



# PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO

## PASSADO, PRESENTE E FUTURO

Odair Dias Gonçalves

Comissão Nacional de Energia Nuclear

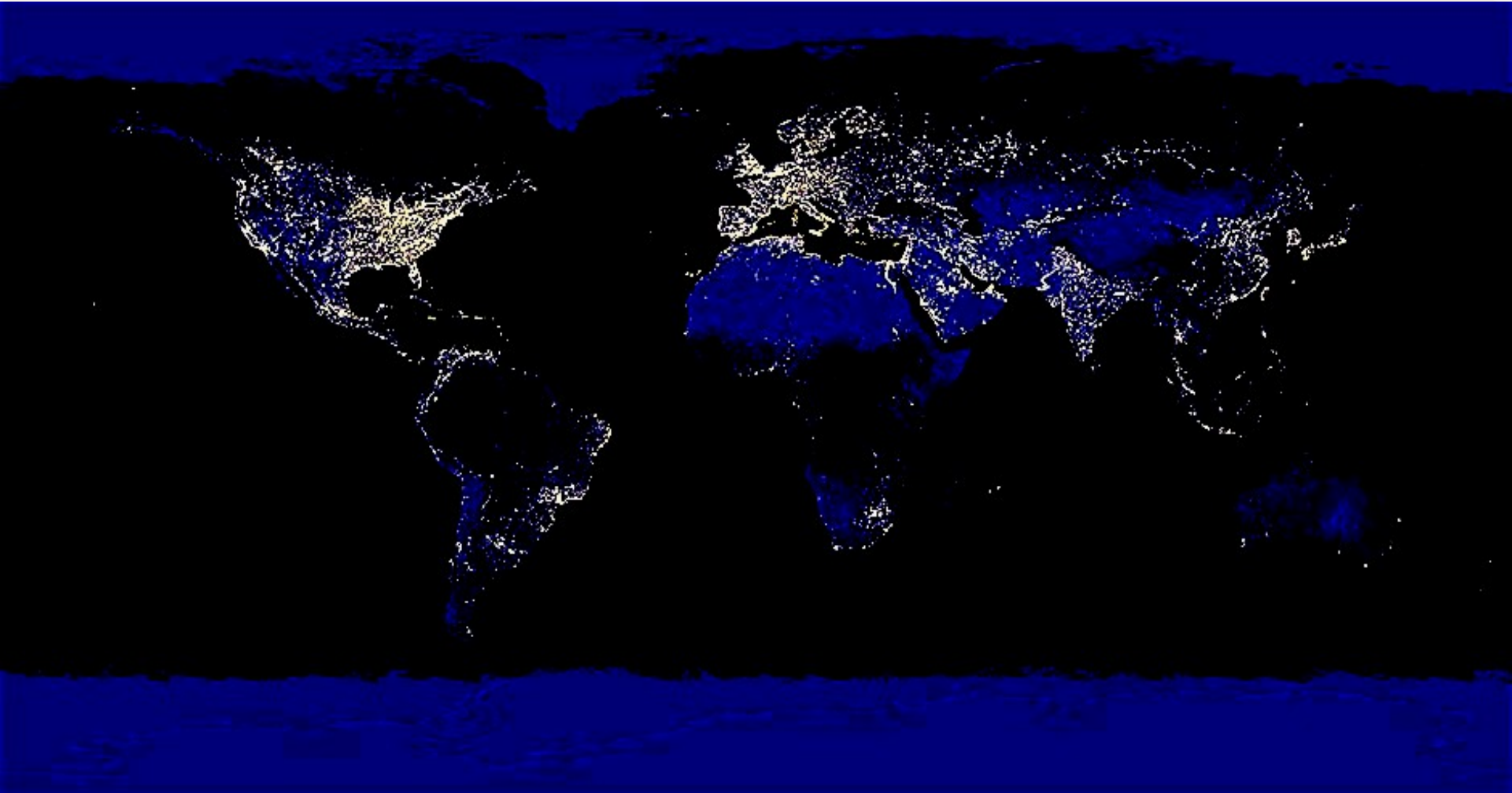


1. GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA ENERGIA NUCLEAR
2. CICLO DE COMBUSTÍVEL
3. ENERGIA NUCLEAR E MEIO AMBIENTE
4. OUTRAS APLICAÇÕES
5. O FUTURO
6. DESAFIOS



# 1. POR QUE ENERGIA NUCLEAR

# Fotografias da Terra obtidas por satélite durante a noite mostrando a distribuição da iluminação elétrica mundial



# Equivalência Energética

A estocagem da energia elétrica é feita na fonte



10 g de urânio 235  
equivalem a



700 kg de óleo

ou



1200 kg de carvão

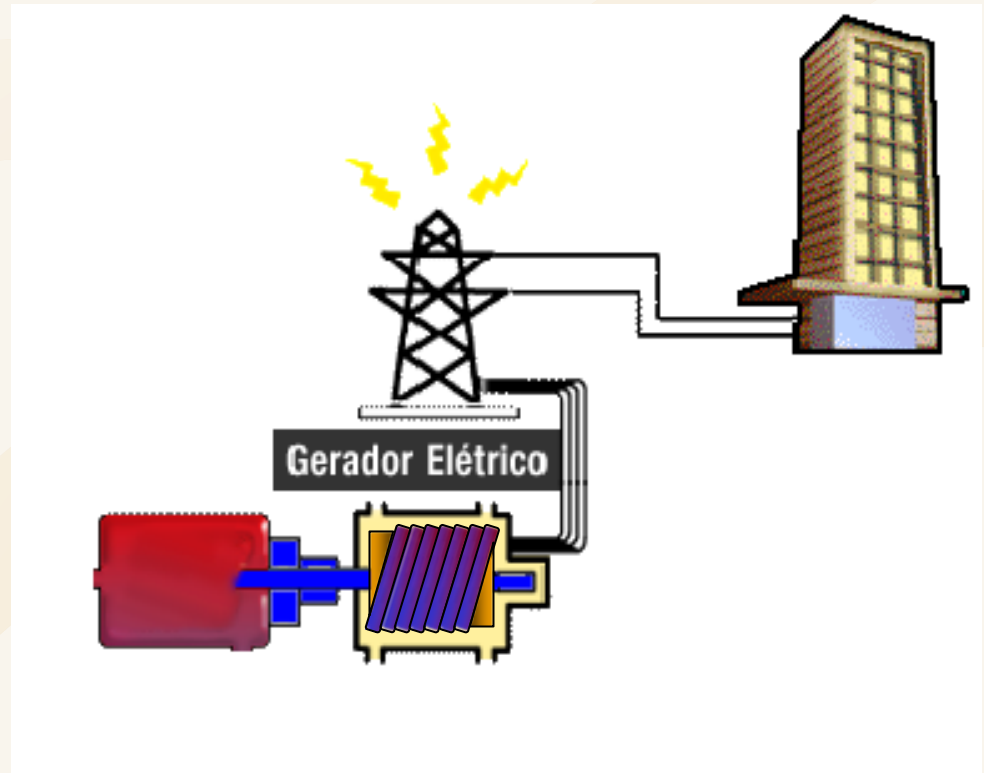
Como estocar a energia eólica ou solar?

# ENERGIA ELÉTRICA

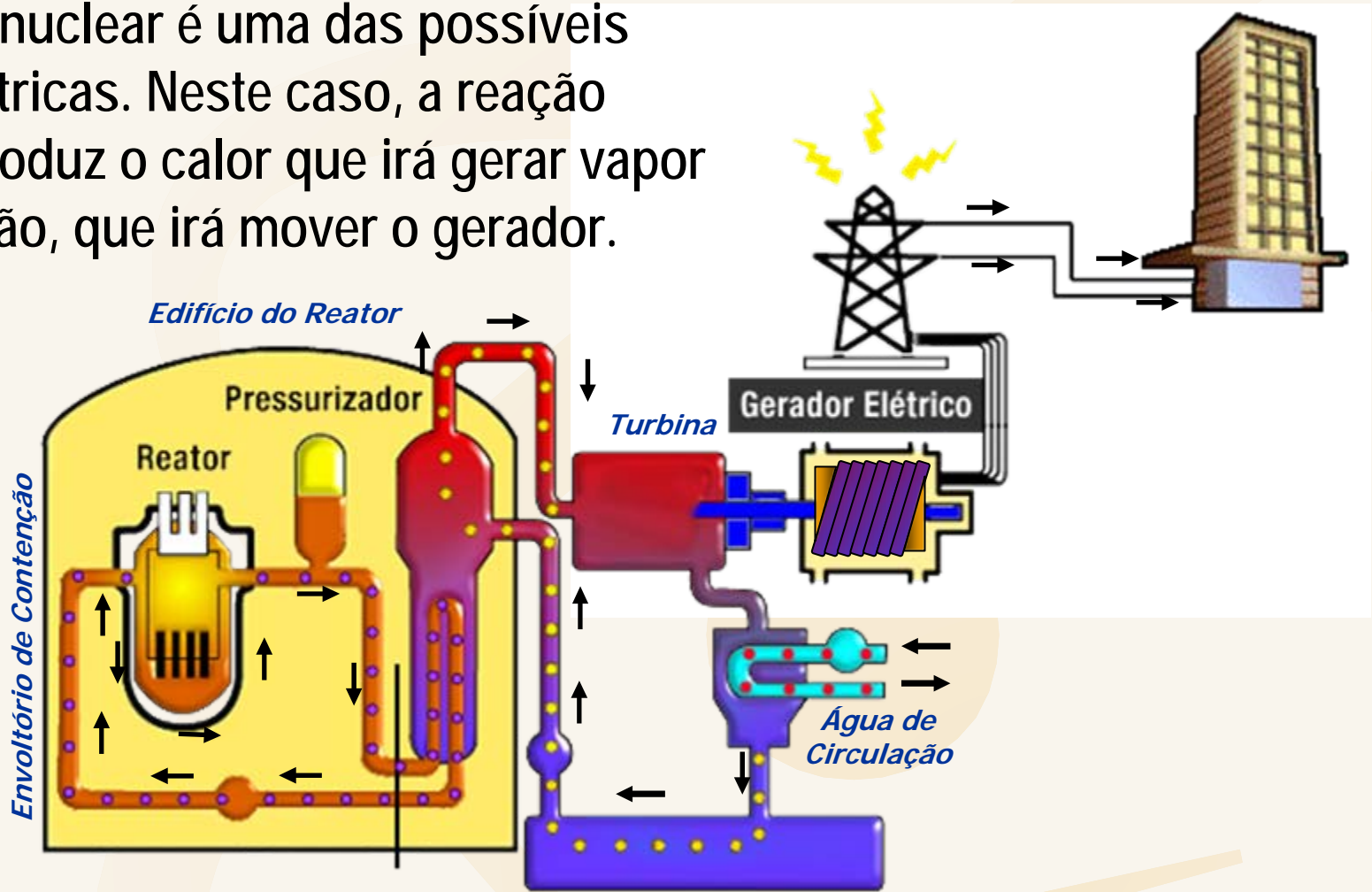
## COMO GERAR?

É necessária outra fonte de energia que movimente um gerador (dínamo), o equipamento que produz energia elétrica a partir do movimento.

Essa outra fonte de energia pode ser por exemplo a água em movimento (hidro-elétrica) , o vento (eólica) ou calor gerando vapor sob pressão (térmica)



A energia nuclear é uma das possíveis termo-elétricas. Neste caso, a reação nuclear produz o calor que irá gerar vapor sob pressão, que irá mover o gerador.



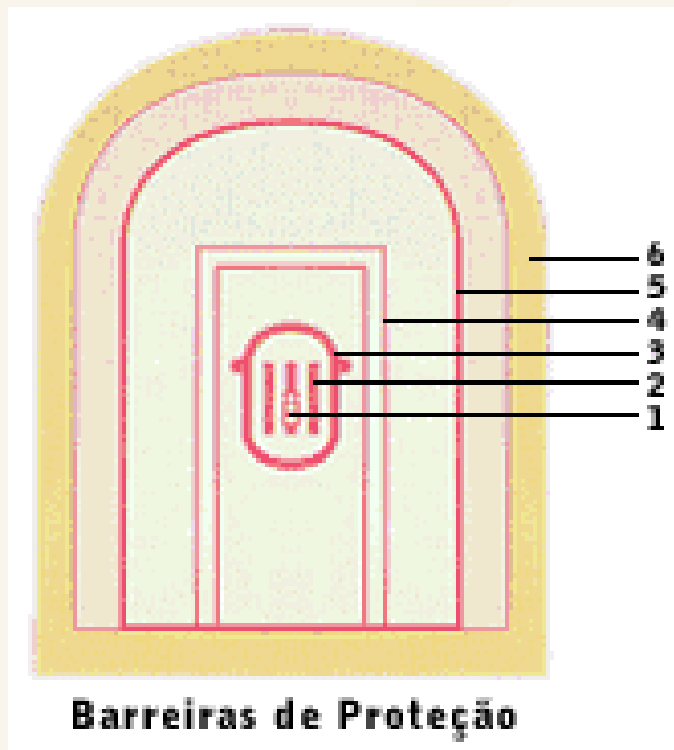
Reator de Água pressurizada (PWR)

# SEGURANÇA DE REATORES

THREE MILE ISLAND – falha humana - acidente sem fatalidades

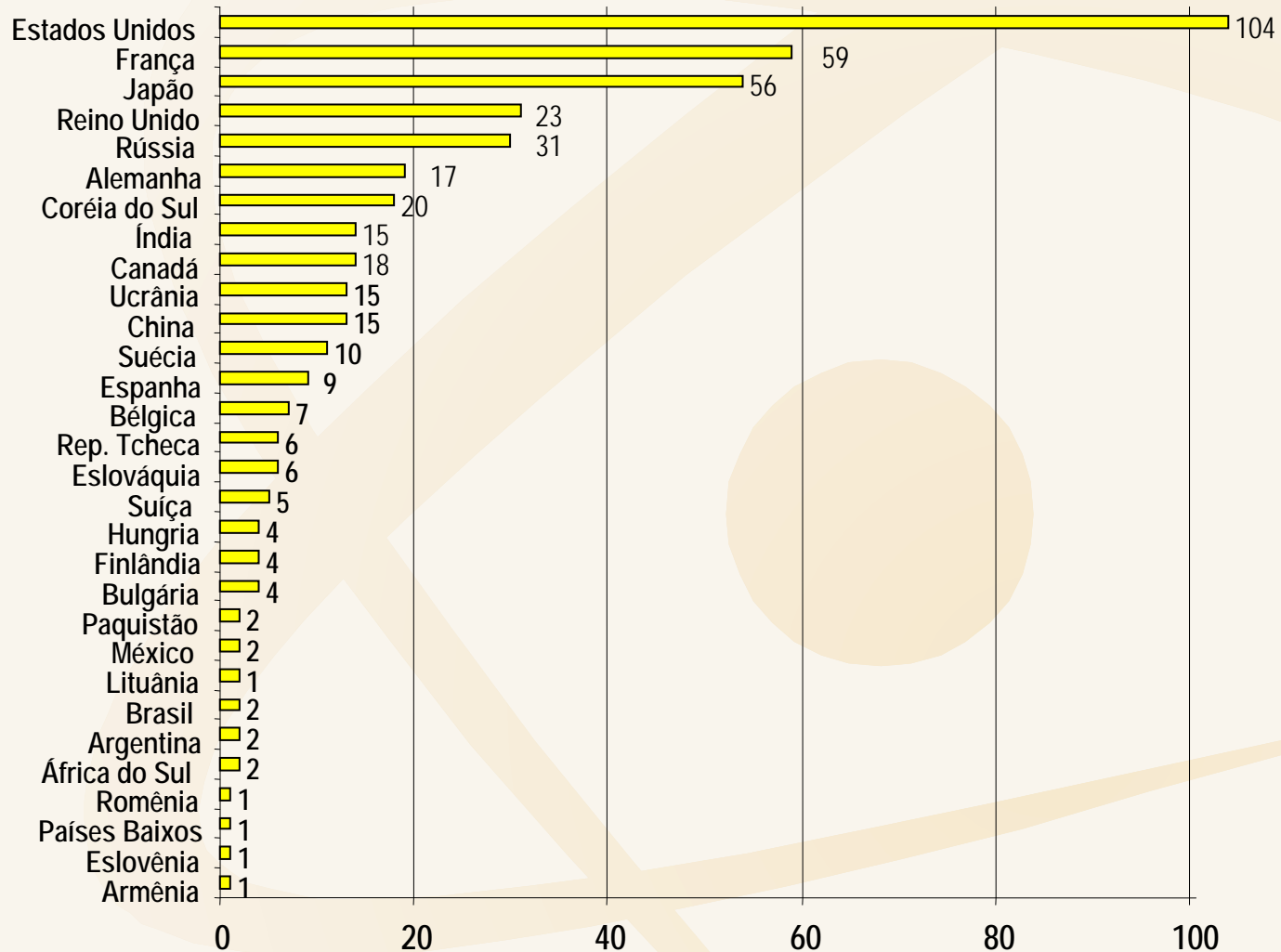
CHERNOBYL – falha humana- 56 fatalidades diretas e entre 15 e 30 mil esperadas devido a efeitos de médio e longo prazo. Reator com concepção diferente dos PWR ocidentais, sem edifício de contenção. Cenário impossível nos PWR.

SEGURANÇA – Qualquer falha em qualquer reator em países membros da AIEA implica em modificações compulsórias nos demais, exigidas pelos órgãos de controle nacionais.





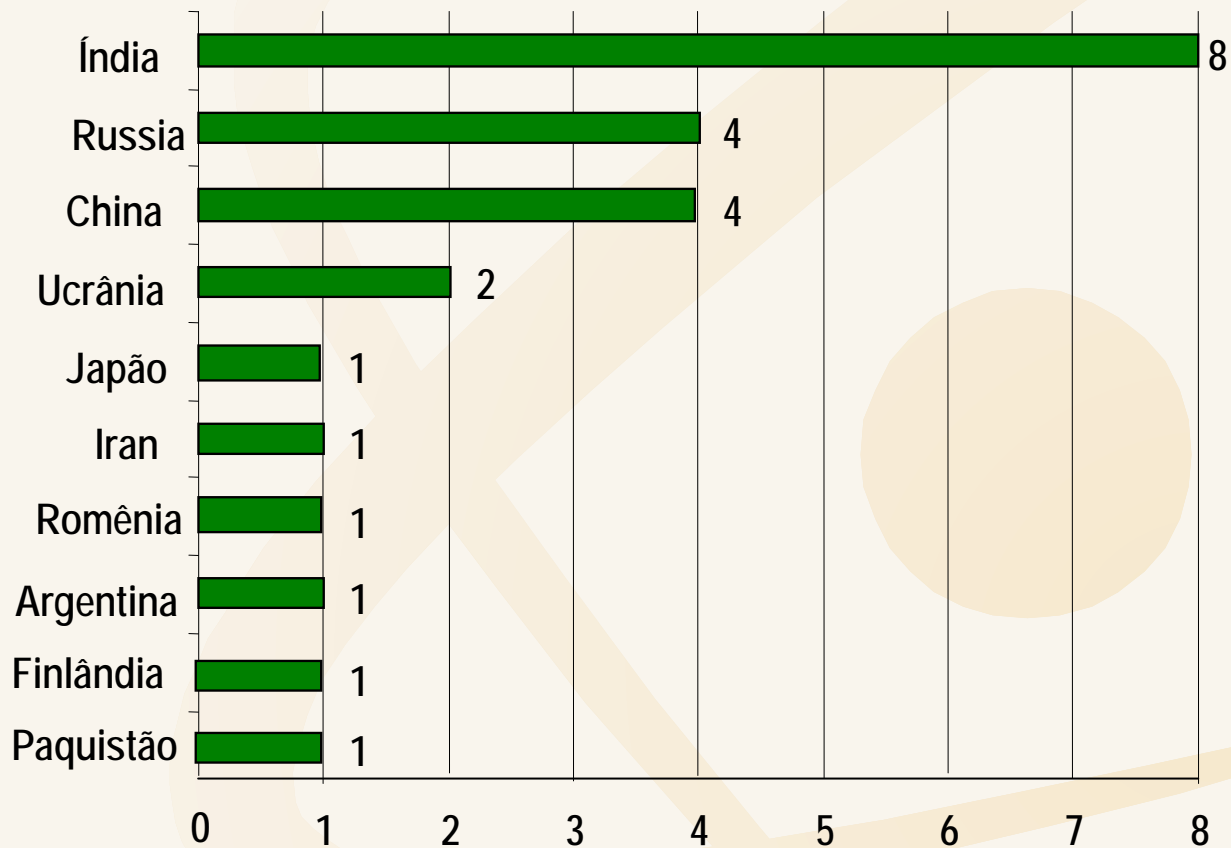
# Dezembro de 2005: 443 Usinas nucleares em operação no mundo



## FINAL DA DÉCADA 90: RENASCENÇA

A descoberta dos danos à camada de ozônio, o protocolo de Kioto, a mudança de posição de ambientalistas de renome como James Lovelock, autor da teoria de Gaia, e a disparada do preço do petróleo mudaram bastante esse cenário. Hoje se fala na Renascença da área nuclear.

# 24 Usinas nucleares em construção no mundo em 2005 (13 em licenciamento nos EUA + 20 em planejamento)

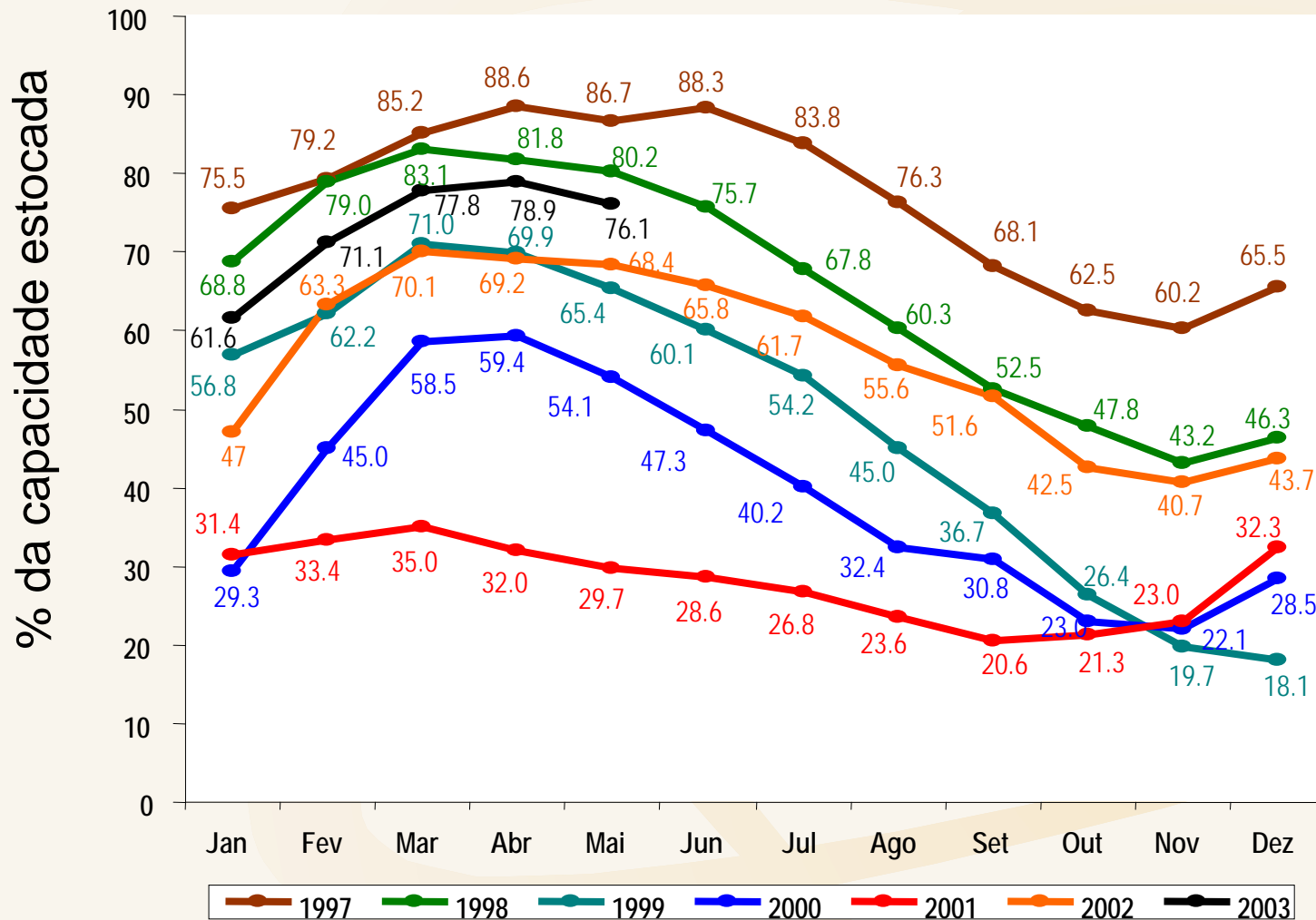


Fonte: AIEA, 2006

# OUTRAS AÇÕES EM CURSO PARA RETOMADA DOS PROJETOS

- Extensão da vida útil das unidades
- Redução de custos
- Investimentos em novas tecnologias
- Simplificação do licenciamento
- Novas tecnologias para gerenciamento dos rejeitos

# Evolução histórica dos reservatórios Sudeste e Centro Oeste



# EVOLUÇÃO DO APROVEITAMENTO DO POTENCIAL HIDRÁULICO NO BRASIL

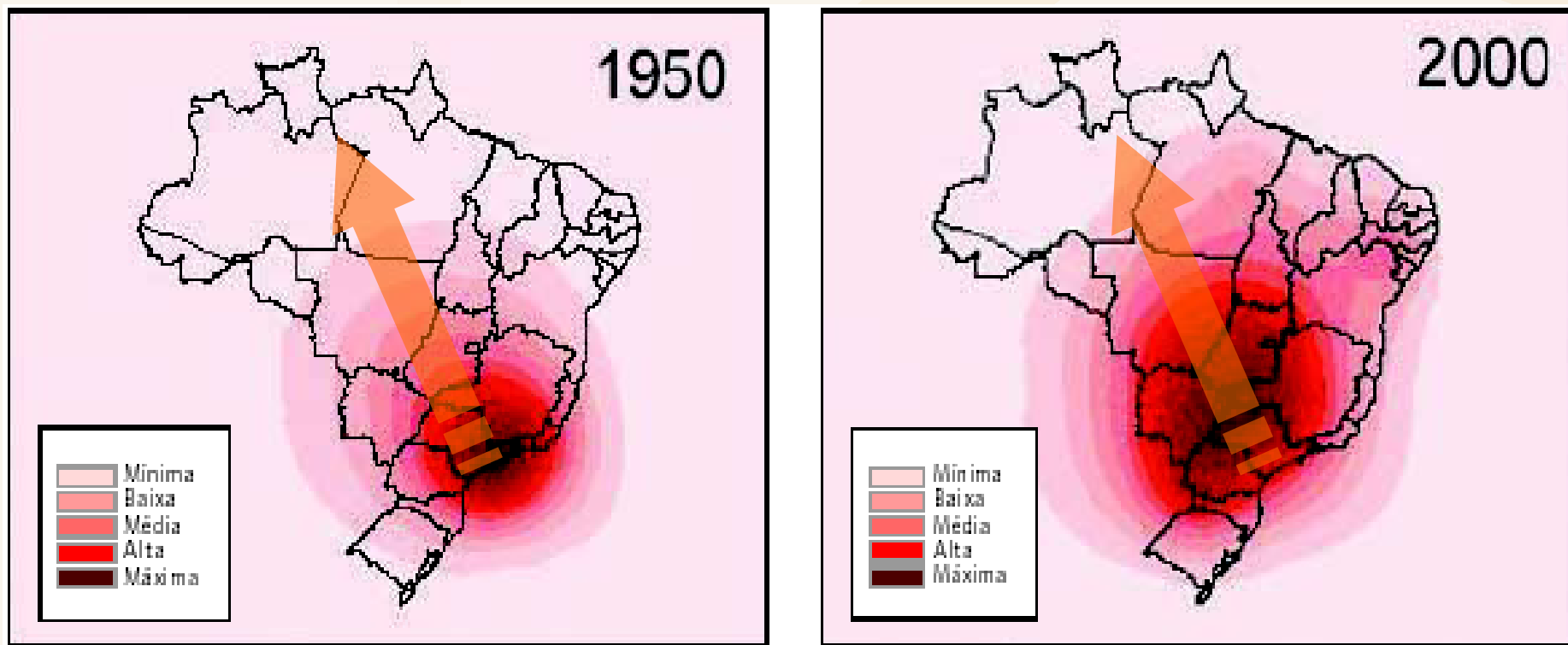


Figura 3.13 – Evolução da concentração das usinas hidrelétricas no Brasil (1950 e 2000)

# BRASIL

- O Brasil, graças a investimentos no passado, desenvolveu tecnologias próprias e hoje está incluído no rol dos **10 países que dominam a tecnologia nuclear**, não só para produção de energia elétrica, mas em **todos os campos de aplicação**, inclusive médico e industrial. É também um dos **3 países do mundo que dominam toda a tecnologia do ciclo de combustível e também possuem urânio**.
- Entretanto, pela ausência de adoção de uma **POLÍTICA DE ESTADO** por governos passados recentes, a área nuclear esteve em vias de perder a competência adquirida.

# BRASIL

O Brasil adotou como tecnologia de reatores os reatores a água leve pressurizada (PWR), que usam como combustível urânio enriquecido até **3,5%** .

O nível de enriquecimento para a aplicação bélica deve ser **maior que 90%**.



## 2. CICLO DO COMBUSTÍVEL

# CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR



## Mineração

Instalada e produzindo  
Caetité, BA  
INB

## Refinamento

Instalada e produzindo  
Caetité, BA  
INB

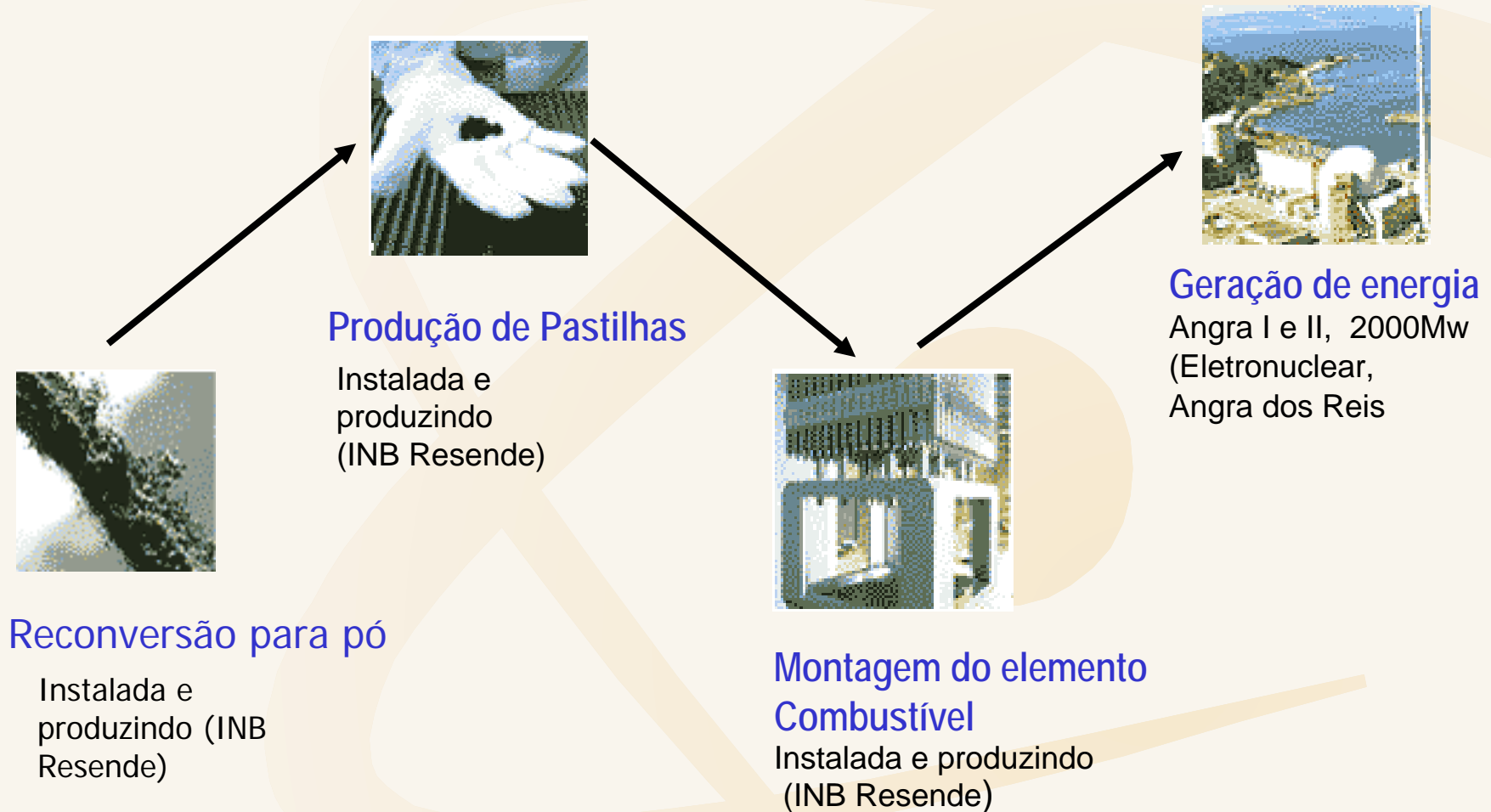
## Conversão para gás

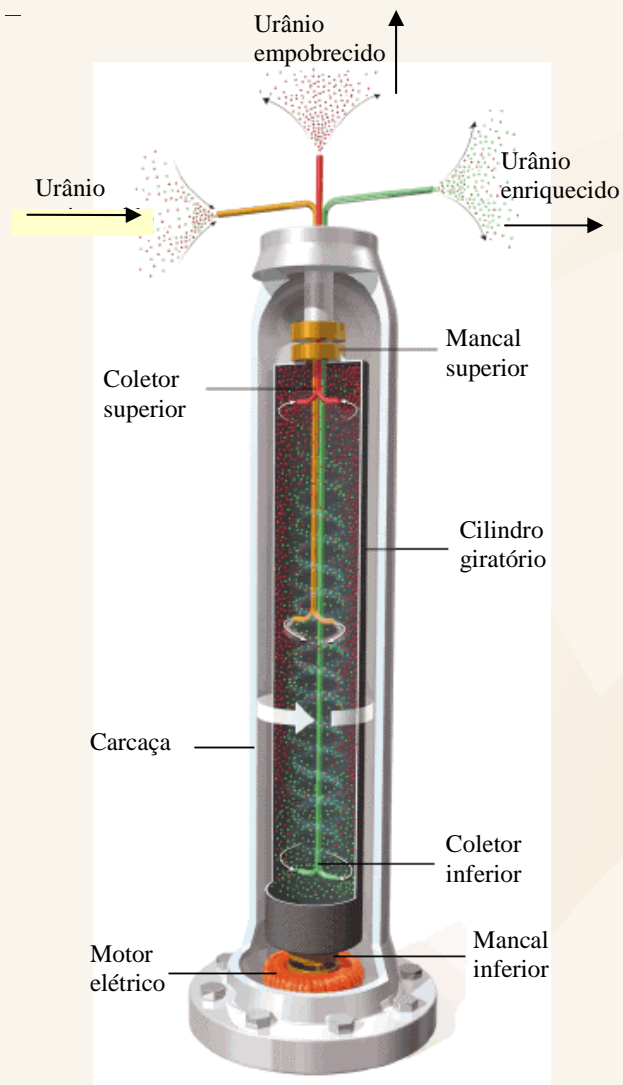
Canadá (Cameco)  
Planta piloto em fase de construção em  
ARAMAR

## Enriquecimento

Europa (Urenco)  
Em fase de instalação  
Resende, RJ  
INB

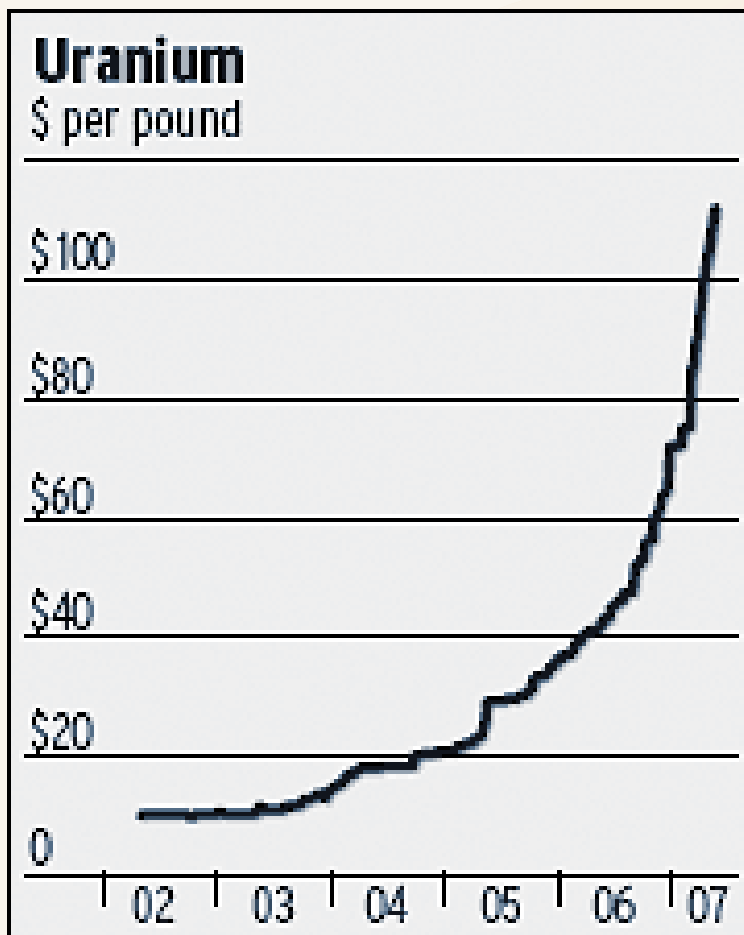
# CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR





**Cascata de centrífugas (EUA)**

**Imagem esquemática de uma centrífuga**



ano

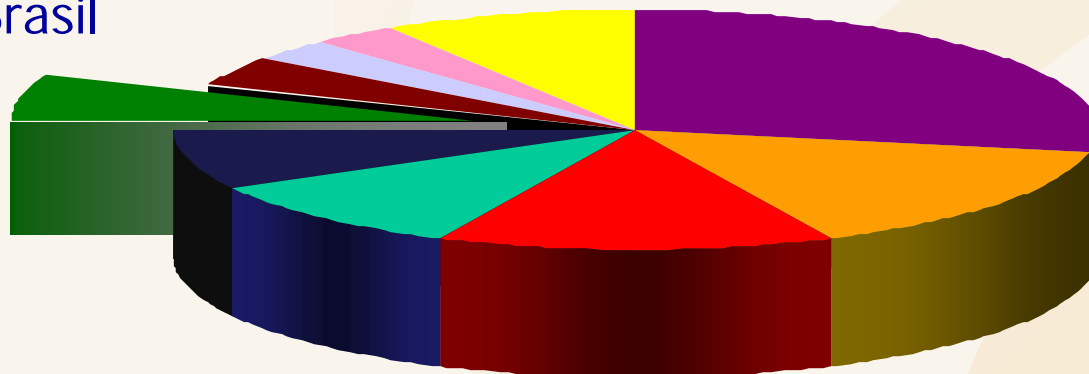
Preço do Urânio no mercado internacional foi multiplicado por 5 em 3 anos.

Hoje o preço caiu em função do aumento da oferta devido ao desmonte de bombas atômicas “vencidas”.

Fonte: TradeTech

# Reservas de Urânio Conhecidas

Brasil



- Austrália = 28%
- Cazaquistão = 15%
- Canadá = 14%
- África do Sul = 10%
- Namíbia = 8%
- Brasil = 6%
- Rússia = 4%
- EUA = 3%
- Uzbequistão = 3%
- Resto = 9%

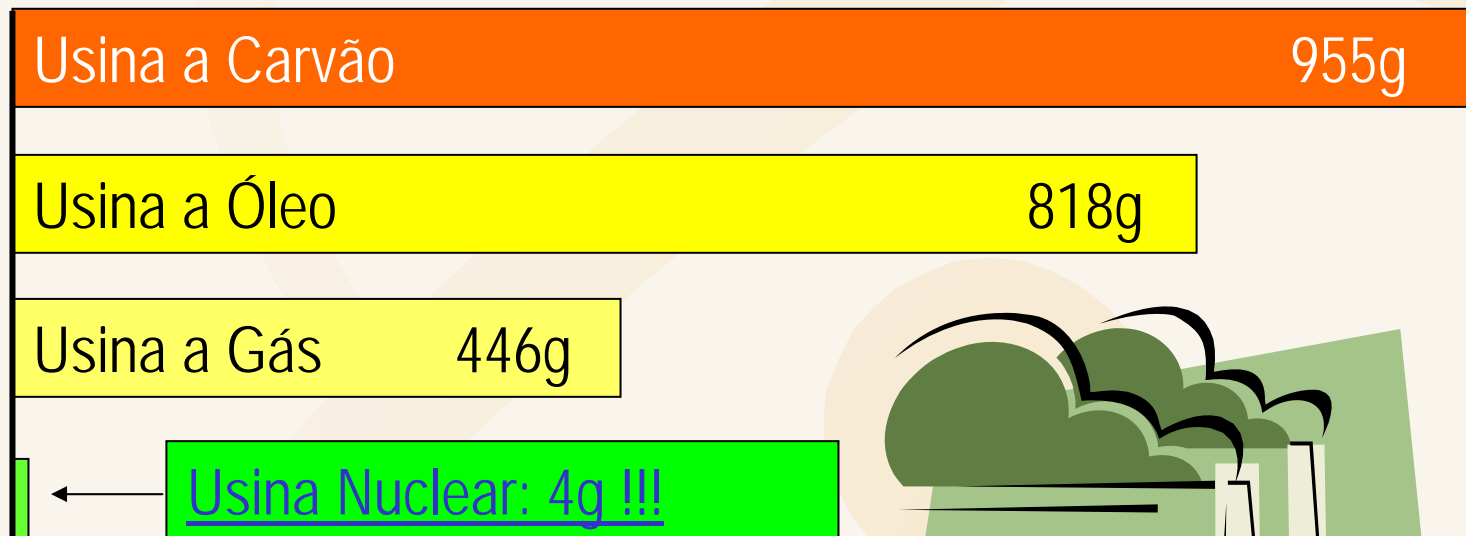
Brasil : A reserva conhecida de Urânio no Brasil é de 309.000 toneladas, sendo a 6ª reserva mundial. Essa reserva corresponde a apenas 30% do território prospectado, apenas até 100 m de profundidade e seria suficiente para operar Angra I, II e III por mais 520 anos.

Fonte: OECD NEA & IAEA, 2001

# 3. ENERGIA NUCLEAR E MEIO AMBIENTE

# Emissões de gases por Centrais Térmicas

Emissão de CO<sub>2</sub> por kWh de energia elétrica gerada

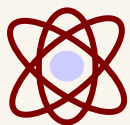


Considerando emissão TOTAL, inclusive na fabricação do aço para construção dos equipamentos.



# Combustível

Quantidade necessária para operar uma usina de 1.000 MWe por ano



3 caminhões de 10 t



30 t Nuclear

5,5 metaneiros de 200.000 t



1.100.000 t Gás Natural (GNL)

7 petroleiros de 200.000 t

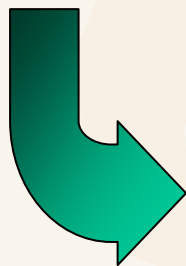


1.400.000 t Óleo

11 cargueiros de 200.000 t



2.200.000 t Carvão



Pequenos volumes transportados:  
minimização do risco de  
acidentes ambientais

# Fundador do Greenpeace defende energia nuclear

Para Patrick Moore, ambientalistas ainda vivem a mentalidade da Guerra Fria

**Energia atômica, combinada a fontes renováveis, é a única forma de garantir suprimento mundial, diz ambientalista**

JANAINA LAGE  
DA SUCURSALDORIO

Patrick Moore, um dos fundadores do Greenpeace, é hoje um dos principais defensores da energia nuclear. Em 1991, fundou uma consultoria, a

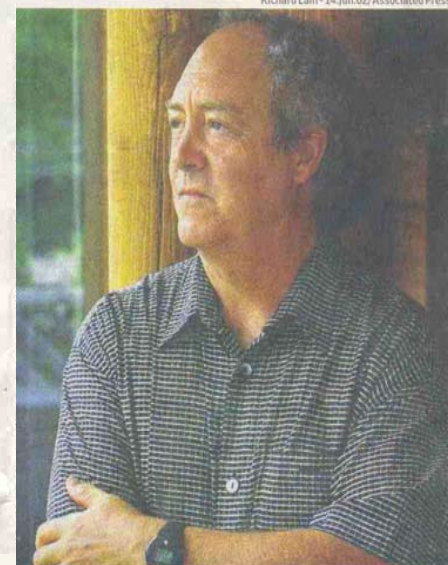
co da energia nuclear do uso militar de armas nucleares.

**FOLHA** - No Brasil, o governo está bastante próximo de retomar o projeto nuclear, mas há resistência entre ambientalistas e o Ministério do Meio Ambiente. Por que os ambientalistas em geral ainda resistem ao uso dessa fonte de energia?

**MOORE** - É uma infelicidade. Acredito que eles ainda estão presos a uma mentalidade da Guerra Fria. O movimento pacifista é focado em guerras e armas e incluíram a energia nu-

**FOLHA** - Qual é a sua avaliação sobre o desmatamento na Amazônia?

**MOORE** - É muito hipócrita que pessoas da Ásia e da América do Norte apontem o dedo para o Brasil sobre desmatamento, porque o fato é que a Amazônia tem mais de sua floresta original do que os EUA e a Europa. As pessoas gostam de pensar que elas não fazem desmatamento onde vivem, mas toda a agricultura nos EUA e em cidades da Europa são sinais de desmatamento. Antes eram locais



Richard Lam - 14 Jun.02/Associated Press

Patrick Moore, um dos fundadores do Greenpeace

# A Polêmica sobre os Rejeitos Nucleares...

# GERÊNCIA DE REJEITOS

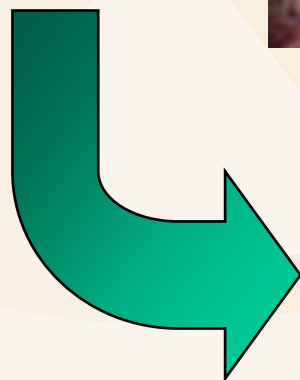
- Todas as formas de produção de energia elétrica produzem rejeitos e/ou interferem com o meio ambiente.
- O problema de estocagem do combustível usado não tem no mundo solução **DEFINITIVA** economicamente viável (**para período de MILHÃO DE ANO, sem vigilância e monitoração!**), devendo cada país buscar uma solução adequada que contemple a segurança do indivíduo e do ambiente, garantindo o **acesso à informação e participação do público envolvido.**

# GERÊNCIA DE REJEITOS

- Isso ocorre com a estocagem de resíduos de quase todos os processos industriais.
- A única tecnologia que EQUACIONOU o problema a médio prazo (**centenas de anos**) e armazena TODOS seus rejeitos, é a nuclear, a qual continua investindo fortemente na busca de soluções definitivas (garantia de milhão de anos!).
- Cabe ao Estado tomar medidas para garantir o uso seguro de qualquer tecnologia.
- Na área nuclear, essa função é exercida pela CNEN.



# Processamento e Armazenamento de Rejeitos Radioativos



A indústria nuclear é a única que trata, acondiciona e mantém a guarda de TODOS seus rejeitos.

# CLASSIFICAÇÃO DOS REJEITOS NUCLEARES

## Rejeitos de Alta Radioatividade



- Elemento Combustível usado
- Depósito inicial em piscina no interior da unidade

## Rejeitos de Baixa e Média Radioatividade



- Material que esteve em contacto com elementos radioativos, como roupas, filtros e produtos de descomissionamento
- Resíduos e fontes de atividades médicas e industriais

# GERÊNCIA DE REJEITOS DE ALTA ATIVIDADE

## No mundo...

- 1- Decisão sobre reprocessamento: implica em armazenamento inicial e intermediário (quando passível de reprocessamento) ou definitivo (caso contrário).
- 2- Países com reprocessamento: EUA, França e Inglaterra; países que optaram por armazenamento final: Suécia e Finlândia.
- 3- Para construir-se depósitos finais ou intermediários é fundamental ter um planejamento de longo prazo que indique o tamanho do parque nuclear para que se possa planejar o armazenamento.
- 4- Em nenhum país existe ainda depósito final em plena operação. Os rejeitos de alta atividade são hoje estocados em depósitos intermediários de superfície e aguardam decisão ou construção dos depósitos finais.



# GERÊNCIA DE REJEITOS DE ALTA ATIVIDADE

## No mundo...

- Em todo o mundo, piscinas na própria usina ou no sítio da Central, são usadas para um resfriamento inicial e podem estocar seguramente o combustível usado por toda a vida útil da usina.
- Não existe nenhum registro de acidente com rejeitos de alta atividade no mundo

# GERÊNCIA DE REJEITOS

- 40 anos de operação de uma usina nuclear (1000 MW) produzem cerca de **1.000 m<sup>3</sup>** de combustível irradiado (piscina de 20 x 10 x 5 m)
- uma usina a carvão equivalente produz cerca de **28.000.000 m<sup>3</sup>** de rejeitos
- 60 anos de operação de 20 usinas produzem **30.000 m<sup>3</sup>** de combustível irradiado que podem ser armazenados em uma piscina de 30 x 20 x 5 m equivalente a meio campo de futebol (100 x 50 m)

# GERÊNCIA DE REJEITOS DE BAIXA E MÉDIA ATIVIDADE No Brasil...

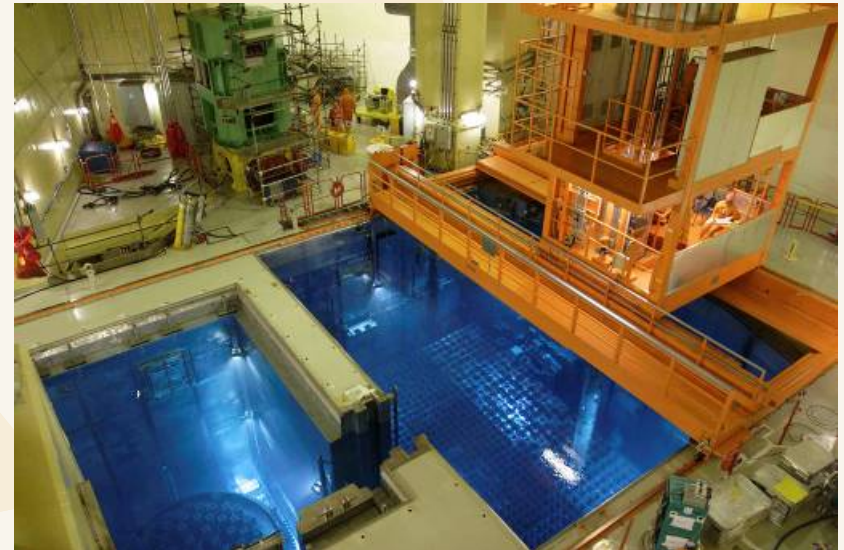
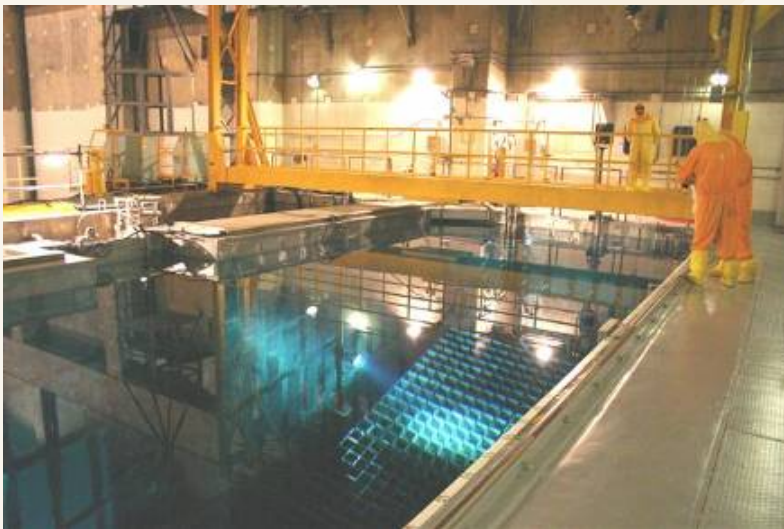
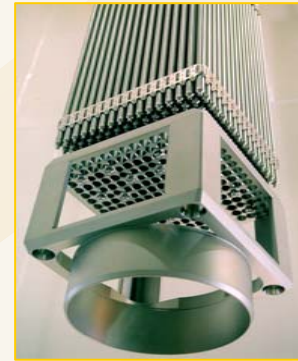
Depósito Inicial, em fase de ampliação (término até 2009)



Depósito Final, em fase de estudo de local, deve estar pronto até 2012

# GERÊNCIA DE REJEITOS DE ALTA ATIVIDADE No Brasil...

Depósito inicial em  
piscina no interior da  
unidade



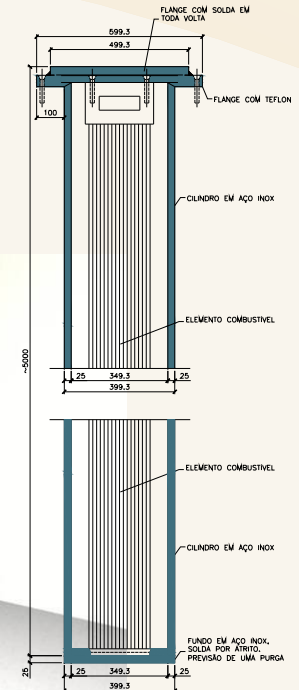
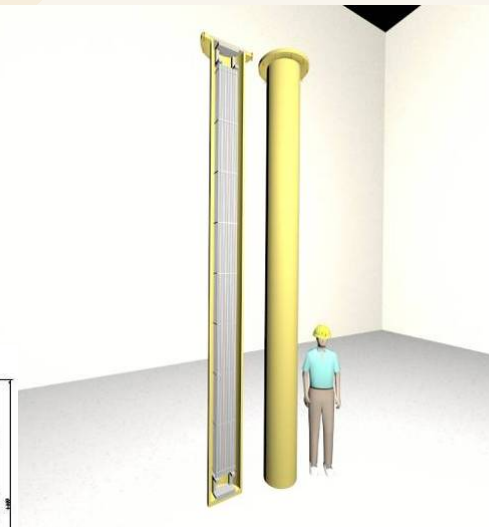
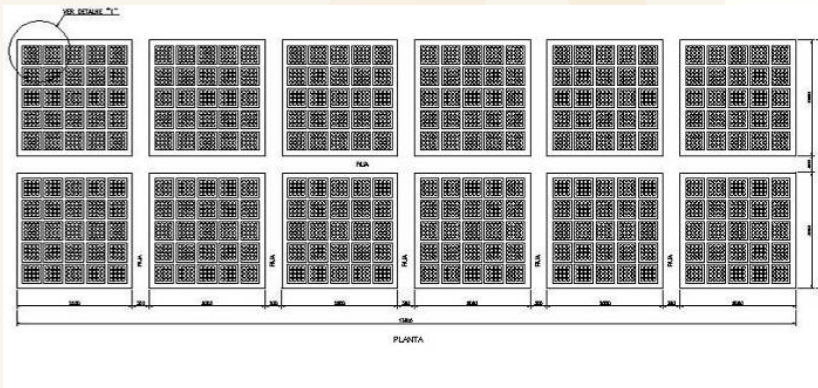
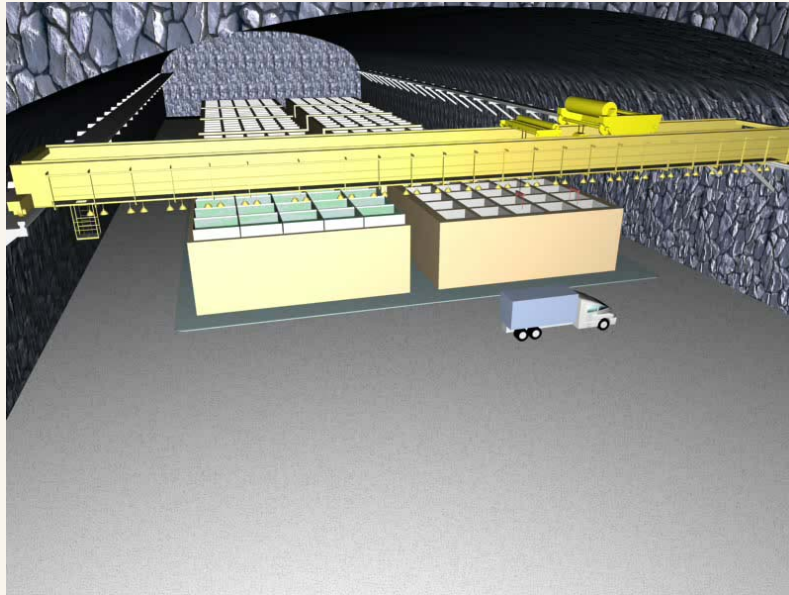
# GERÊNCIA DE REJEITOS

## No Brasil... O futuro

A CNEN está desenvolvendo em parceria com a Eletronuclear um depósito intermediário/final cujo protótipo deverá estar construído até 2013 (antes do término de Angra 3). Essa tecnologia é garantida por centenas de anos mas acreditamos que possa ser garantida por mais de 500 anos, o que será demonstrado com os estudos a serem realizados com o protótipo .



# Projeto para o depósito temporário para rejeitos de alta intensidade



GARRAFA - CORTE

## 4. OUTRAS APLICAÇÕES

# *BRASIL - OUTRAS RAZÕES PARA INVESTIR NA ENERGIA NUCLEAR*

## Aplicações médicas

Produção de radio fármacos

Esterilização de equipamento

Radiodiagnostico

Radioterapia



# *BRASIL - OUTRAS RAZÕES PARA INVESTIR NA ENERGIA NUCLEAR*

## Aplicações industriais

Radiografia industrial

Esterilização de alimentos

Levantamentos geológicos

Levantamento de Aquíferos



## 5. O FUTURO

# PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO

## NECESSIDADES

Recomposição da capacidade humana

Atualização Tecnológica

Retomada dos investimentos

## OBJETIVOS

Autonomia e sustentabilidade do país na produção de energia núcleo elétrica

Auto-suficiência nas etapas do ciclo com possibilidade de exportação de excedentes

Ampliação da oferta de produtos e serviços tecnológicos na área nuclear (saúde, meio ambiente, agricultura e indústria)

Aumento de possibilidades de Estratégias de Defesa Nacional

## ESTRATÉGIAS E AÇÕES

Plano Estratégico de Fornecimento de energia elétrica – EPE – entre 4 e 8 mil MW até 2030

PACT-2007-2010-  
PD&I  
EBR  
EBRR  
Ações INB  
Ações Nuclep  
Ações CTMSP  
desdobramentos

Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior

## IMPACTOS

Equilíbrio Matriz Energética

Acesso da população aos benefícios da tecnologia nuclear aplicada à Medicina

Ampliação do uso de tecnologia nuclear na indústria, incorporando valor

Geração de empregos

Soberania nacional e acesso a mercados internacionais

Legislação, Controle e Segurança no uso da Energia Nuclear e suas aplicações

## DIRETRIZES GERAIS

Fins pacíficos e não proliferação

Segurança e proteção

Política segura de rejeitos

## PROPOSTA

formulação de uma política que se propunha a cobrir um período de 22 anos (até 2030) abordando a questão nuclear sob os seguintes aspectos

Geração Núcleo- elétrica

Produção de Combustível Nuclear

Aplicações da Área Nuclear

Regulação e Segurança

Recursos humanos

## DECISÕES :

### 1. Ações imediatas:

- MME - CNPE 25/6/07 reinício Angra III;
- MME – CNPE início do processo de escolha do sítio para um novo reator;
- MCT- (PAC 2007-2010): complementação do projeto do ciclo de combustível; reforço das áreas de aplicações médicas e industriais; fortalecimento das ações de regulação; recomposição dos recursos humanos;
- Criação da rede nacional de Fusão, visando a criação de um laboratório Nacional até 2010

### 2. Visão de futuro: elevação da participação da energia nuclear atendendo o modelo de matriz de geração de energia elétrica a ser adotado pelo MME (até 2030, entre 4 e 8 reatores de 1000MW, segundo proposta da EPE).

## 5. DESAFIOS E ESTRATÉGIAS

# DESAFIOS

- Dar início ao PNB de fato e oficialmente
- Estabelecer programa especial de financiamento e acompanhamento
- Completar as instalações do Ciclo de Combustível (conversão e enriquecimento)
- Aumentar a produção de Urânio
- Iniciar estratégia de formação e contratação de recursos humanos imediatamente
- Programa de Estado e não de Governo

# Comitê Interministerial de Gerência do Programa Nuclear Brasileiro

- Casa Civil
- Ministro de Minas e Energia
- Ministro de Ciência e Tecnologia
- Ministro de Comércio e Indústria
- Ministro da Defesa
- Ministro de Relações Exteriores
- Ministro do Planejamento
- Ministro do Meio Ambiente
- Ministro de Assuntos Estratégicos
- Gabinete de Segurança Institucional

Decisão: criação da Agência Regulatória Nuclear Brasileira

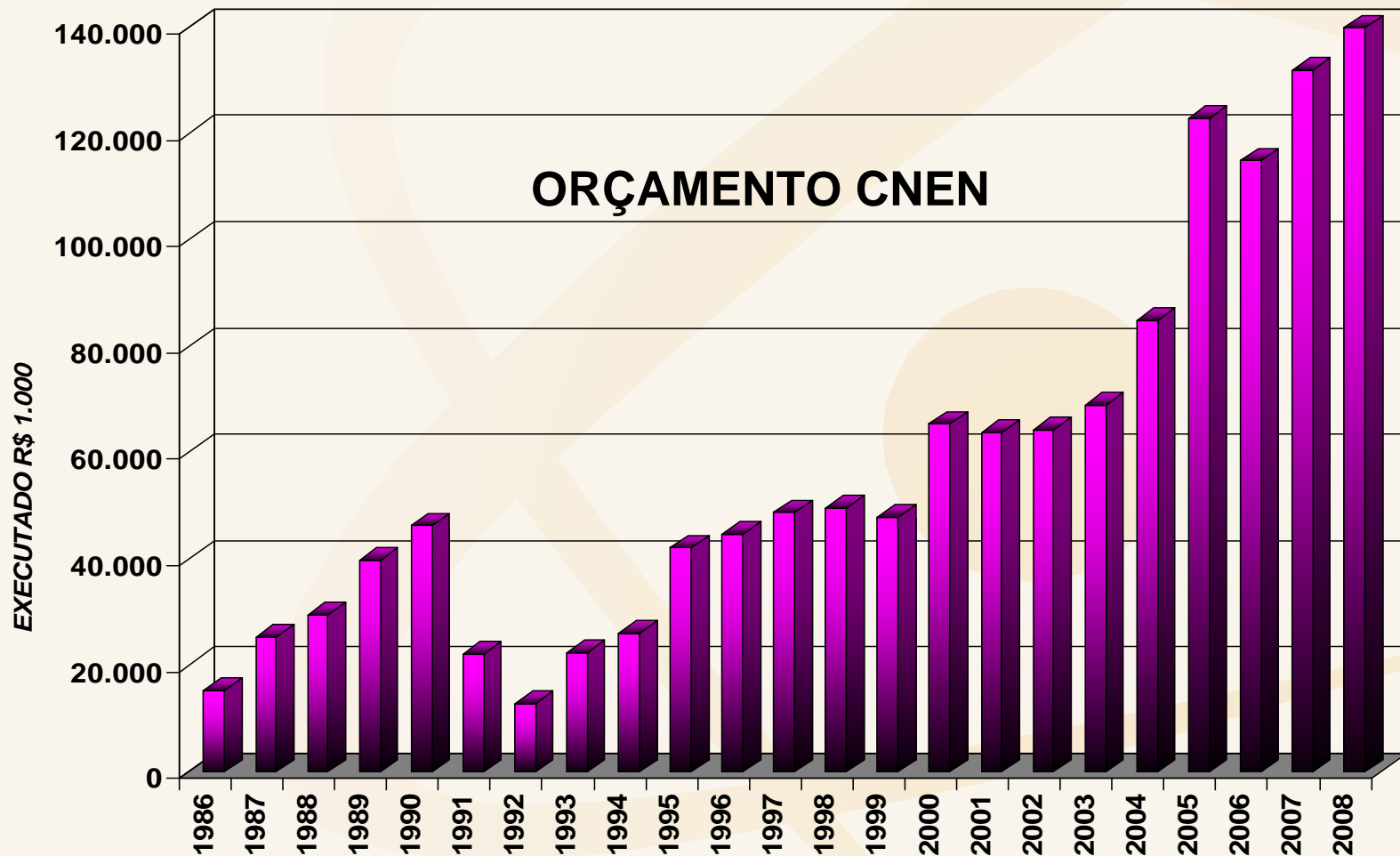


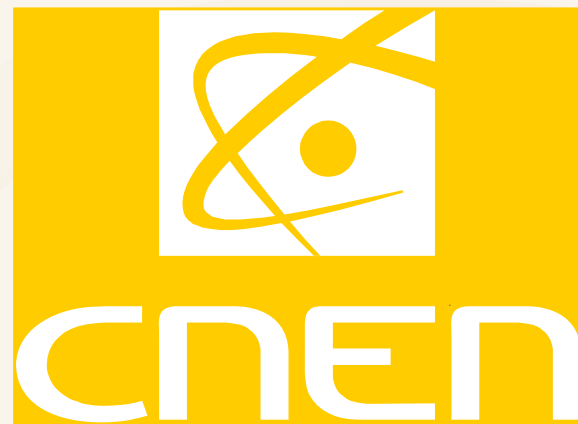


# O PACT 2007-2010 - PROGRAMA 18 : PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO

1. Consolidação do arcabouço legal da área Nuclear
2. Ampliação do Ciclo do Combustível Nuclear na INB
3. Conclusão da planta piloto de produção de UF6 (conversão) em Aramar
4. Capacitação e adequação tecnológica da NUCLEP para a fabricação de componentes das novas usinas nucleares
5. Implementar uma Política Brasileira de Gerenciamento de Rejeitos Radioativos. Criação da EBRR
6. Empresa Brasileira de Radiofármacos – EBR
7. Ações de P,D&I e capacitação voltadas para a retomada do PNB

# PRIORIZAÇÃO DA ÁREA NUCLEAR





[www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)