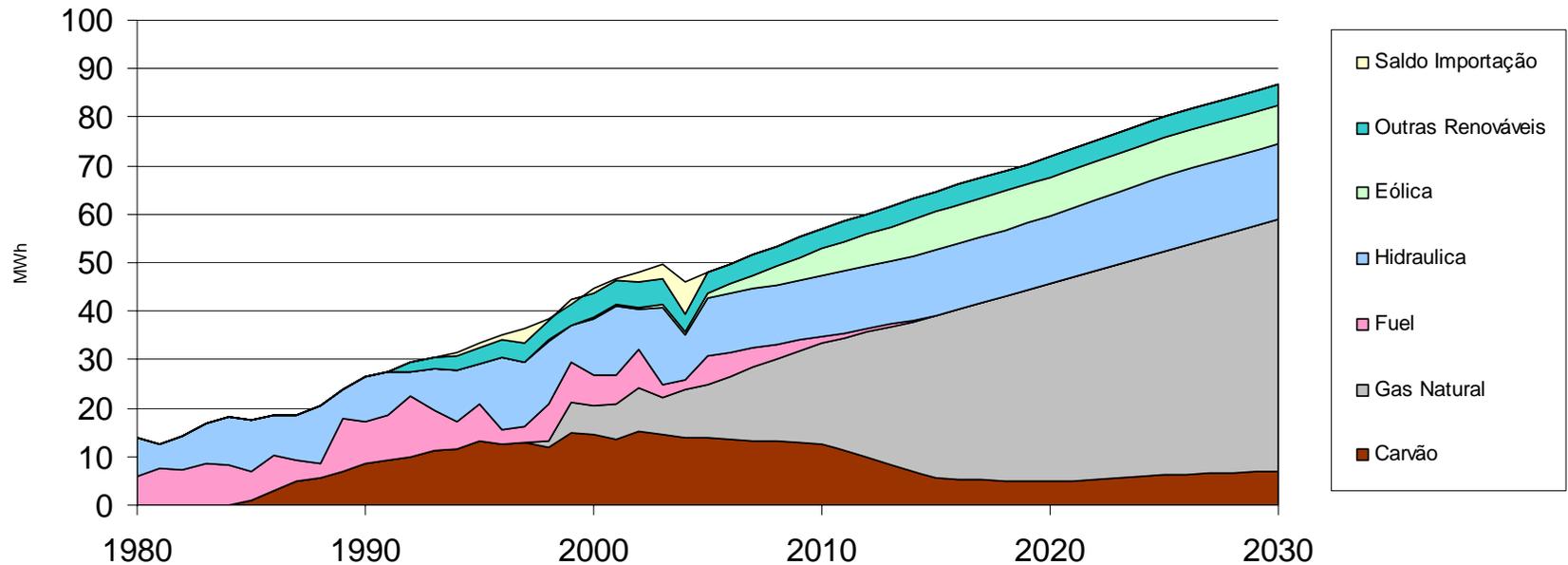
Source : EDF.

Competitividade da energia nuclear

- A energia nuclear é hoje mais competitiva quando comparada com o gás, carvão e renováveis.

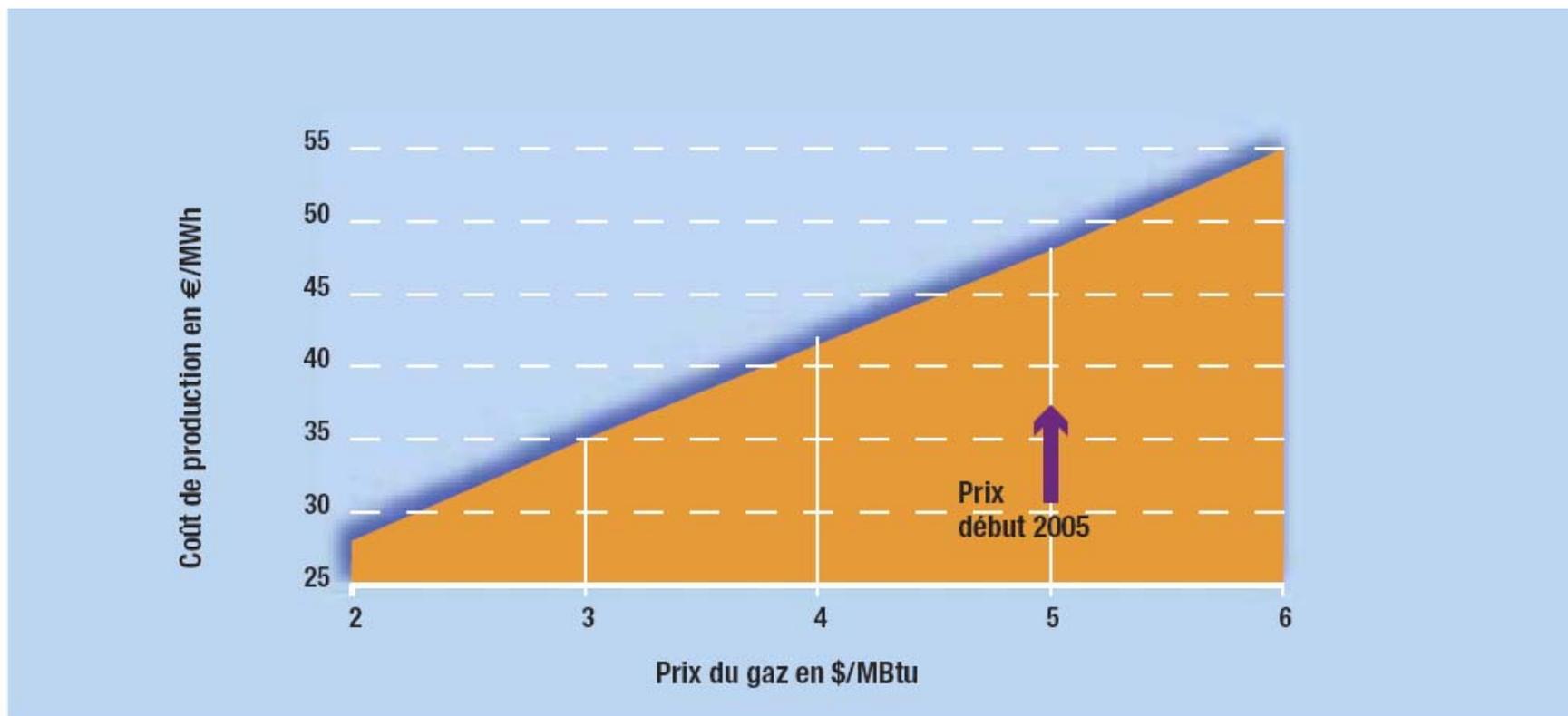


Previsão de geração por combustível sem recurso a energia nuclear



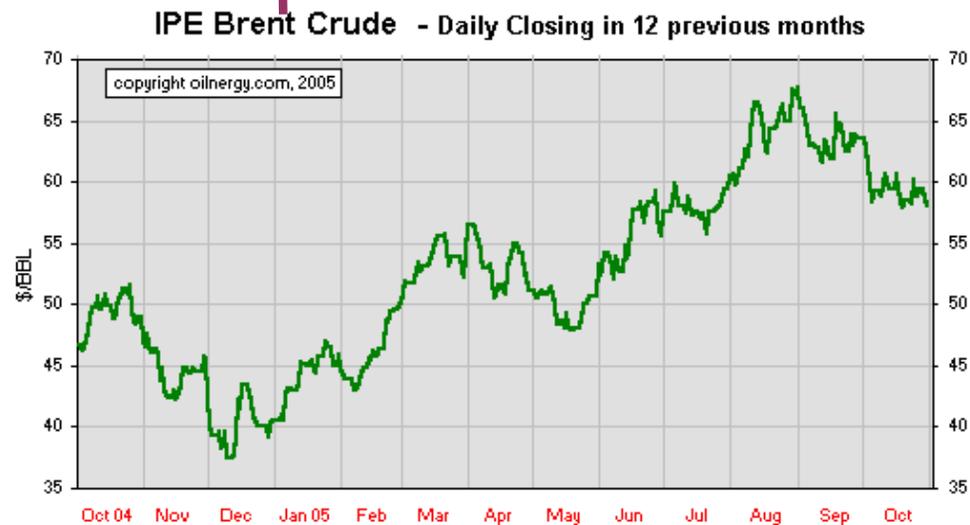
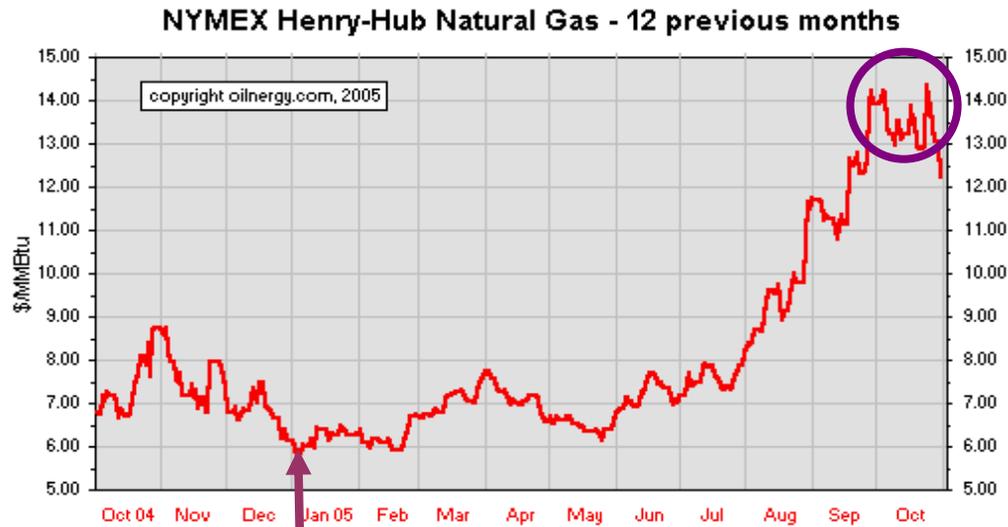
Fonte: Comissão Europeia

Variação do custo de geração de uma central a ciclo combinado em função do preço do gás

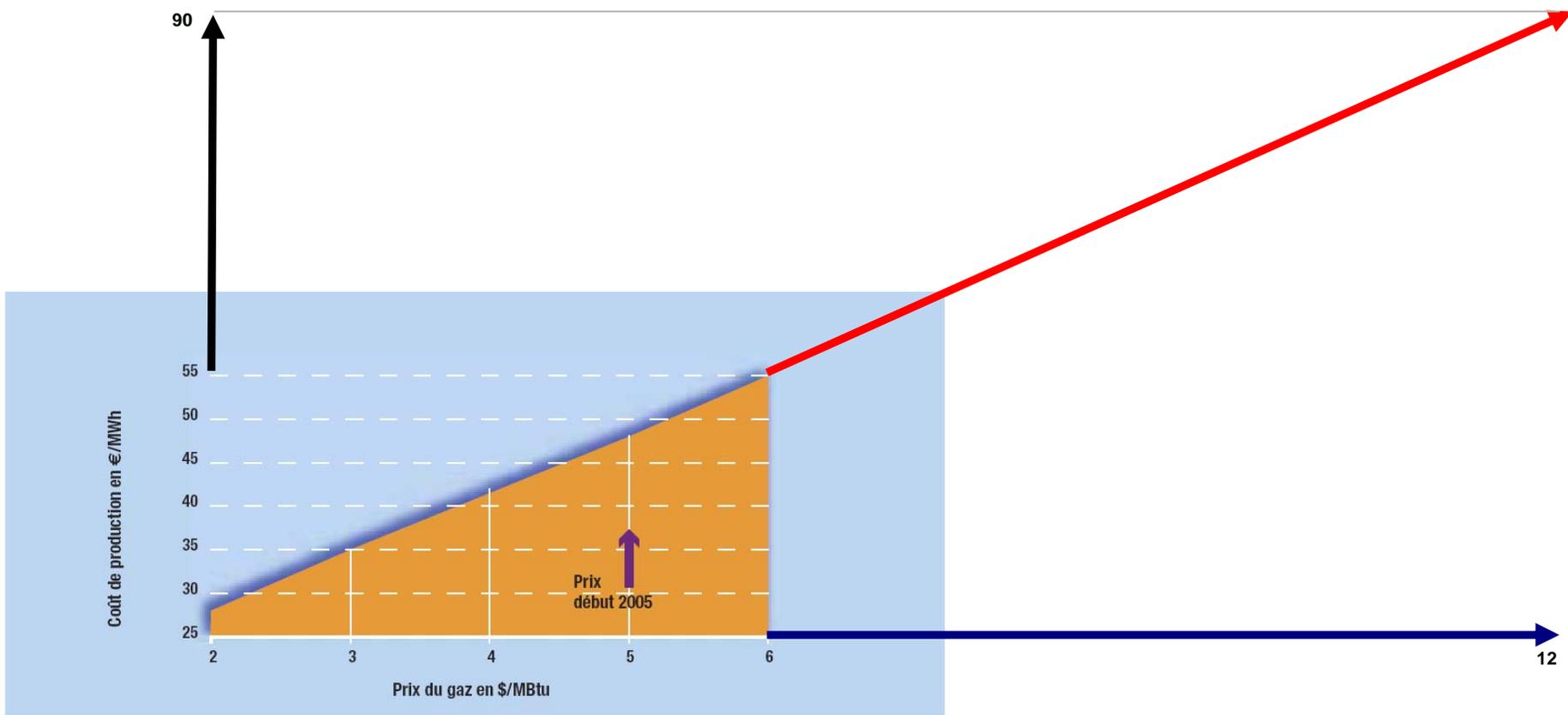


Source : "Coûts de référence de la production électrique" de la DGEMP, décembre 2003⁴.

Evolução do preço do Gás Natural e do Petróleo



Variação do custo de geração de uma central a ciclo combinado em função do preço do gás



Source : "Coûts de référence de la production électrique" de la DGEMP, décembre 2003 ⁴.

A questão dos resíduos nucleares

- Os resíduos da indústria electronuclear são os únicos que se encontram completamente confinados e selados, sendo em termos de volume extraordinariamente mais reduzidos que os dos seus concorrentes fósseis. Assim para produzir 1MW (e) durante um ano temos necessidade de

- 2.500 ton. de carvão → produzindo → 5.000 ton. de CO₂, SO₂, cinzas e metais pesados libertados para a atmosfera

- 1.500 ton. de fuelóleo → produzindo → 4.800 ton. de CO₂, SO₂ e outros

- 700 ton. de gás natural → produzindo → 2.400 ton. de CO₂

- 25 Kg de urânio enriquecido → produzindo → 23 Kg de resíduos (apenas 1Kg de resíduos de alta actividade)



• PRESS RELEASE •

International Atomic Energy Agency
World Health Organization
United Nations Development Programme

Contact: Marshall Hoffman, USA
Office (703) 820-2244
Home (703) 533-8482
Cell (703) 801-8602

Melissa Fleming, IAEA, Vienna, Austria
Office (+43 1) 2600-21275
Mobile (+43) 699 165 21275

EMBARGOED: September 5, 2005 at 4 p.m. local time

Released simultaneously from London, Vienna, Washington, and Toronto
B-rolls are available for TV producers.

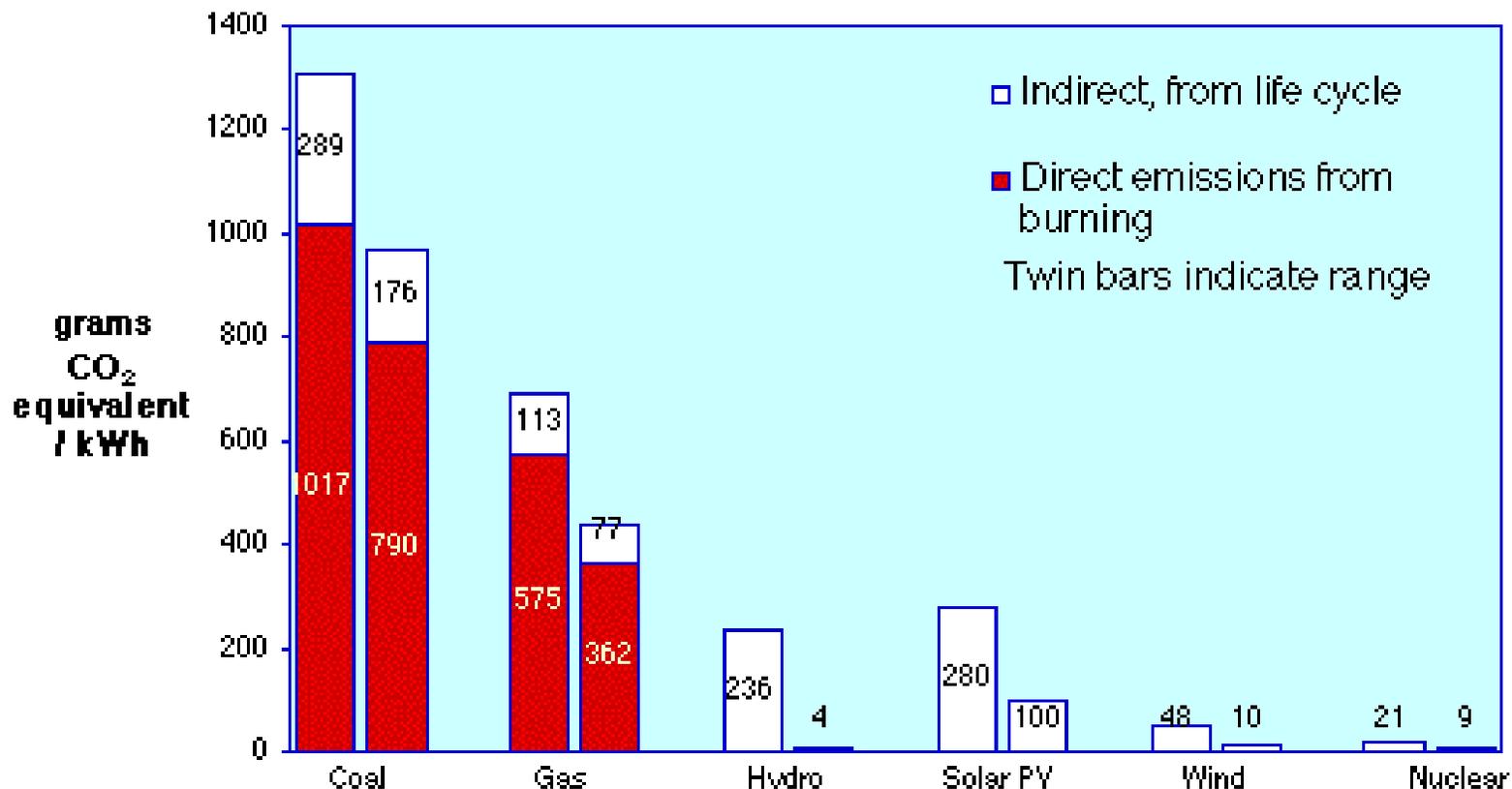
Chernobyl: The True Scale of the Accident 20 Years Later a UN Report Provides Definitive Answers and Ways to Repair Lives

A total of up to four thousand people could eventually die of radiation exposure from the Chernobyl nuclear power plant (NPP) accident nearly 20 years ago, an international team of more than 100 scientists has concluded.

As of mid-2005, however, fewer than 50 deaths had been directly attributed to radiation from the disaster, almost all being highly exposed rescue workers, many who died within months of the accident but others who died as late as 2004.

Ciclo de vida da produção de CO₂ nas várias fileiras de energia

Greenhouse Gas Emissions from Electricity Production



Fonte: IAEA 2000

O panorama actual: centrais existentes e em construção

- Existem em funcionamento actualmente 440 reactores nucleares produzindo 16% da electricidade mundial.
- Neste momento estão em construção 24 reactores nucleares no Mundo, com incidência na Ásia, estão encomendados 40 e propostos 73.
- Entre os países que mais estão a investir em capacidade nuclear, contam-se a China, que vai decuplicar o seu número de centrais, a Índia, que irá multiplicar por quinze, e o Japão que prossegue a sua política de diminuir a sua exposição à dependência do exterior.
- Na Europa Ocidental apenas a Finlândia e a França decidiram construir centrais nucleares de terceira geração.
- O debate está lançado em todos os outros países devido à forte subida do preço do petróleo.

	NUCLEAR ELECTRICITY GENERATION 2003		REACTORS OPERABLE March 2005		REACTORS under CONSTRUCTION March 2005		REACTORS PLANNED March 2005		REACTORS PROPOSED March 2005		URANIUM REQUIRED 2005
	billion kWh	% e	No.	MWVe	No.	MWVe	No.	MWVe	No.	MWVe	tonnes U
Argentina	7.0	8.6	2	935	0	0	1	692	0	0	140
Armenia	1.8	35	1	376	0	0	0	0	0	0	55
Belgium	44.6	55	7	5728	0	0	0	0	0	0	1163
Brazil	13.3	3.7	2	1901	0	0	1	1245	0	0	311
Bulgaria	16.0	38	4	2722	0	0	0	0	1	1000	345
Canada*	70.3	12.5	17	12080	1	515	4	2570	0	0	1796
China**	79.0	**	15	11471	4	4500	8	8000	19	15000	2307
Czech Republic	25.9	31	6	3472	0	0	0	0	2	1900	474
Egypt	0	0	0	0	0	0	0	0	1	600	0
Finland	21.8	27	4	2656	0	0	1	1600	0	0	540
France	420.7	78	59	63473	0	0	0	0	1	1600	10431
Germany	157.4	28	18	20643	0	0	0	0	0	0	3708
Hungary	11.0	33	4	1755	0	0	0	0	0	0	274
India	16.4	3.3	14	2493	9	4128	0	0	24	13160	351
Indonesia	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2000	0
Iran	0	0	0	0	1	950	1	950	3	2850	125
Israel	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1200	0
Japan	230.8	25	54	46342	2	2181	12	14782	0	0	8184
Korea DPR (North)	0	0	0	0	1	950	1	950	0	0	0
Korea RO (South)	123.3	40	20	16840	0	0	8	9200	0	0	3011
Lithuania	14.3	80	1	1185	0	0	0	0	0	0	290
Mexico	10.5	5.2	2	1310	0	0	0	0	0	0	237
Netherlands	3.8	4.5	1	452	0	0	0	0	0	0	112
Pakistan	1.8	2.4	2	425	0	0	1	300	0	0	57
Romania	4.5	9.3	1	655	1	655	0	0	3	1995	90
Russia	138.4	17	31	21743	4	3600	1	925	8	9375	3409
Slovakia	17.9	57	6	2472	0	0	0	0	2	840	373
Slovenia	5.0	40	1	676	0	0	0	0	0	0	128
South Africa	12.7	6.1	2	1842	0	0	0	0	1	125	356
Spain	59.4	24	9	7584	0	0	0	0	0	0	1622
Sweden	65.5	50	11	9459	0	0	0	0	0	0	1536
Switzerland	25.9	40	5	3220	0	0	0	0	0	0	595
Turkey	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4500	0
Ukraine	76.7	46	15	13168	0	0	1	950	0	0	1531
United Kingdom	85.3	24	23	11852	0	0	0	0	0	0	2409
USA	763.7	19.9	103	97542	1	1065	0	0	0	0	22397
Vietnam	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2000	0
WORLD	2525	16	440	366,472	24	18,544	40	42,164	73	58,145	68,357
	billion kWh	% e	No.	MWVe	No.	MWVe	No.	MWVe	No.	MWVe	tonnes U
	NUCLEAR ELECTRICITY GENERATION 2003		REACTORS OPERATING		REACTORS BUILDING		ON ORDER or PLANNED		PROPOSED		URANIUM REQUIRED

Tipos de reactores existentes hoje

Um **reactor nuclear** caracteriza-se por 3 parâmetros : o **combustível**, o **moderador** e o **permutador de calor**.

Os reactores a água pressurizada (PWR)

São os mais frequentes, com 266 em serviço no mundo. O permutador de calor e o moderador são a água a forte pressão. O combustível é de urânio ligeiramente enriquecido, eventualmente misturado com plutonio (combustível MOX).

Os reactores a água ebuliente (BWR)

93 reactores estão em serviço sobretudo na Alemanha, no Japão e nos EUA. O permutador de calor e o moderador são a água em ebulição, o vapor alimentando directamente a turbina. O combustível é de urânio ligeiramente enriquecido.

Os reactores a água pesada (PHWR)

39 reactores estão em serviço, principalmente no Canada. O moderador é de água pesada, O permutador de calor de água ligeira e o combustível é de urânio ligeiramente enriquecido.

Os reactores arrefecidos a CO2 (AGR – MAGNOX)

Muito utilizados nos anos 60–70, 22 centrais encontram-se em serviço apenas no Reino Unido. Este tipo de reactor, que utiliza urânio natural ou muito ligeiramente enriquecido, tem um permutador de calor a gás carbonico, particularmente transparente aos neutrões,. O moderador é de grafite.

Os RBMK

Este tipo de reactor, utilizado em Chernobyl, apresenta uma instabilidade intrinseca. Estes reactores têm sido progressivamente desactivados, estando ainda 17 em exploração na Russia e Europa de Leste. O RBMK utiliza urânio ligeiramente enriquecido como combustível, água em ebulição no permutador de calor , e grafite como moderador.

PM : Existem em funcionamento ainda 3 reactores a neutrões rápidos de carácter experimental.

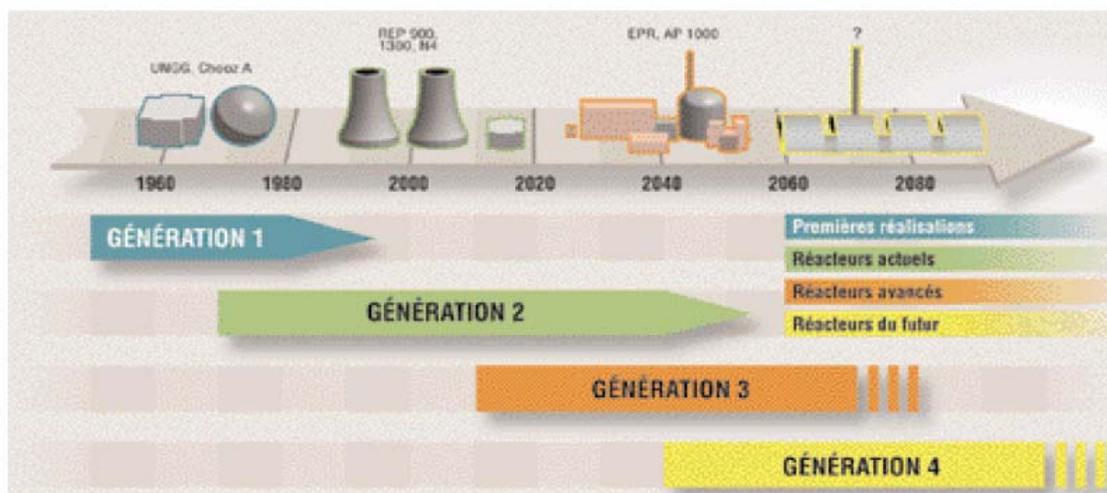
As várias gerações de reactores nucleares

A 1ª geração corresponde aos primeiros reactores industriais dos anos 60 ;

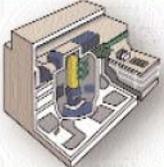
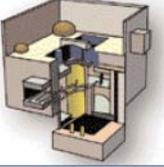
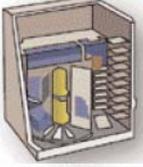
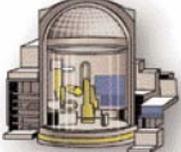
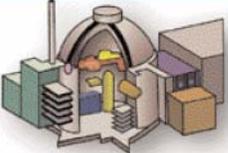
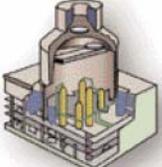
Os reactores de 2ª geração são, em geral, os que estão em exploração actualmente ;

Os reactores de 3ª geração são uma evolução tecnológica dos reactores de 2ª geração , Integrando os mesmos conceitos e estão disponíveis já hoje no mercado ;

A 4ª geração está em estado de de protótipo, são reactores que tentam aplicar novos conceitos

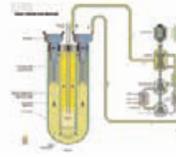
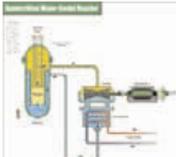
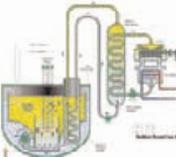


Os outros reactores actuais de 3ª geração

	<p>▶ ABWR (1 350 MW)</p> <ul style="list-style-type: none">• Technologie : REB (Réacteur à Eau Bouillante)• General Electric + Toshiba + Hitachi• En construction à Taiwan et 2 unités en service au Japon• Certifié au Japon et aux USA• Participation à l'appel d'offres Finlande
	<p>▶ ESBWR (1 300 MW)</p> <ul style="list-style-type: none">• Technologie : REB (Réacteur à Eau Bouillante)• General Electric (GE)• En cours de développement, études• Processus de certification lancé aux USA• Pas de référence de construction à ce jour
	<p>▶ SWR (1 000 MW)</p> <ul style="list-style-type: none">• Technologie : REB (Réacteur à Eau Bouillante)• Framatome-ANP• Pas de référence de construction à ce jour
	<p>▶ AES 91 (1 000 MW)</p> <ul style="list-style-type: none">• Technologie : REP (Réacteur à Eau Pressurisée)• Atomstroyexport (Russie)• En construction en Chine• Participation à l'appel d'offres Finlande
	<p>▶ AES 92 (1 000 MW)</p> <ul style="list-style-type: none">• Technologie : REP (Réacteur à Eau Pressurisée)• Atomstroyexport (Russie)• En construction en Inde• Proche de l'AES 91, avec des systèmes passifs (systèmes de sécurité qui agissent spontanément en cas de besoin et sans électricité)
	<p>▶ AP 1000 (1 000 MW)</p> <ul style="list-style-type: none">• Technologie : REP (Réacteur à Eau Pressurisée)• Westinghouse/BNFL• Pas de référence de construction à ce jour• En cours de certification aux USA

Source : EDF.

Os reatores da 4ª geração

	<p>► GFR : Gas-cooled Fast Reactor</p> <ul style="list-style-type: none">► Réacteur rapide à l'hélium (850°C)► Réacteur surgénérateur► Caloporteur hélium, pas de modérateur <p>Destiné à produire de l'électricité (300 MW)</p>
	<p>► LFR : Lead-cooled Fast Reactor</p> <ul style="list-style-type: none">► Réacteur rapide au Plomb (540°C)► Réacteur surgénérateur► Caloporteur plomb, pas de modérateur <p>Destiné à produire de l'électricité (1 200 MW)</p>
	<p>► MSR : Molten Salt Reactor</p> <ul style="list-style-type: none">► Réacteur à sels fondus (700°C)► Réacteur surgénérateur► Le combustible est le caloporteur (sels fondus avec Uranium et Thorium)► Modérateur graphite <p>Destiné à produire de l'électricité (1 000 MW)</p>
	<p>► SCWR : Supercritical-Water-Cooled Reactor</p> <ul style="list-style-type: none">► Réacteur à eau légère► Réacteur non surgénérateur► Caloporteur et modérateur eau supercritique (eau à 200 bars et 508°C) <p>Destiné à produire de l'électricité (1 000 MW)</p>
	<p>► SFR : Sodium Fast Reactor</p> <ul style="list-style-type: none">► Réacteur rapide au sodium (550°C)► Réacteur surgénérateur► Caloporteur sodium, pas de modérateur <p>Destiné à produire de l'électricité (1100 MW)</p>
	<p>► VHTR : Very High Temperature Reactor</p> <ul style="list-style-type: none">► Réacteur à gaz à très haute température► Non surgénérateur► Caloporteur hélium, modérateur graphite► Température de l'hélium de 900 à 1 500°C <p>Dédié à la production d'hydrogène en raison de sa très haute température</p>

Source : Forum Generation 4

O EPR - Uma central nuclear de terceira geração

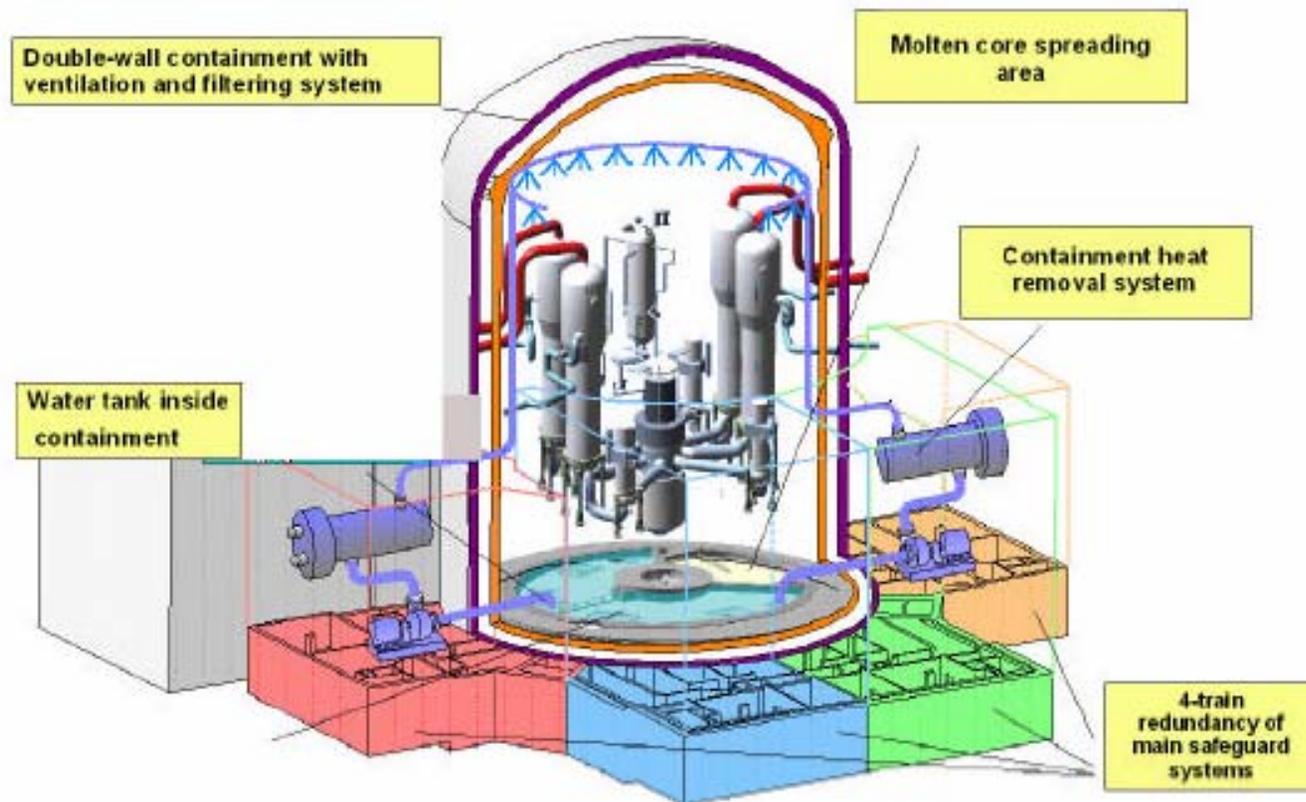


Diminuição do consumo do EPR em relação aos reactores PWR da geração precedente

- **O combustível é mais eficaz:** a reacção em cadeia será mais completa, restará menos urânio não transformado – 7 %
 - **O reactor é maior:** a combustão é mais homogénea, e por isso mais eficaz – 7 %
 - **Reflector maciço na periferia do reactor :** o reflector, peça de aço maciço que envolve o reactor, favoriza a reflexão dos neutrões e melhora a combustão – 3 %
 - **Melhor eficácia da turbina :** o rendimento da turbina do EPR será melhorado (de 34,7 à plus de 36 %) – 5 %
- Total – 22 %**

22 % de combustível a menos para a mesma produção de electricidade, significa menos resíduos

Um nível de segurança mais elevado



Sistemas de salvaguarda

- Garantir em qualquer situação o controle da reação nuclear ;
- Manter o arrefecimento do reactor em todas as circunstâncias ;
- Limitar o aumento da pressão e da temperatura no edifício do reactor em caso de acidente.
- Nas actuais centrais em exploração do tipo PWR, esses sistemas são duplos. No EPR, são quadruplicados, o que aumenta ainda mais a fiabilidade das suas funções. Os 4 sistemas estão completamente separados, cada um no seu edifício distinto.



Protecção reforçada contra agressões externas

Uma cobertura de betão armado está prevista para recobrir os edifícios mais sensíveis do EPR: edifício do reactor, edifício do combustível, sala de comando e dois dos quatro edifícios de salvaguarda. Esta cobertura constitui uma protecção particularmente resistente contra as agressões externas, nomeadamente em caso de queda de aviões.



△ Avant mise en place de la coque.



△ Coque en place.



△ Le réacteur et le récupérateur de combustible.

 **UBS**

UBS Investment Research
European Utilities Strategy Monthly July 2005

Utilities



ANALYST CERTIFICATION AND REQUIRED DISCLOSURES BEGIN ON PAGE 160
www.ubs.com/investmentresearch
This report has been prepared by UBS Limited

European Trends

UBS does and seeks to do business with companies covered in its research reports. As a result, investors should be aware that the firm may have a conflict of interest that could affect the objectivity of this report. Investors should consider this report as only a single factor in making their investment decision.

Cenário com o preço do petróleo a 60 USD em 2012

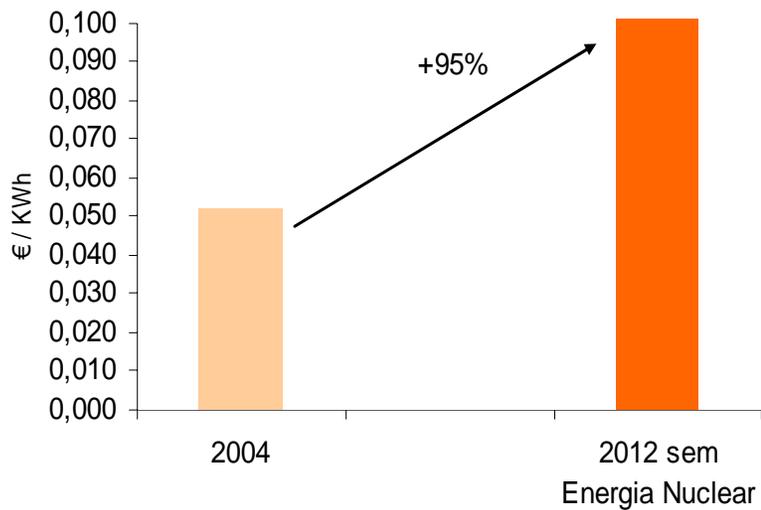
Custo do kwh

	Custo MP	O&M	Custo K	Kyoto	Preços Mwh 2012
Hidraulica	0	15	30	0	45,0
Gas Natural	65	5	7	27	103,6
Fuel	48	7	8	57	120,0
Carvão	23	7	8	63	100,3
Eólica	0	15	59	0	73,5
Outras Renováveis	0	15	59	0	73,5
Nuclear	7	8	15	0	30,0

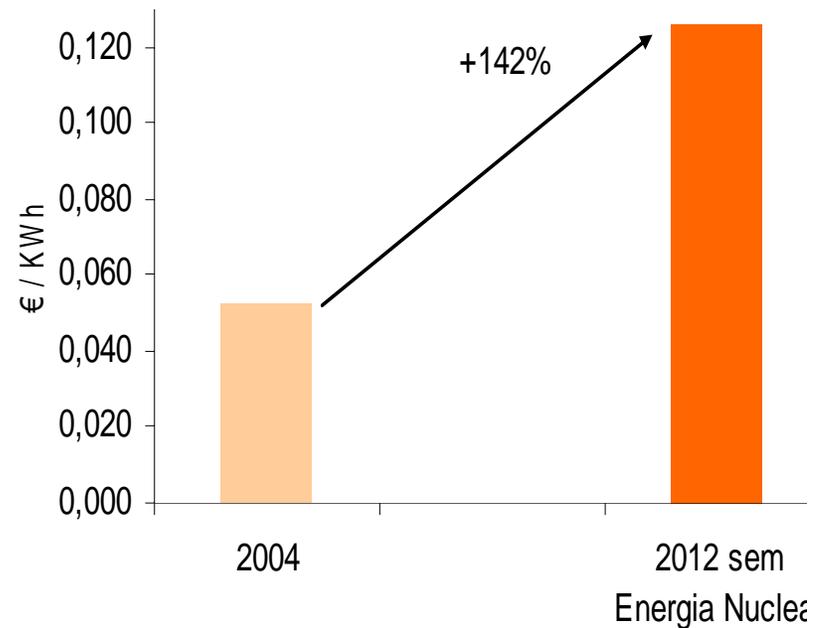
Cenários com o preço do petróleo a 60 e a 80 USD em 2012

Aumento do kwh

60 USD/bbl



80 USD/bbl



Custo de produção de hidrogénio

Resource	Technology	Efficiency (%HHV)	Cost (\$/MMBtu)	Notes	Estimated Timeframe	Data Source	Notes
Petroleum Coke	Current Gasification/Shift/PSA	54	4.50	Co-production of Hydrogen & Power No Sequestration	Current	Mitretek (4)	8
Natural Gas	Steam Methane Reforming (SMR)/PSA	83	5.54	Includes export steam No Sequestration	Current	Parsons (3)	9
Natural Gas	Steam Methane Reforming (SMR)/PSA	78	5.93	Sequestration	2015+	Parsons (3)	10
Natural Gas	ITM Synthesis Gas Generation, Advanced Membrane Separation, CO ₂ capture		4.15	Sequestration	2015+	FE Hydrogen Program Plan Goal	11
Gravity	Hydropower Water electrolysis	-	21.90	Hydropower capital cost of \$3260/kW		Ogden (5)	12
Nuclear	Water electrolysis	-	14.50	Assuming capital cost of nuclear \$1620/kW		Ogden (5)	13
	Sulfur-Iodine cycle	45-55	9.70	Preliminary estimate	2020+	General Atomics (6)	14
Biomass	Gasification	-	9 – 18	Feedstock cost range: \$1.0 - \$2.7 per MMBtu		NREL Survey (7)	
	Pyrolysis to bio-oil/Steam reforming	-	9.4 – 16.3	Bio-oil cost of \$7.1 per MMBtu		NREL Survey (7)	
Wind	Wind Water electrolysis	-	21	1998 estimate for the year 2000	Current	NREL Survey (7)	

Conclusões

- A produção a gás natural só será de novo competitiva no caso de uma forte queda dos preços do combustível.
- Essa queda só irá ocorrer se se criarem as condições de bolha de gás ou de mercado de compradores. Neste momento e face às intenções de investimento em geração de ciclos combinados estamos numa situação de mercado de vendedores.
- Foi o lançamento dos programas de geração nuclear na Europa Ocidental, aliada à exploração do Mar do Norte, que originou o contra choque dos preços do petróleo em 1986, a seguir aos choques de 1973 e 1979.
- O relançamento da geração nuclear terá como consequência o desligar dos preços do petróleo e do gás natural. Permitirá ainda o lançamento da economia de hidrogénio a um custo igual ao actual do gás natural, se produzido por electrólise com base no nuclear.
- Para Portugal é condição inelutável passar a dispor de geração nuclear para assegurar a competitividade da sua economia, diversificar fontes para aumento da segurança de abastecimento e da concorrência e cumprir as suas obrigações ambientais.