

Redução da emissão dos gases do efeito estufa na indústria, nos transportes e na geração de energia

Prof. Dr. João Manoel Losada Moreira
Programa de Pós-graduação em Energia
Universidade Federal do ABC

Palestra promovida pelos alunos da engenharia de produção, mecânica e naval da Escola Politécnica

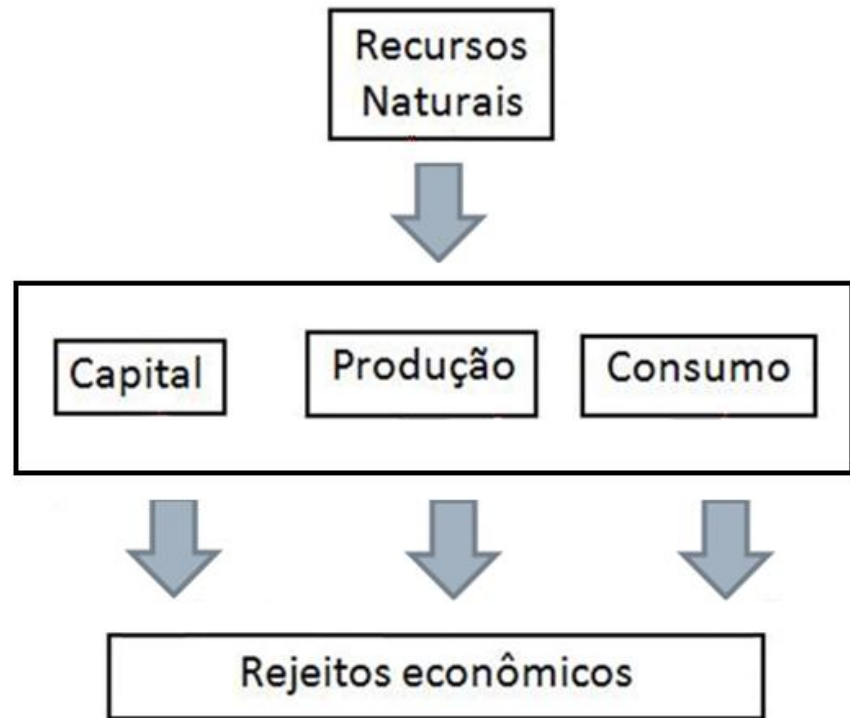
Universidade de São Paulo
Auditório da Administração da Poli
10/04/2108

Principais tópicos

- ❑ Efeito estufa - interação economia, ambiente e sociedade
 - ❑ Sustentabilidade e o setor de energia
 - ❑ Possibilidades de expansão do setor elétrico brasileiro para evitar emissões
 - ❑ Contribuição da energia nuclear
-

Processos econômicos geram rejeitos

- Produzem rejeitos econômicos
 - Extração de recursos naturais
 - Produção de bens e serviços
 - Consumo das pessoas
 - A produção de capital físico (fábricas, máquinas, etc)



Lei da conservação da massa

- Todos os recursos naturais se transformam em
 - Bens de consumo
 - Capital físico
 - Rejeitos econômicos
 - Os bens de consumo e capital físico **depreciam-se** com o tempo e se transformam em rejeitos econômicos. Eventualmente
$$R \text{ (recursos naturais)} = Q \text{ (rejeitos econômicos)}$$
 - Todos os recursos naturais se tornam rejeitos econômicos se não forem reciclados
-

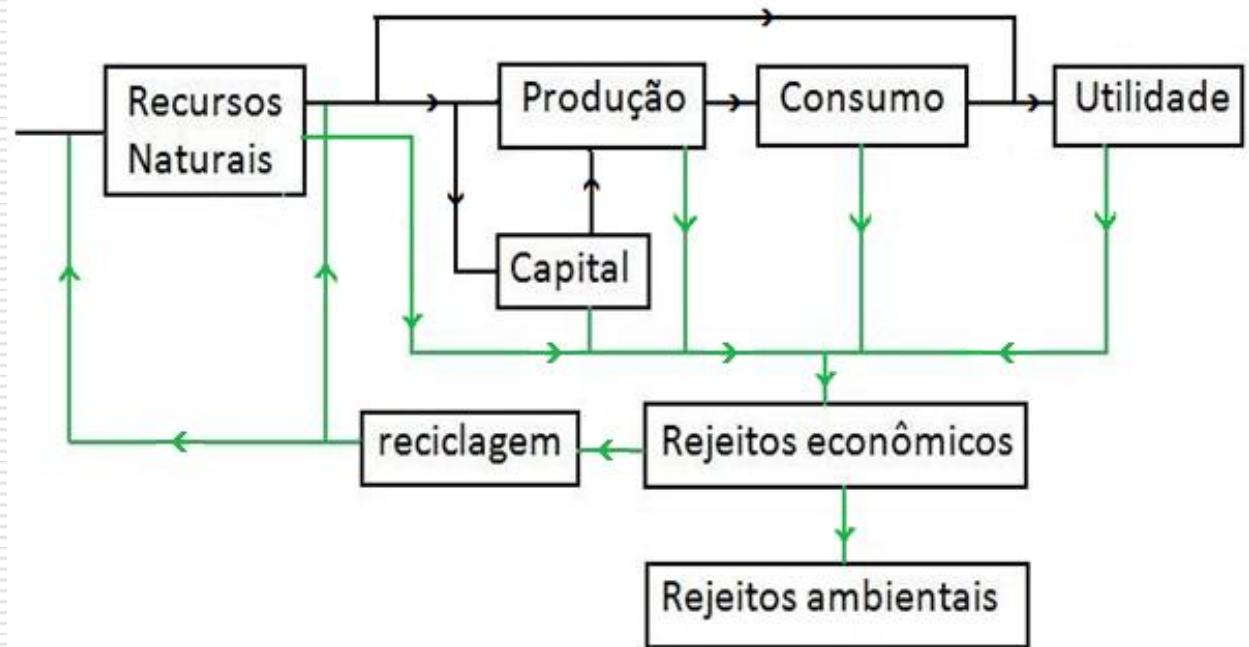
O meio ambiente assimila os rejeitos econômicos e a poluição em geral

- O meio ambiente é o repositório final dos rejeitos econômicos
 - CO_2 , SO_2 vão para a atmosfera
 - Efluentes industriais e esgotos urbanos vão para rios e mar
 - Resíduos sólidos vão para aterros sanitários, etc
 - Poluição natural também é assimilada pela natureza
 - O sistema econômico não tem uma tendência natural de reciclar seus rejeitos
-

Economia sustentável – economia formando um ciclo fechado

O uso dos recursos naturais e a deposição de rejeitos no meio ambiente devem garantir a sustentabilidade

A reciclagem deve ser incentivada para poupar recursos naturais



Rejeitos ambientais em uma economia sustentável

- Seriam rejeitos ambientais apenas aqueles que não colocam em risco:
 - A capacidade do ambiente em assimilar rejeitos;
 - A capacidade do ambiente em processar os rejeitos tornando-os inerte;
 - A reversibilidade dos impactos ambientais;
 - A resiliência do ambiente;
 - Futuras gerações quanto a indisponibilidade de recursos naturais.
-

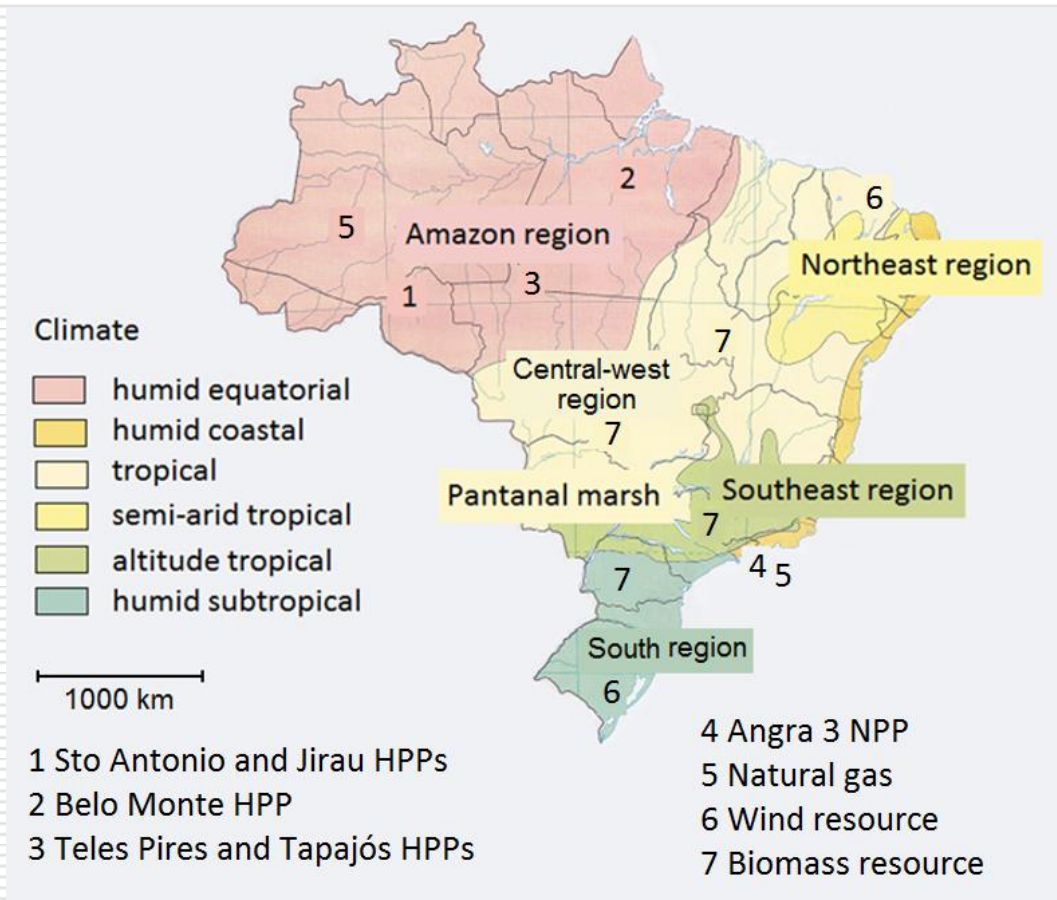
Regras gerais para o desenvolvimento sustentável

- ❑ Usar recursos naturais renováveis em taxas menores que suas taxas de regeneração;
 - ❑ Buscar a substituição de recursos naturais não-renováveis por recursos renováveis a medida que os primeiros vão sendo utilizados e se tornem escassos;
 - ❑ Buscar garantir o bem estar da sociedade com o uso cada vez menor de recursos naturais, isto é, aumentar a eficiência no uso dos recursos naturais;
 - ❑ Manter a taxa de deposição de rejeitos ambientais menor que a taxa de assimilação do meio ambiente para garantir sua capacidade de suporte à vida.
-

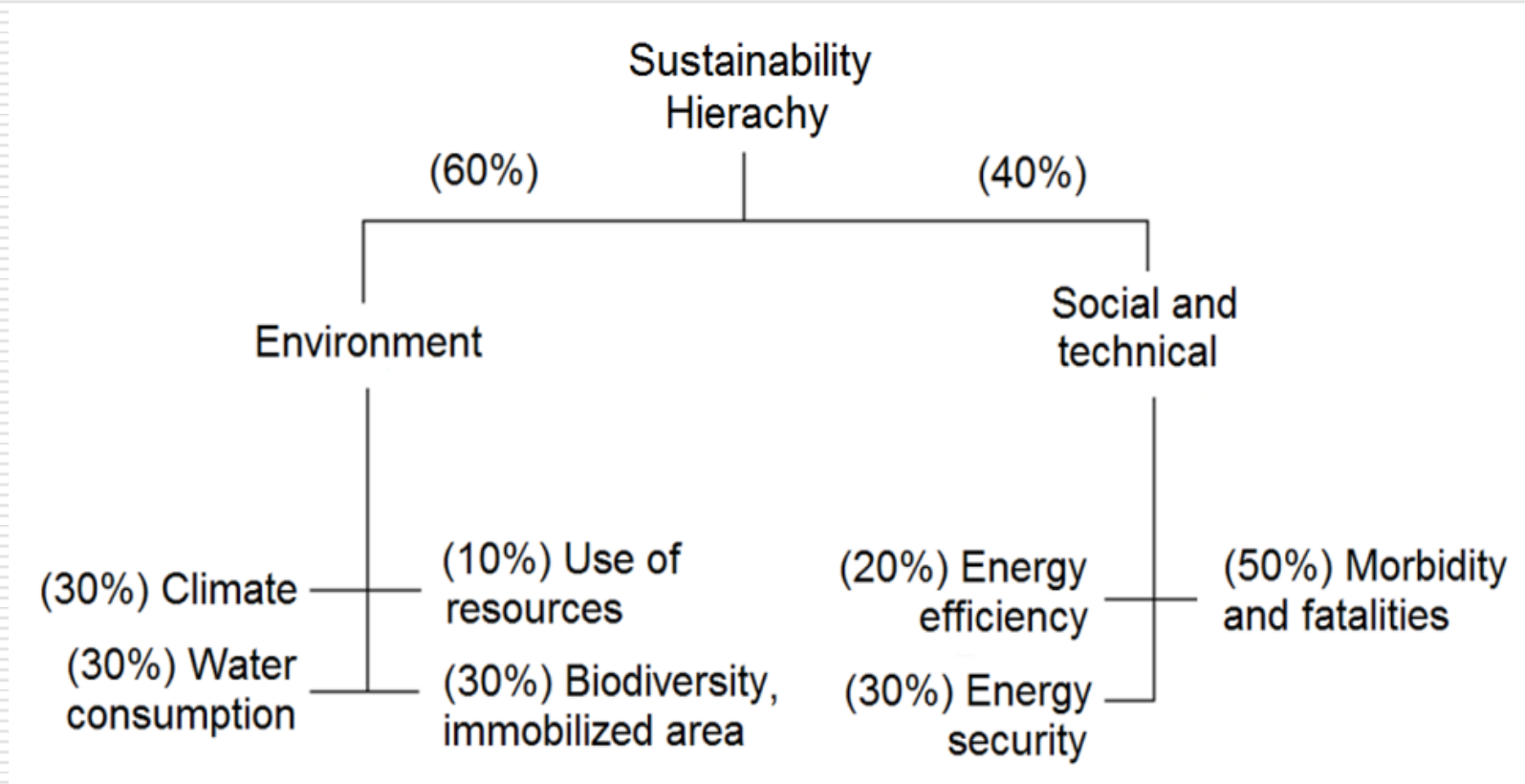
Possibilidades de expansão do setor elétrico no Brasil

Sustentabilidade

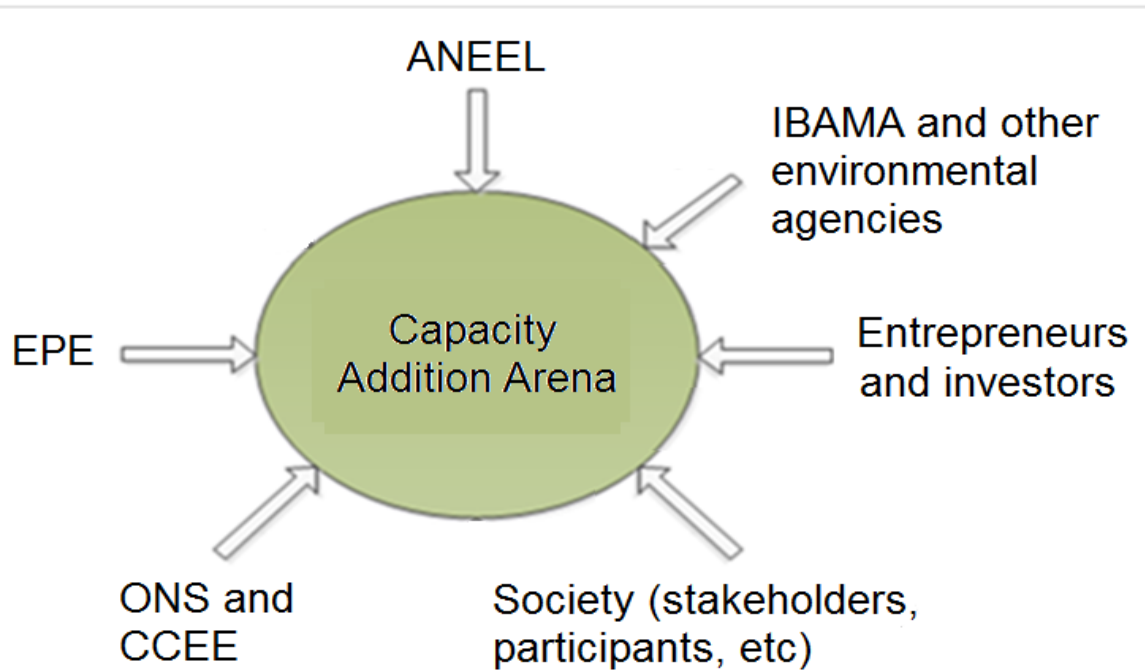
Diferentes regiões estão sujeitas a diferentes impactos



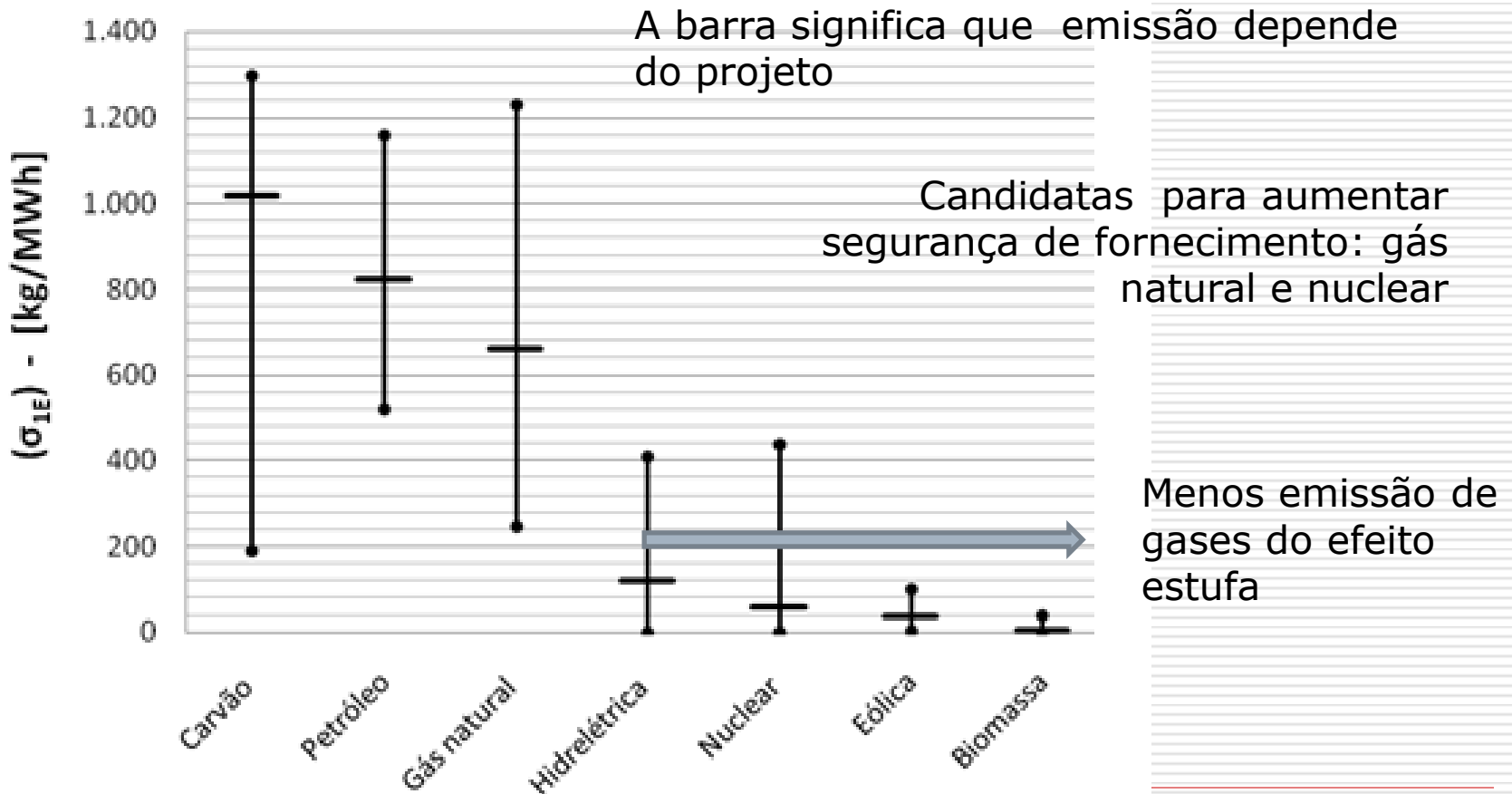
Preocupações quanto à sustentabilidade do setor elétrico



Arena para tomada de decisão sobre a expansão do setor elétrico brasileiro



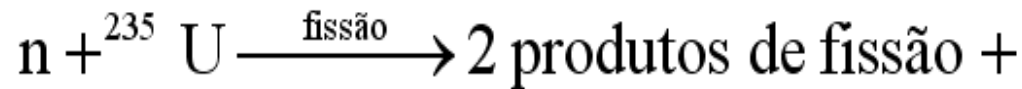
Coeficientes de impacto de gases de efeito estufa para várias formas de energia



Impactos da geração nuclear

Rejeitos radioativos

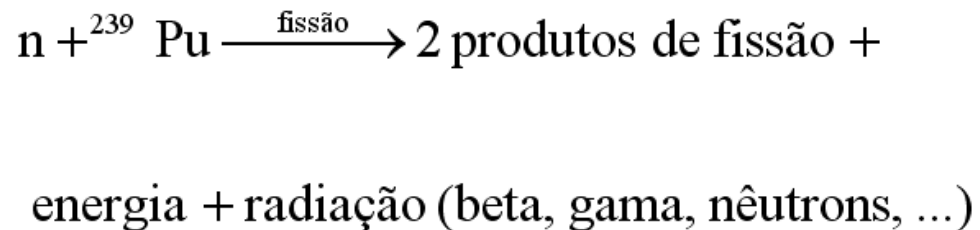
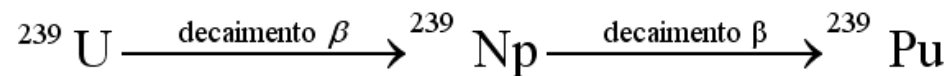
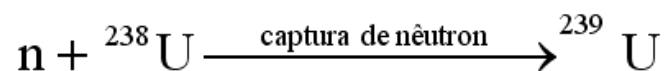
- ❑ Reação de fissão com nêutrons térmicos produz energia e produtos de fissão
- ❑ Produtos de fissão incluem quase toda a tabela de núclídeos
- ❑ Produtos de fissão são rejeitos radioativos



energia + radiação (beta, gama, nêutrons, ...)

Reações nucleares e rejeitos

- Captura de nêutrons térmicos pelo ^{238}U e sucessivos decaimentos beta produz plutônio (elemento transurânico -TRU)
- ^{239}Pu também fissiona com nêutrons térmicos (combustível)



Rejeitos radioativos provenientes de reatores nucleares

- Captura de nêutron pelo plutônio produz, depois de decaimento beta, amerício (Am)
 - Captura de nêutron pelo amerício produz, depois de decaimento beta, curium (Cm)

 - **Rejeitos produzidos**
 - **Produtos de fissão**
 - **Plutônio**
 - **Actinídeos menores (Np, Am, Cm)**
-

Massa de combustível irradiado em Angra 2 após 3 anos

Isótopo	Massa (kg)	Fração do total (%)
^{238}U	31989	94,7
^{235}U	272	0,8
Plutônio	316	0,9
Produtos de fissão	804,3	2,4
Actínídeos menores	396,7	1,2
Massa Total	33778	100

O total é de 34 toneladas

Ordens de magnitude menor que emissão de gases de efeito estufa por fontes fósseis

Sem reciclagem:
33,8 ton

Com reciclagem:
1,2 ton

Principais rejeitos radioativos

Produtos de
ativação

^{14}C ^{36}Cl ^{58}Co ^{60}Co ^{55}Fe ^{59}Ni ^{63}Ni ^{94}Nb ^3H

Produtos de
fissão e
actínideos

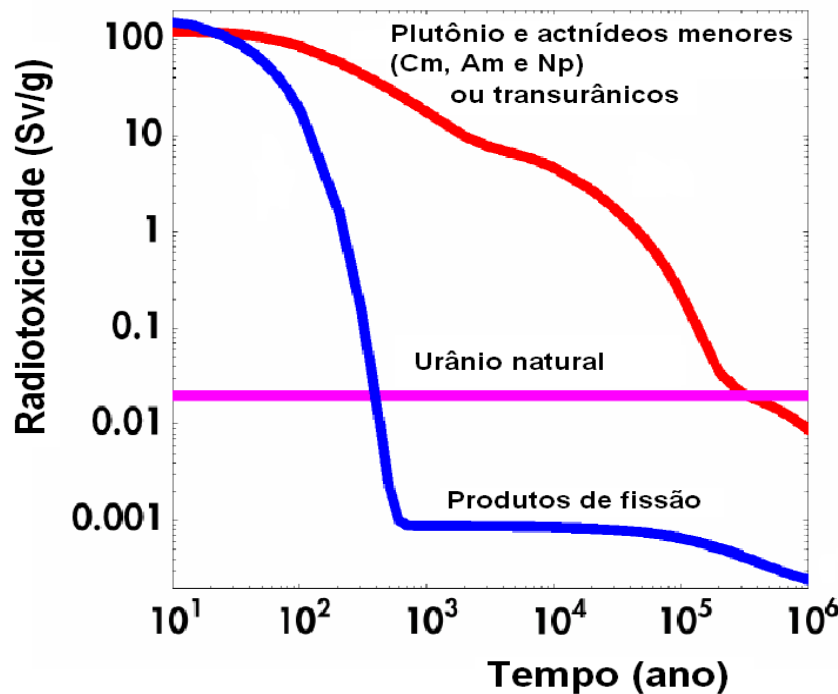
^{90}Sr ^{99}Tc ^{129}I ^{134}Cs ^{135}Cs ^{137}Cs ^{234}U ^{235}U ^{237}Np

^{238}U ^{238}Pu ^{239}Pu ^{240}Pu ^{241}Pu ^{242}Pu ^{241}Am ^{243}Am ^{244}Cm

Necessidade de estocagem de rejeitos radioativos

Os produtos de fissão decaem voltando ao estado natural em 300 a 500 anos

Os elementos transurânicos decaem em torno de 100.000 anos



Sem reciclagem: tempo de estocagem de ~10.000 anos

Com reciclagem: Tempo de estocagem de ~300 anos

Depósito de rejeitos de baixa e média atividade de El Cabril, Espanha

(Tranjan, 2005)



Vista aérea



Prédios de depósito

Depósito final para ILW e LLW

Depósito de rejeitos de El Cabril



Vista interna



Tambores de
armazenagem

Rejeitos de baixa, média e alta atividade em Angra (Eletronuclear)



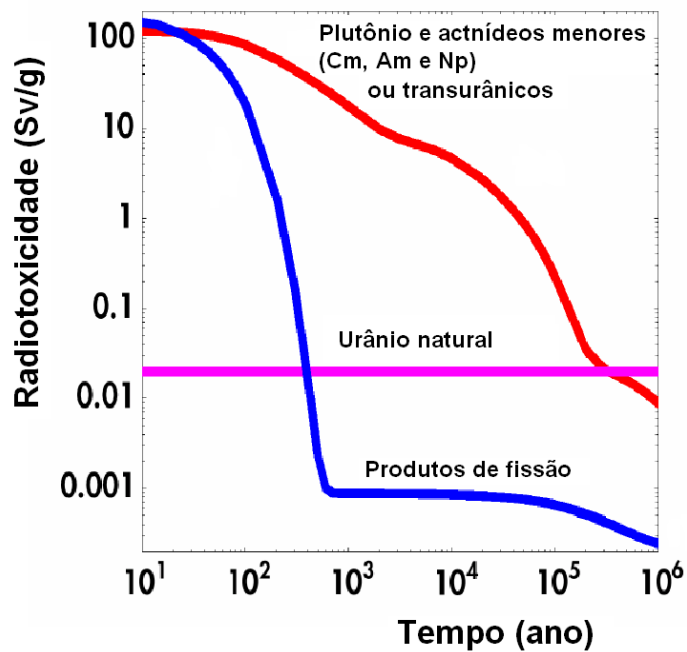
Monitoramento de tambor contendo rejeitos de baixa e média atividade



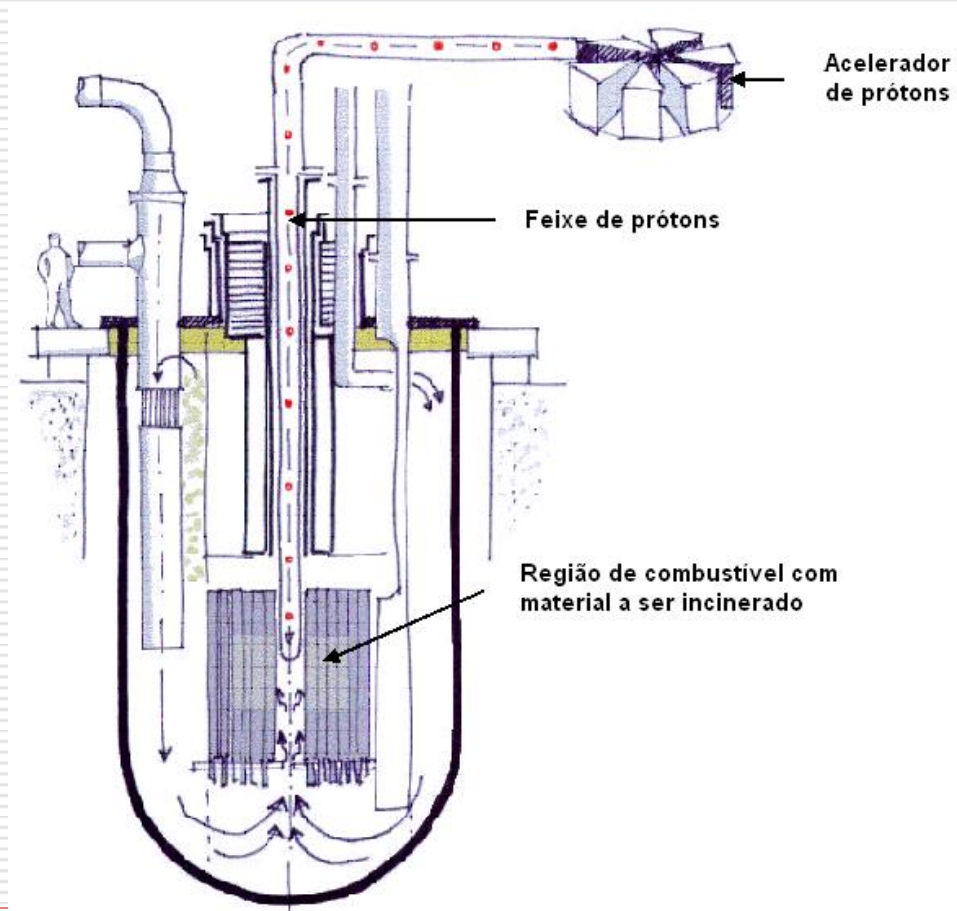
Piscina de estocagem de combustível irradiado – depósito inicial de alta atividade (HLW)

Reciclagem

Accelerator Driven Systems - ADS



Tempo de armazenagem:
300 anos



Armazenamento de combustíveis irradiados a seco na usina Maine Yankee



Fonte: Maine Yankee nuclear
power plant

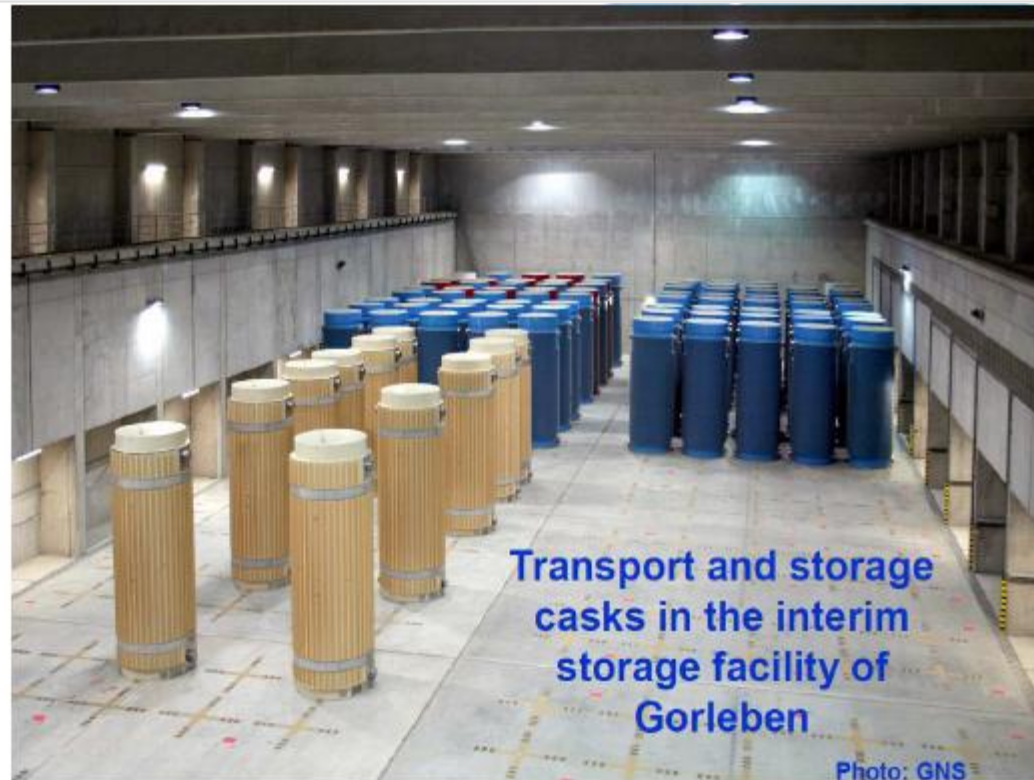
Armazenamento de combustível irradiado a seco na usina Vermont Yankee



Fonte: Vermont Yankee
nuclear power plant

Armazenamento em Gorleben

Fonte: Gorleben,
Alemanha





FIM

