

22/03/2012

# SEGURANÇA NUCLEAR

**José Manuel Diaz Francisco**

*Coordenador de Comunicação e Segurança*

## Programa Eletronuclear

- **UMA PERSPECTIVA DA EMPRESA**
- **CRITÉRIOS DE SEGURANÇA NAS USINAS NUCLEARES**
- **CULTURA DE SEGURANÇA**
- **O EVENTO DE FUKUSHIMA E AS LIÇÕES APRENDIDAS**
- **O PLANO DA ELETRONUCLEAR DE RESPOSTA A FUKUSHIMA**

## Programa Eletronuclear

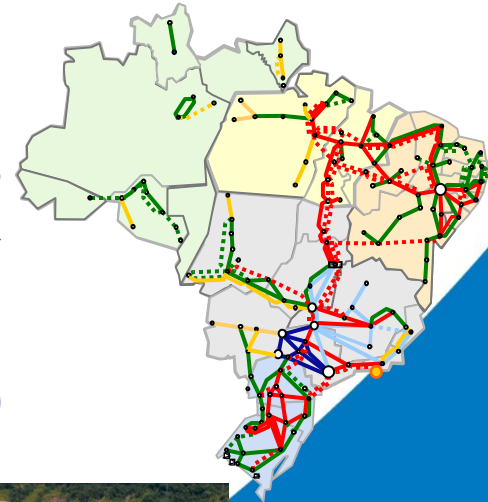
- **UMA PERSPECTIVA DA EMPRESA**
- CRITÉRIOS DE SEGURANÇA NAS USINAS NUCLEARES
- CULTURA DE SEGURANÇA
- O EVENTO DE FUKUSHIMA E AS LIÇÕES APRENDIDAS
- O PLANO DA ELETRONUCLEAR DE RESPOSTA A FUKUSHIMA

# UMA PERSPECTIVA DA EMPRESA



**Eletrobras**  
Eletronuclear

Convênios c/ Secr.  
Assuntos Estratégicos  
da Pres. República &  
Empresa de Pesquisa  
Energética - EPE:  
novos sítios (2010)



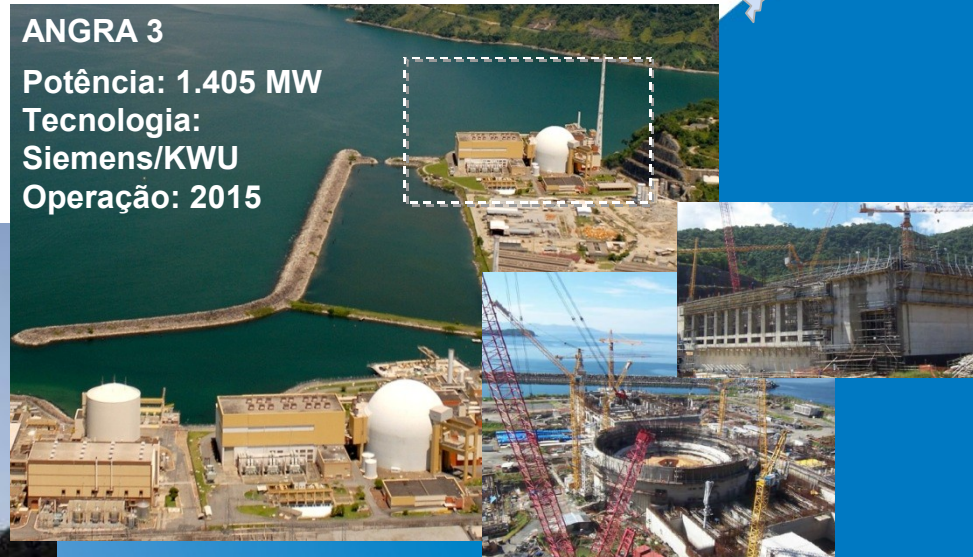
**ANGRA 2**

Potência: 1.350 MW  
Tecnologia: Siemens/KWU  
Operação: Jan/2001

**ANGRA 1**

Potência: 640 MW  
Tecnologia: Westinghouse

Operação: Jan/1985



**ANGRA 3**

Potência: 1.405 MW  
Tecnologia:  
Siemens/KWU  
Operação: 2015

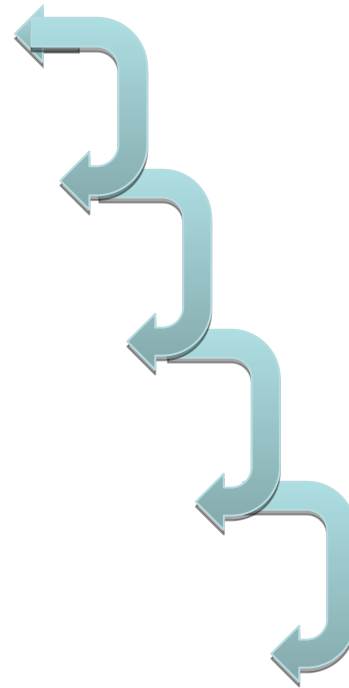
**Central Nuclear Almirante  
Álvaro Alberto – CNAAA**

- Responsável pelo equivalente a >30% do consumo do Est. RJ
- Com Angra 3: ~70%

## Programa Eletronuclear

- UMA PERSPECTIVA DA EMPRESA
- **CRITÉRIOS DE SEGURANÇA NAS USINAS NUCLEARES**
- CULTURA DE SEGURANÇA
- O EVENTO DE FUKUSHIMA E AS LIÇÕES APRENDIDAS
- O PLANO DA ELETRONUCLEAR DE RESPOSTA A FUKUSHIMA

# CRITÉRIOS DE SEGURANÇA NAS USINAS NUCLEARES



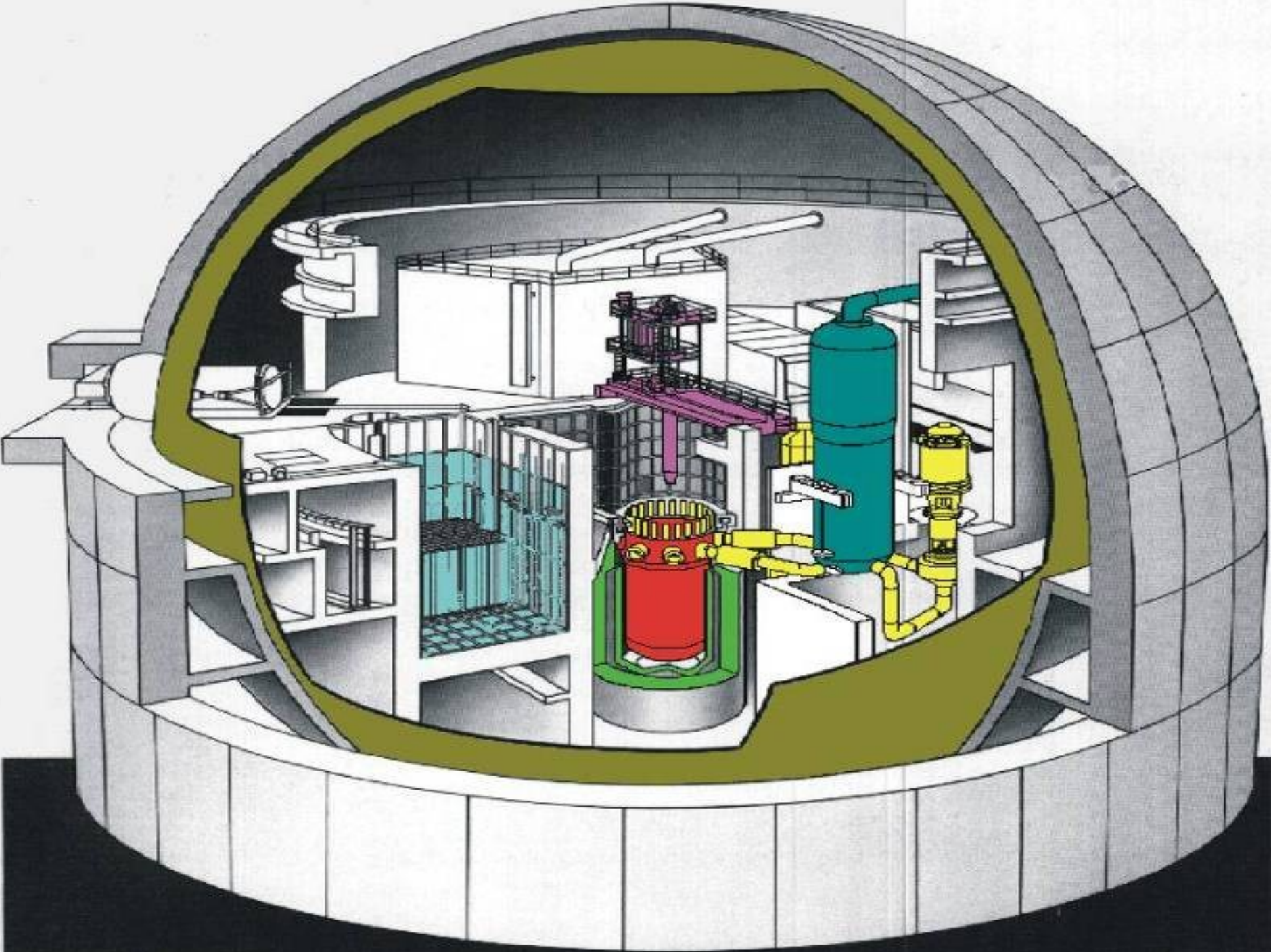
# CONSIDERAÇÕES DA SEGURANÇA NO PROJETO DAS USINAS

Sistemas de segurança:

- 

- 

-





## Programa Eletronuclear

- UMA PERSPECTIVA DA EMPRESA
- CRITÉRIOS DE SEGURANÇA NAS USINAS NUCLEARES
- **CULTURA DE SEGURANÇA**
- O EVENTO DE FUKUSHIMA E AS LIÇÕES APRENDIDAS
- O PLANO DA ELETRONUCLEAR DE RESPOSTA A FUKUSHIMA



garantir que as diversas  
etapas da instalação não

# CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS



**03/2011: Acidente em Fukushima Daiichi  
- Japão**

# CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS - FATOS NOVOS

CULTURA DE SEGURANÇA  
DEFICIENTE EM CHERNOBYL



**IAEA**

# CULTURA DE SEGURANÇA

IAEA Safety Series No. 75-INSAG-4 define *Cultura de Segurança* como:

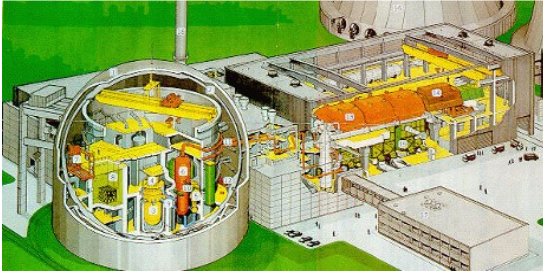
**“O conjunto de características e atitudes nas organizações e indivíduos que estabelece como prioridade absoluta que assuntos relacionados com a segurança recebam atenção compatível com a importância dos mesmos”.**

# Segurança Integrada

*Deve haver uma consideração transversal que inclua todos os aspectos da segurança, para assim estabelecer uma verdadeira Cultura de Segurança.*

# ELEVADOS PADRÕES DE SEGURANÇA

## Projeto



## Práticas Operacionais



## Treinamento



**Plano Estratégico**  
**Políticas Empresariais**  
**Procedimentos**  
**Plano de Emergência**

etc.

## Organizações Internacionais



## Licenciamento & Regulação



## Política de Gestão Integrada de Segurança



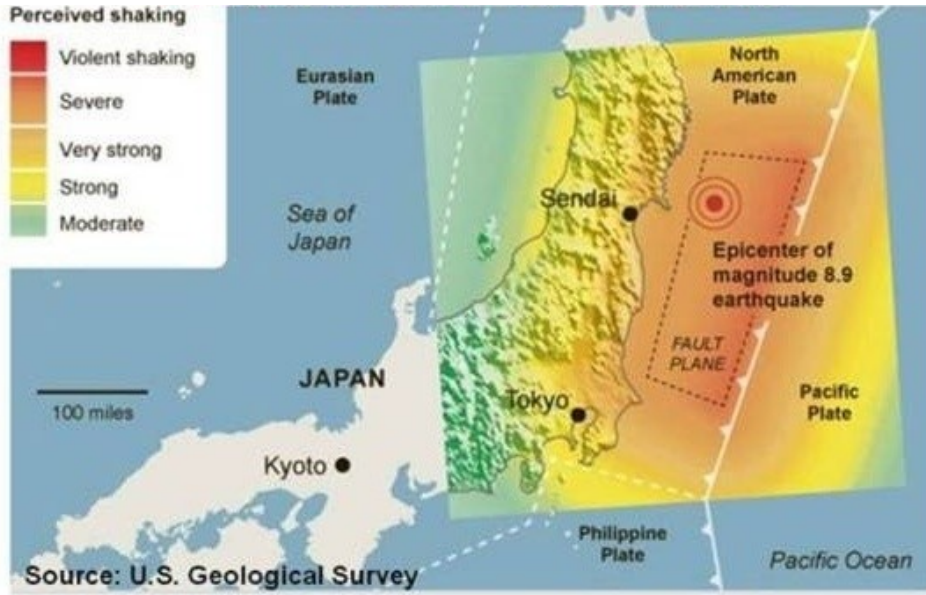
## Responsabilidade Socioambiental e Monitoração

ENERGIA

Eletronuclear

- UMA PERSPECTIVA DA EMPRESA
- CRITÉRIOS DE SEGURANÇA NAS USINAS NUCLEARES
- CULTURA DE SEGURANÇA
- **O EVENTO DE FUKUSHIMA E AS LIÇÕES APRENDIDAS**
- O PLANO DA ELETRONUCLEAR DE RESPOSTA A FUKUSHIMA





## TERREMOTO

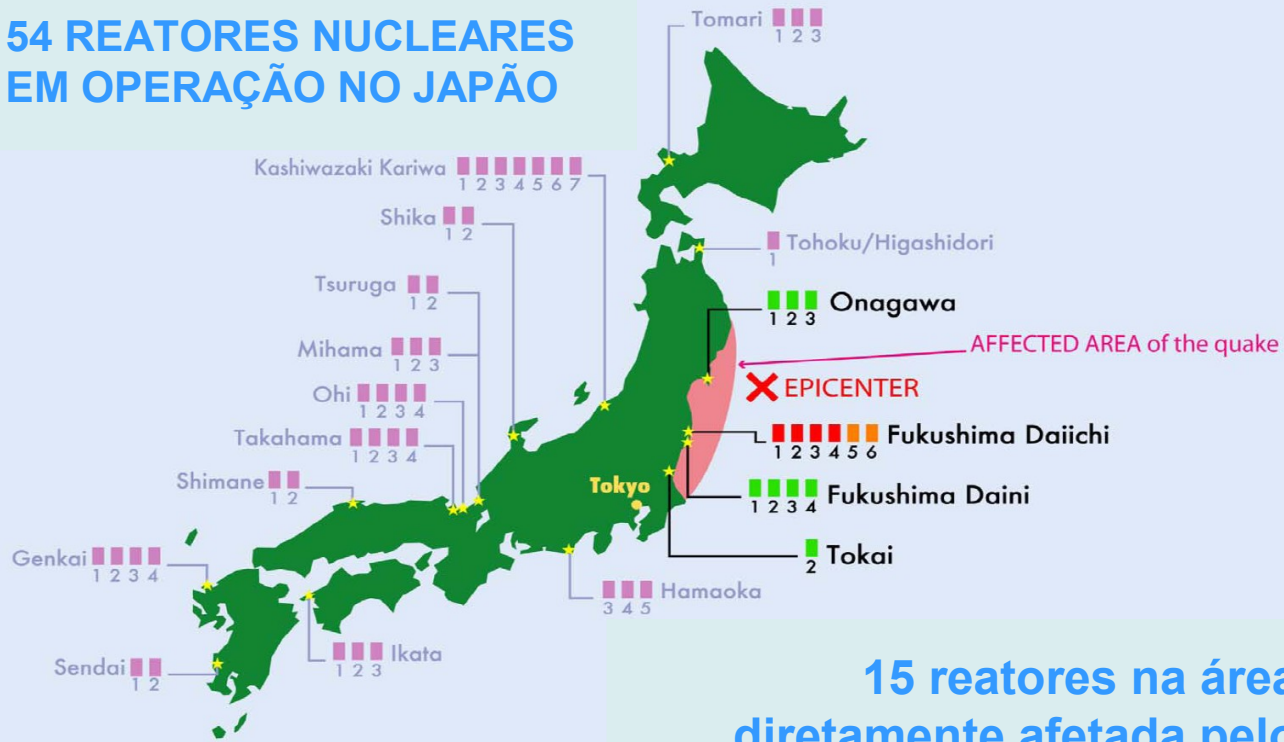
- 11 de março, 14h46
- sismo de magnitude 8,9
- epicentro ~ 100km da costa.

## TSUNAMI



- 45min após
- tsunami de mais de 10m

# 54 REATORES NUCLEARES EM OPERAÇÃO NO JAPÃO



15 reatores na área diretamente afetada pelo terremoto

## Fukushima Daiichi

Unidades 1, 2 e 3 em operação

Unidades 4, 5 e 6 paradas



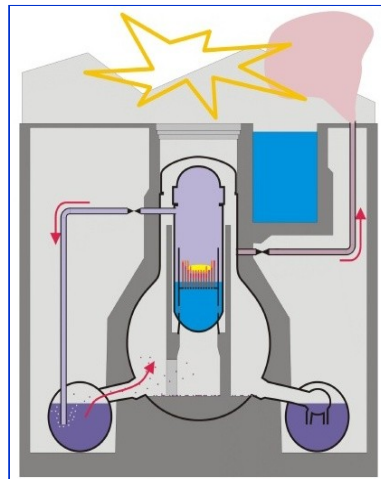
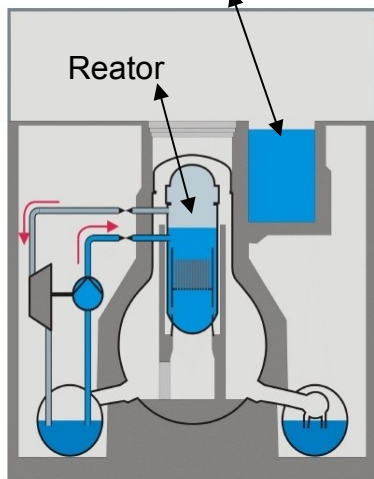
# TSUNASMI

- destruição das instalações na área externa
- água invade os prédios e grupos-diesel de emergência



- perda de todas as fontes CA (“station blackout”)
- perda da ‘Fonte Fria’ (destruição da toma d’água)

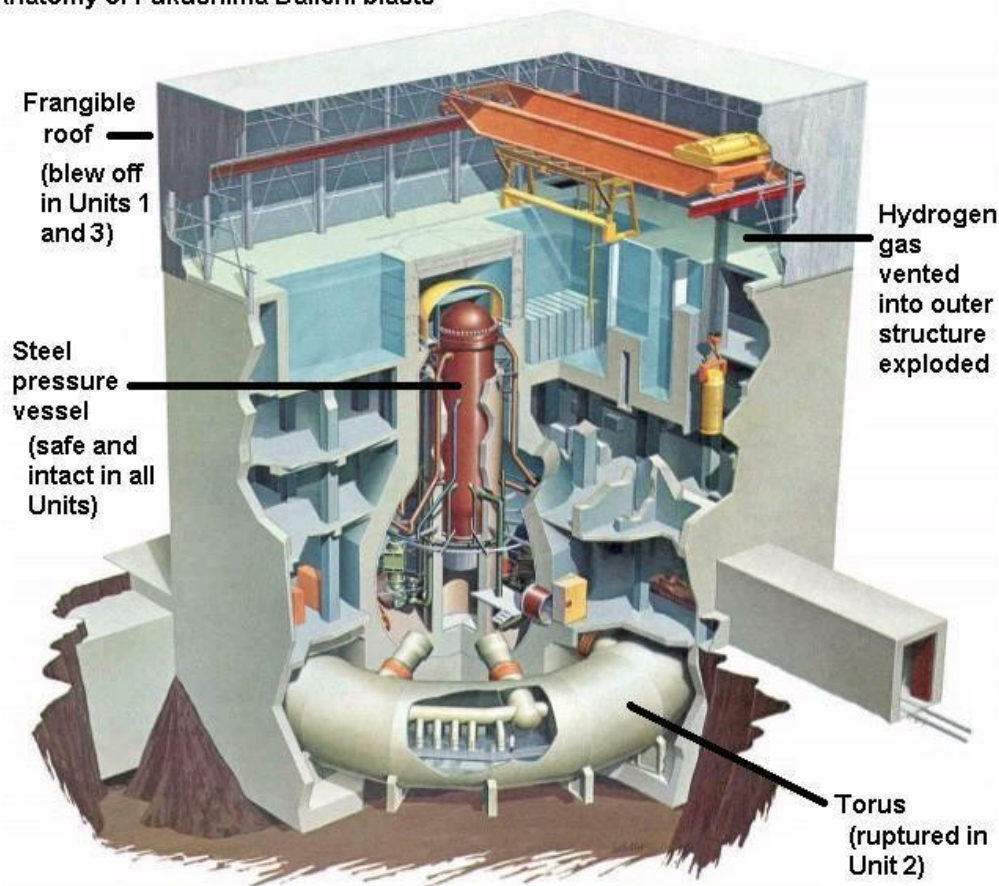
Piscina de Combustível



- perda do resfriamento do reator após esgotamento das baterias
- núcleo descoberto, aumento de temperatura do combustível e produção de hidrogênio que se acumula na contenção;
- fusão do combustível e liberação de materiais radioativos para a contenção;
- operadores aliviam a pressão da contenção e acúmulo de hidrogênio provoca explosão no piso de serviço liberando radiação.

# Ampla Destruição da Central

Anatomy of Fukushima Daiichi blasts

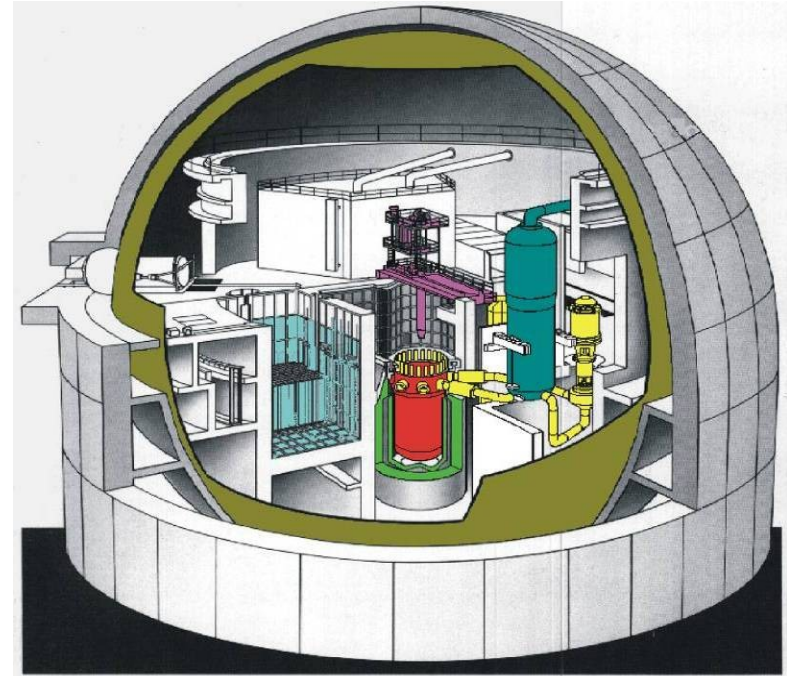
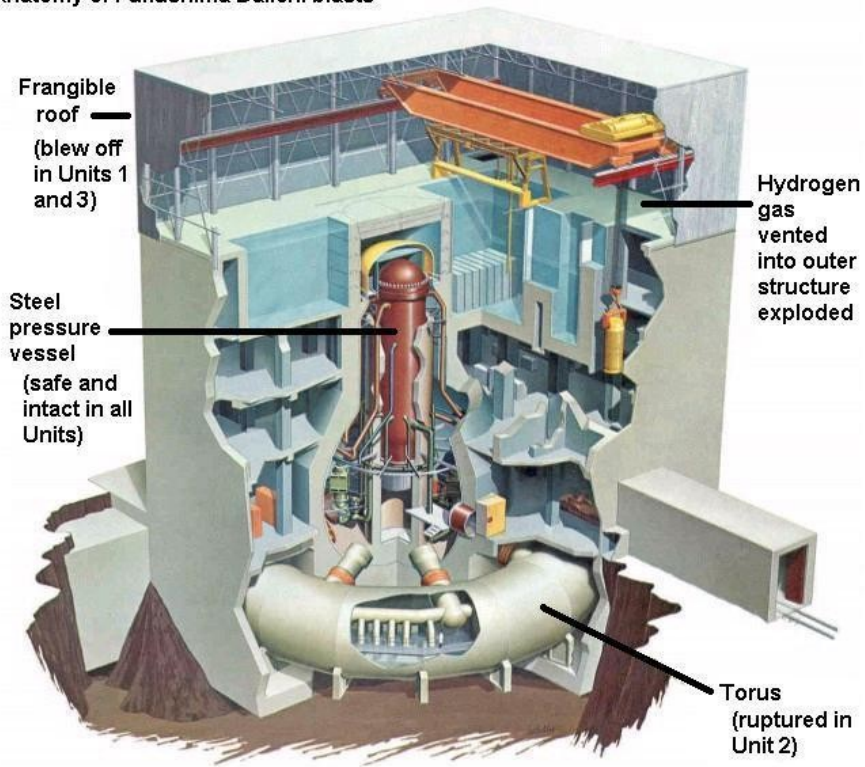


- liberação de radiação para o meio ambiente
- necessidade de evacuação de grandes contingentes do público
- enormes dificuldades técnicas para estabelecimento de condições de resfriamento dos reatores

- fusão do núcleo dos reatores das unidades 1, 2 e 3
- perda da integridade das barreiras de contenção

# Algumas diferenças

Anatomy of Fukushima Daiichi blasts



# A Catástrofe Natural



**Mortos: 14.981**  
**Desaparecidos: 9.853**  
**Feridos: 5.280**  
**Desabrigados: 115.098**



# O Acidente Radiológico

Danos à Saúde do Público:



Danos Ocupacionais:

Evacuação de áreas distantes até 50km da Central (~140.000 pessoas)

# Grandes Acidentes em Usinas Nucleares (Acidentes Severos, “Core Meltdown”)

## Three Miles Island



1979

PWR

princípios físicos  
favoráveis à segurança

defesa em profundidade  
e múltiplas barreiras

construção e operação  
sob sistema regulatório  
nos padrões da IAEA

## Chernobyl



1986

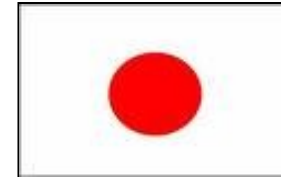
RBMK

princípios físicos  
desfavoráveis à  
segurança

ausência de defesa em  
profundidade e múltiplas  
barreiras

ausência de sistema  
regulatório nos padrões  
da IAEA

## Fukushima



2011

BWR

princípios físicos  
favoráveis à segurança

defesa em profundidade  
e múltiplas barreiras

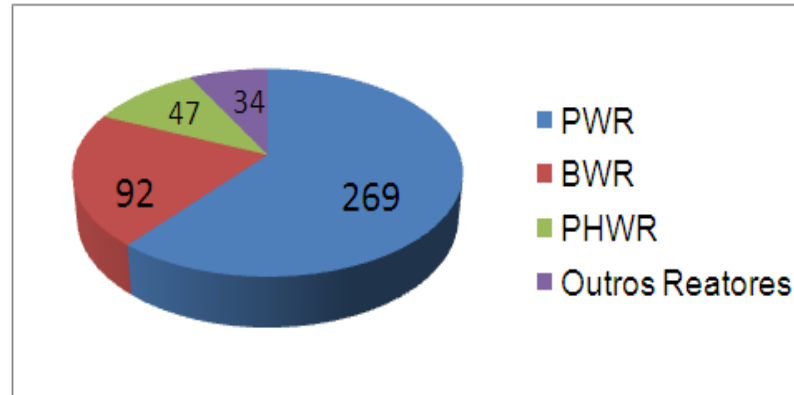
construção e operação  
sob sistema regulatório  
nos padrões da IAEA

# Acidentes de Grande Impacto Técnico

Three Miles Island



Reatores em Operação

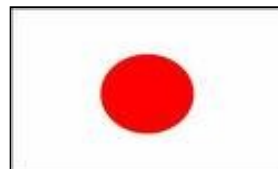


Fukushima



104 reatores em operação

4º maior IDH



54 reatores em operação

11º maior IDH



## Deficiências de projeto que potencializaram o acidente

- critérios de projeto não compatíveis com as características do sítio da Central (tsunami de projeto 5,7m, excedido em mais de 5m no acidente);
- arranjo físico de prédios e equipamentos inadequado para a natureza dos riscos próprios das características do sítio;

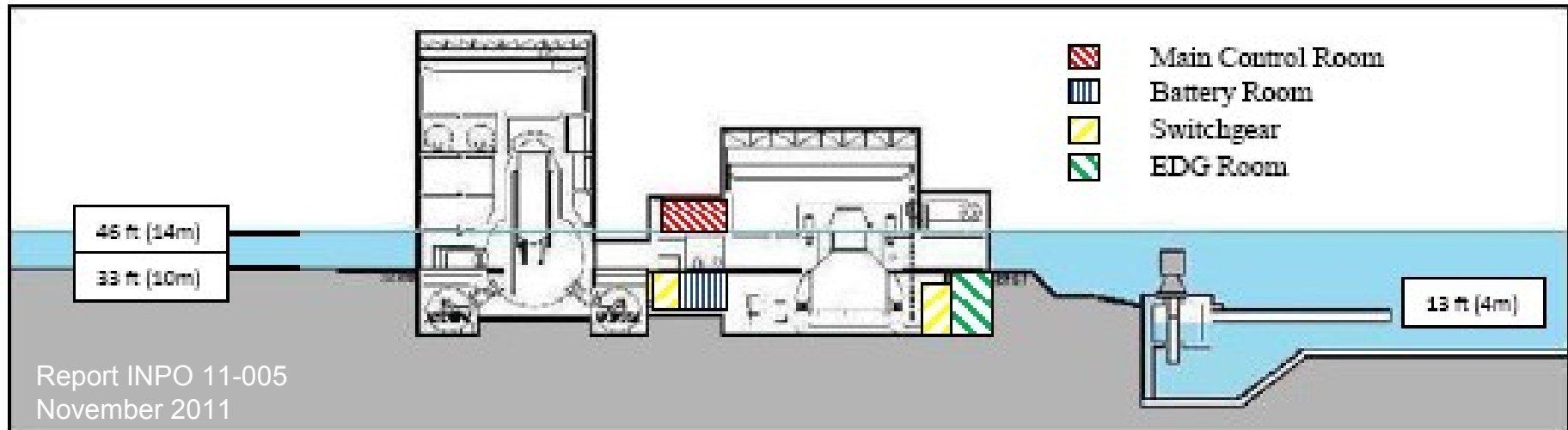


Figure 3.3-1 General Elevations and Inundation Level

- falta de atualização do projeto em termos de incorporação de aperfeiçoamentos nos sistemas de segurança (incluindo recursos para controle de acidentes além das bases de projeto)

## Programa Eletronuclear

- UMA PERSPECTIVA DA EMPRESA
- CRITÉRIOS DE SEGURANÇA NAS USINAS NUCLEARES
- CULTURA DE SEGURANÇA
- O EVENTO DE FUKUSHIMA E AS LIÇÕES APRENDIDAS
- **O PLANO DA ELETRONUCLEAR DE RESPOSTA A FUKUSHIMA**

# Reavaliação de Segurança das Usinas Nucleares após Fukushima



## Stress Tests (Testes de Avaliação de Resistência)

garantir o resfriamento do reator e do combustível armazenado nas piscinas

- quais os principais **eventos de risco** que ameaçam a instalação?
- os **critérios de projeto** adotados para a proteção da instalação contra estes eventos são adequados, considerando as características do sítio da instalação?
- quais as **margens de segurança** que o projeto incorpora para enfrentar estes eventos?
- de que recursos a instalação dispõe para enfrentar situações extremas de **colapso dos sistemas de segurança**?
- em caso de um acidente, de que recursos a instalação dispõe e qual a infraestrutura para **minimizar as consequências** para o público e o meio ambiente?

Defesa em Profundidade

## Relatório Pós-Fukushima: Eletronuclear planeja investir R\$ 300 milhões em programa de melhoria contínua das usinas de Angra



Em 16/03/2011 criado Grupo de Trabalho -GT para analisar informações da evolução do evento.

Consideradas ações nacionais e internacionais, ex.: CNEN, AIEA, Associação Mundial de Operadores Nucleares - WANO, Associações dos Órgãos Reguladores Nucleares da Europa Ocidental – WENRA e Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Nucleares - FORO.

Previamente ao acidente, em andamento estudos de melhoria da segurança das usinas e do plano de emergência.

## Relatório Pós-Fukushima: Eletronuclear planeja investir R\$ 300 milhões em programa de melhoria contínua das usinas de Angra (cont.)

Programa de melhoria contínua:

**56 Iniciativas,  
entre Estudos  
e Projetos**

**Priorização  
dentro da  
Organização**

**Investimentos  
da Ordem de  
R\$ 300 milhões  
entre 2011 e  
2015**

**Áreas Principais de Avaliação**  
do  
**PLANO DE RESPOSTA AO ACIDENTE DE FUKUSHIMA**

**PROTEÇÃO CONTRA  
EVENTOS DE RISCO (PE)**

**15 iniciativas**

**Foco:**

Proteção contra Eventos com Potencial de Induzir Falhas Múltiplas nos Sistemas de Segurança

**Objetivo:**

Assegurar que os sistemas de segurança das unidades sejam preservados em situações em que eventos externos ou internos às instalações possam danificar ou limitar o funcionamento de seus equipamentos

**CAPACIDADE DE  
RESFRIAMENTO (RF)**

**32 iniciativas**

**Foco:**

Capacidade de Resfriamento do Combustível em Condições Além das Bases de Projeto

**Objetivo:**

Prover meios alternativos de resfriamento do núcleo do reator e das piscinas de combustível irradiado, para o caso de situações de falhas dos sistemas de segurança além de suas bases de projeto

**LIMITAÇÃO DE  
CONSEQUÊNCIAS (CR)**

**9 iniciativas**

**Foco:**

Limitação das Conseqüências Radiológicas no Caso de Acidentes Severos

**Objetivo:**

Disponer de recursos para minimizar o risco de perda de integridade das barreiras de contenção e de liberação de materiais radioativos para o meio externo

*Evolução temporal dos acidentes – Defesa em Profundidade*

<b>PE11</b>	<b>Terremotos</b>
PE111	Reavaliação e atualização da base de dados geológica
PE112	Reavaliação e atualização da base de dados sísmológica e da ameaça sísmica
PE113	Avaliação das margens de segurança no projeto sísmico de Angra 1 e Angra 2

<b>PE13</b>	<b>Movimentos de Mar</b>
PE131	Implantação de sistemas de aquisição, tratamento e monitoração de dados oceanográficos e meteorológicos
PE132	Reavaliação de alturas máximas de ondas junto à Central
PE133	Reavaliação da estabilidade do molhe de proteção

<b>PE12</b>	<b>Encostas</b>
PE121	Atualização do mapeamento geológico-geotécnico da região no entorno da Central
PE122	Reavaliação das obras de estabilização e do sistema de monitoração existentes
PE123	Avaliação da situação extrema de ruptura das encostas
PE124	Avaliação da estabilidade e integridade do tanque da EPTA frente a deslizamento da encosta

<b>PE14</b>	<b>Chuvas</b>
PE141	Revisão do estudo de inundação do sítio, considerando condições mais severas

<b>PE15</b>	<b>Tornados e Furacões</b>
PE151	Avaliação de impacto de tornado sobre Sistemas, Estruturas e Componentes de segurança de Angra 1 e Angra 2
PE152	Reavaliação da ameaça de furacões

<b>RF1X</b>	<b>Resfriamento do Reator Via Secundário em Angra X</b>
RF1X1	Verificação das condições para realização de “bleed-and-feed” do secundário em Angra X em condições além das bases de projeto, incluindo “station black-out”
RF1X2	Aquisição de equipamentos móveis para suprimento de água para os Geradores de Vapor em Angra X

<b>RF22</b>	<b>Resfriamento Direto do Reator em Angra X</b>
RF2X1	Implantação dos recursos para execução de “bleed-and-feed” do primário em Angra 2
RF222	Estudo conceitual de resfriamento do reator por meios passivos com trocadores de calor na contenção

*Angra X = Angra 1 e Angra 2*

<b>RF3X</b>	<b>Resfriamento da Piscina de Combustível de Angra X</b>
RF3X1	Determinação do aumento de temperatura da piscina de Angra X no tempo, em condições de falha dos sistemas de resfriamento
RF3X2	Estudo de alternativas para resfriamento da piscina de Angra X

<b>RF13</b>	<b>Fontes de Suprimento de Água Doce para Resfriamento dos Reatores e Piscinas</b>
RF131	Implantação de melhorias nos sistemas de adução e distribuição de água doce
RF132	Estudo de viabilidade de nova adutora para a CNAAA a partir do Rio Mambucaba
RF133	Estudo de viabilidade de nova adutora a partir de Praia Brava
RF134	Estudo de alternativas para novo tanque de reservação de água doce



<b>RF41</b>	<b>Alternativas de suprimento de energia elétrica de emergência para Angra 1</b>
RF411	Implantação da interligação manual dos barramentos de emergência de Angra 1
RF412	Estudo de alternativas para extensão do tempo de autonomia das baterias de Angra 1

<b>RF42</b>	<b>Alternativas de suprimento de energia elétrica de emergência para Angra 2</b>
RF421	Implantação do suprimento dos consumidores do sistema D2 pelo sistema D1 em Angra 2
RF422	Estudo de alternativas para extensão do tempo de autonomia das baterias de Angra 2

<b>RF43</b>	<b>Alternativas de suprimento de energia elétrica de emergência para a Central</b>
RF431	Implantação da interligação manual dos barramentos de emergência de Angra 1 e Angra 2
RF432	Estudo de fonte adicional de suprimento de energia elétrica de emergência para Angra 1 e Angra 2
RF433	Estudo de viabilidade de implantação de uma PCH no Rio Mambucaba
RF434	Estudo de condições para resuprimento de óleo diesel para as unidades da Central em condições de eventos externos
RF435	Aquisição de grupo-diesel móvel e conexões para suprimento externo de energia elétrica de emergência para as usinas da Central

<b>RF51</b>	<b>Análises de Segurança e Procedimentos para Acidentes Severos para Angra 1</b>
RF511	Desenvolvimento de APS Nível 2 para Angra 1
RF512	Implantação das Diretrizes para Gerenciamento de Acidentes Severos (SAMGs) em Angra 1
RF513	Desenvolvimento de APS para Baixa Potência e Usina Desligada para Angra 1

<b>RF52</b>	<b>Análises de Segurança e Procedimentos para Acidentes Severos para Angra 2</b>
RF521	Desenvolvimento de Análises Probabilísticas de Segurança (APS) para Angra 2
RF522	Elaboração e implantação das Diretrizes para Gerenciamento de Acidentes Severos (SAMGs) em Angra 2

<b>RF6</b>	<b>Acessibilidade às Áreas de Trabalho</b>
RF611	Implantação de recursos para abertura de portas de acesso aos prédios e compartimentos em situações de emergência
RF612	Implantação de recursos para manutenção da iluminação de emergência em condições extremas
RF613	Estudo de alternativas para pontos de controle radiológico em situações de emergência

<b>CR1X</b>	<b>Integridade da Contenção de Angra X</b>
CR1X1	Implantação de recombinaidores passivos catalíticos na Contenção de Angra X
CR1X2	Implantação de “venting” filtrado na Contenção de Angra X

<b>CR21</b>	<b>Instrumentação Pós-Acidente de Angra 1</b>
CR211	Implantação em Angra 1 de sistema de amostragem da contenção para condições além das bases de projeto

<b>CR22</b>	<b>Instrumentação Pós-Acidente de Angra 2</b>
CR221	Implantação em Angra 2 de sistema de amostragem do primário e da contenção para condições além das bases de projeto

<b>CR31</b>	<b>Suporte ao Plano de Emergência</b>
CR311	Projeto de ampliação de atracadouros para movimentação de pessoal e material em situações de emergência
CR312	Implantação de trilhas nas zonas de planejamento de emergência
CR313	Implantação de melhorias nos Centros de Emergência

<b>ST</b>	<b>Realização dos "Stress Test"</b>
ST-A1	Realização do "Stress Test" para Angra 1
ST-A2	Realização do "Stress Test" para Angra 1

A photograph of two divers in the water. The diver in the foreground is wearing a black wetsuit with 'MORMAH' on the chest and is holding a large, brown, textured object. The diver in the background is also wearing a wetsuit and is looking towards the foreground. In the background, a nuclear power plant is visible, featuring a large white dome and several tall chimneys. The plant is situated on a hillside with green vegetation. The water is blue and reflects the sky. The overall scene is outdoors during the day.

# MUITO OBRIGADO

**José Manuel Diaz Francisco**  
**[josem@eletronuclear.gov.br](mailto:josem@eletronuclear.gov.br)**  
**[WWW.ELETRONUCLEAR.GOV.BR](http://WWW.ELETRONUCLEAR.GOV.BR)**