

SP/GPT/11

## Grupo II

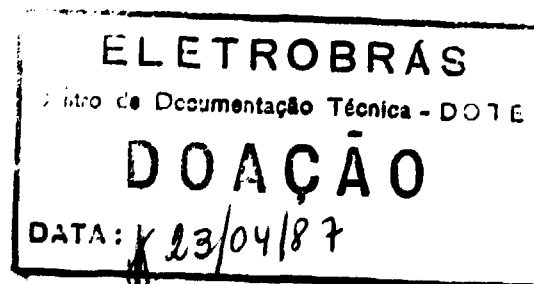
### Produção Térmica (GPT)

### Experiência Adquirida por Furnas no Licenciamento de Usinas Nucleares

Ayrton José Caubit da Silva  
Edna Elias Xavier

FURNAS Centrais Elétricas S.A.

São Paulo - SP - Brasil  
1986



## 1. INTRODUÇÃO

FURNAS - Centrais Elétricas S.A. é uma empresa de economia mista, subsidiária da ELETROBRÁS, responsável pela produção e transmissão de energia elétrica na Região Sudeste e Sul da Centro-Oeste, onde vive a metade da população brasileira e são consumidos mais de 76% de toda a produção de energia do país.

Fundada em 28 de fevereiro de 1957, a sua área de atuação abrange os Estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, parte de Goiás e Brasília. A energia produzida é vendida às diversas empresas distribuidoras que atuam em sua área, através de extenso sistema de linhas de transmissão.

Em 1968 o Governo Federal tomou a decisão de construir uma Usina Nuclear com potência aproximada de 600 Megawatts elétricos

Conforme o acordo assinado, ainda em 1968, entre CNEN e ELETROBRÁS S.A., foi delegada a FURNAS, por seu alto nível técnico, sua experiência em grandes projetos e sua sólida estrutura administrativa, a responsabilidade pela construção e operação da primeira Usina Nuclear no Brasil, a ser instalada na região sudeste. Desde então FURNAS tem trabalhado em contato direto com a CNEN, e esse trabalho conjunto tem sido a razão principal do sucesso alcançado até agora no processo de licenciamento desta Usina.

A Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, cujo nome homenageia um dos maiores incentivadores do programa nuclear brasileiro, é constituída de três unidades, conhecidas por Angra 1, 2 e 3.

Angra 1, tem 626 MW de potência e cada uma das outras duas unidades terá 1 245 MW, totalizando 3 116 MW de potência.

Quando pronta, a Central Nuclear de Angra será uma das maiores do mundo. Situada na Praia de Itaorna, município de Angra dos Reis, Estado do Rio de Janeiro, está a uma distância equidistante dos principais centros sócio-econômicos do País: 130 Km do Rio de Janeiro, 220 KM de São Paulo e 350 Km de Belo Horizonte.

Para Angra 1 FURNAS como, proprietária e responsável pela construção e operação, gerenciou todo o processo de licenciamento durante as fases de construção, comissionamento e operação. Quanto à Angra 2 e 3 FURNAS é a proprietária, mas gerenciou a construção até 1981, quando então passou para a responsabilidade da NUCLEBRÁS a conclusão destas obras até o comissionamento e entrega à FURNAS das duas Unidades prontas para operar. Ficando também sob a responsabilidade daquela Empresa o gerenciamento do processo de licenciamento das Unidades até esta fase, cabendo a FURNAS o acompanhamento da execução desta tarefa.

Cabe destacar que para o licenciamento da Unidade 1 foi seguido o modelo e normas americanas e para as Unidades 2 e 3 o modelo e normas alemãs, que apresentam algumas diferenças de filosofia. Este fato veio propiciar à equipe de FURNAS um estudo comparativo dos dois projetos, o que foi também muito salutar para adquirir os instrumentos necessários para a construção e comissionamento destas Unidades.

O que pretendemos apresentar adiante, de uma maneira geral, refere-se a sistemática até agora seguida para o licenciamento da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, e mais especificamente da Unidade 1.

## 2. APROVAÇÃO PRELIMINAR DO LOCAL

Na época da delegação a FURNAS para construção e operação da primeira usina nuclear no Brasil, não existia nenhuma norma da CNEN que regulamentasse um processo de licenciamento. Assim sendo, FURNAS optou pelo uso de normalização americana.

De acordo com estas normas, o primeiro passo seria a aprovação preliminar do local escolhido para a sua construção.

Em princípios de 1970 FURNAS enviou à CNEN o Relatório do Local, para sua aprovação preliminar. Nessa época, o tipo do reator para a usina ainda não havia sido escolhido. A idéia inicial era de ser um tipo de reator com uma grande experiência operacional.

Os seguintes pontos foram levados em consideração na escolha do local para a instalação da usina:

2.1. Deveria ser algum ponto da região sudeste do país, tendo a cidade do Rio de Janeiro como local de referência.

2.2. Deveria estar razoavelmente afastado de áreas de densa população, de acordo com a Resolução CNEN 9/69 "Escolha de Locais para Instalação de Reatores de Potência".

2.3. Deveria estar numa região costeira a fim de minimizar as dificuldades envolvendo o transporte de componentes pesados, e, naturalmente, permitir um grande suprimento de água fria.

Após as investigações realizadas por FURNAS, com base em informações acumuladas e fornecidas pela CNEN desde 1958, foi finalmente selecionado um local da costa, distante 133 Km a oeste da cidade do Rio de Janeiro e 14,4 Km a oeste da pequena cidade de Angra dos Reis (20.000 habitantes)- a praia de Itaorna.

Após o recebimento pela CNEN do Relatório de Local, iniciou-se uma fase de análise pelos especialistas daquela Comissão e frequentes debates foram mantidos entre o pessoal de FURNAS e da CNEN.

Finalmente, a CNEN publicou em abril de 1970 uma aprovação preliminar do local com as seguintes recomendações, que deveriam ser seguidas por FURNAS:

2.4. Avaliação dos conceitos sobre terremotos e estudos geológicos das rochas para determinar-se os parâmetros para as fundações e projetos das estruturas.

2.5. Inclusão, como condição mínima, de um "Safe Shutdown Earthquake" (SSE) de 0,1g no projeto da Usina Nuclear.

2.6. Providências para que a BR-101 não interferisse com a operação normal da Usina e que medidas apropriadas fossem tomadas para controle do tráfego na rodovia, em caso de emergência, para proteger a segurança e a saúde do público.

2.7. Exame detalhado da micrometeorologia do local, a fim de definir as condições de dispersão atmosférica reinantes e estabelecer limites para liberação de gases radioativos.

2.8. Revisão da batimetria das águas das vizinhanças; medição das marés no local; investigação da temperatura da água e salinidade; investigação da direção e velocidade das correntes costeiras, de modo a permitir uma determinação mais acurrada da possibilidade de recirculação de efluentes aquecidos; e

## 2.9. Pesquisa sobre as espécies marinhas nas águas das vizinhanças.

### 3. BASES PARA A REVISÃO DE SEGURANÇA

Em fevereiro de 1971 o tipo de reator para a unidade 1 da Usina Nuclear de Angra foi escolhido. A primeira Usina Nuclear, com capacidade de 626 MWe, teria a Westinghouse como fornecedora dos equipamentos para a parte nuclear e convencional e a Gibbs and Hill, associada à Promon Engenharia como firma de engenharia e projeto. O reator seria a urânio enriquecido, refrigerado e moderado a água pressurizada.

Nessa fase, naturalmente, o local da obra já pertencia a FURNAS. Ainda nessa época, não havia uma norma que definisse o processo de licenciamento. FURNAS optou pela adoção do processo americano, por ter sido o tipo de reator americano o vencedor da concorrência. De acordo com este processo, o próximo passo seria a elaboração de um Relatório Preliminar de Análise de Segurança, cuja aprovação por parte da CNEN daria a FURNAS a autorização para o início da construção da Usina. Mais tarde, a CNEN publicava a Resolução CNEN-6/72 - "Normas para Licenciamento de Reactores de Potência", que exigia a preparação do Relatório Preliminar de Análise de Segurança, já em fase de elaboração por FURNAS.

Então, em concordância com a Resolução CNEN 6/72, foi submetido àquela Comissão, em dezembro de 1972, o Relatório Preliminar de Análise de Segurança relativo à Angra 1.

Em conformidade com o parágrafo 2.4.4.2 da mencionada Norma, sempre que não existir uma adequada normalização nacional devem ser seguidas pela CNEN normas de países industrialmente desenvolvidos no setor de usinas nucleares.

A Revisão de Segurança feita pela CNEN foi baseada no critério de que uma usina de potência deve ser licenciada de acordo com as normas, critérios, padrões, códigos e guias dos E.U.A.

Na execução prática dessa revisão de segurança, instituições nacionais públicas e privadas foram convidadas a colaborar em algumas áreas específicas, como geologia, meteorologia, tubulações de vapor, análise sísmica, etc. Em algumas áreas muito especializadas, onde a experiência de instituições nacionais não foi suficientemente comprovada, foram solicitados consultores externos, como os da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e da "Nuclear Regulatory Commission" (NRC) dos E.U.A.

A análise da CNEN, neste relatório, gerou cerca de 1500 perguntas, verdadeiro recorde, que originou o gasto de milhares de homens-hora de FURNAS, Westinghouse e Gibbs and Hill para respondê-las.

Este número excessivo de perguntas é justificado pelo fato de que a CNEN usou como base para a sua análise o Regulatory Guide 1.70 - "Standard Format and Content of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants" - revisão 1, preparado pela Nuclear Regulatory Commission (NRC) dos Estados Unidos, emitido na mesma época da elaboração do Relatório Preliminar de Análise de Segurança de Angra 1.

#### 4. APROVAÇÕES PARCIAIS PARA CONSTRUÇÃO

Três aprovações parciais para construção foram dadas pela CNEN com a finalidade de se evitar atraso no cronograma de construção. Estas autorizações parciais são permitidas pela própria Resolução CNEN 6/72, assim como o início de algumas atividades, independentemente

te da obtenção de autorização de construção. Estas atividades incluem exploração do local, preparação do local, construção de estradas de rodagem e linhas de transmissão, escavações e construções de escritórios e edifícios não relacionados com a Segurança.

A primeira aprovação parcial concedida pela CNEN foi para colocação de concreto seco fora dos contornos do leito natural da rocha, em maio de 1973.

A segunda aprovação parcial foi relativa à execução das fundações para os edifícios do Reator e de Segurança, em agosto de 1973.

A terceira e última aprovação parcial ocorreu em dezembro de 1973 e refere-se ao início da construção do Edifício do Reator.

##### 5. APROVAÇÃO FINAL PARA CONSTRUÇÃO

Após vários meses de discussões e debates entre o pessoal de FURNAS e CNEN e após todas as respostas às perguntas da CNEN terem sido consideradas satisfatórias, a CNEN expediu, em 2 de maio de 1974, a aprovação final para construção, com uma série de condicionantes que deveriam ser cumpridos por FURNAS antes da operação comercial da Usina.

Entre esses condicionantes estabelecidos é importante frisar a exigência de que o Relatório Final de Análise de Segurança, que deveria ser publicado por FURNAS para a obtenção da licença de operação da Unidade 1 da CNAAB, deveria ter o formato exigido pelo U.S. NRC Regulatory Guide - 1.70 - "STANDARD FORMAT AND CONTENT OF SAFETY ANALYSIS REPORTS FOR NUCLEAR POWER PLANTS", Revisão 1.



## **6. EMISSÃO DO RELATÓRIO FINAL DE ANÁLISE DE SEGURANÇA**

De acordo com a Resolução CNEN 6/72, FURNAS deveria apresentar à CNEN, pelo menos um ano antes do carregamento de combustível na Usina, um Relatório Final de Análise de Segurança, necessário para obtenção da licença de operação pela CNEN.

Baseado na experiência adquirida na elaboração do Relatório Preliminar de Análise de Segurança, seria mais viável para FURNAS colocar alguns de seus engenheiros trabalhando com a Westinghouse e Gibbs and Hill na elaboração deste relatório. Este procedimento foi seguido e o relatório apresentou um excelente nível, conforme declarações de técnicos da Westinghouse diretamente envolvidos na elaboração do mesmo.

Além disso, em obediência à Resolução CNEN-6/72 e à Resolução CNEN 6/73 - "Normas Básicas de Proteção Radiológica", FURNAS deveria submeter à CNEN um plano de emergência para a usina.

Este plano de emergência tem por objetivo o estabelecimento de ações protetoras e medidas corretivas a serem tomadas visando controlar e minimizar as conseqüências radiológicas ao pessoal, meio ambiente e às próprias instalações da usina no caso de ocorrer acidentes na mesma.

## **7. AUTORIZAÇÃO PARA OPERAÇÃO INICIAL**

De acordo com a Resolução CNEN-06/72, FURNAS deveria conseguir duas licenças específicas: Autorização para Operação Inicial e Autorização para Operação Permanente.

A primeira deveria ser conseguida antes do carregamento do núcleo.

As etapas necessárias para cumprir estes requisitos da CNEN foram tomadas por FURNAS:

- a) Os testes de partida, antes do carregamento do núcleo, foram executados e aprovados.
- b) A maioria das perguntas da CNEN ao Relatório Final de Análise de Segurança foi respondida.
- c) Várias revisões do Relatório Final de Análise de Segurança foram necessárias.
- d) A grande maioria de requisitos resultantes do Programa de Fiscalização da CNEN foi resolvido.
- e) Os exames escritos e orais dos operadores foram executados.

A respeito do treinamento dos operadores, FURNAS começou a desenvolver, desde o início da construção de Angra 1, um programa de treinamento, com a finalidade de preparar um grupo técnico para a operação segura da Usina e licenciá-lo junto à CNEN.

O planejamento do treinamento começou em 1971, seguido de um recrutamento de pessoal em 1972.

A filosofia geral seguida foi recrutar pessoal que já tivesse experiência em operação de usinas térmicas convencionais, encontrado principalmente na usina de Santa Cruz.

Com esta filosofia FURNAS conseguiu recrutar o pessoal necessário, atingindo bons resultados com custos mais reduzidos.

Em 1973, CNEN e FURNAS decidiram que o licenciamento de operadores deveria seguir as Normas ANSI-N-18.1-1971 - "Standards for Selection and Training of Personnel for Nuclear Power Plants" e "Part 55 Title 10 of Code of Federal Regulations".

Em setembro de 1979, a CNEN emitiu a Norma CNEN-NE-1.01" - Licenciamento de Operadores de Reatores de Potência", que estabelece os novos requisitos para este Licenciamento.

É importante salientar que FURNAS fixou, logo no início, requisitos adicionais como, por exemplo, a obrigatoriedade de curso superior em engenharia elétrica, mecânica, química ou nuclear para a função de Supervisores de Turno.

O Programa de Treinamento, baseado nos requisitos mencionados acima, começou em 1974 e se estendeu até o carregamento do núcleo, quando todos os treinandos estavam com a experiência necessária e o treinamento requerido. Cerca de 200 empregados participaram do Programa em mais de 30 cursos, a maioria no exterior, porque naquela época não tínhamos no país cursos deste tipo - simulador de usinas em operação.

Toda vez que foi possível, o treinamento foi feito no país, usando cursos já desenvolvidos por FURNAS, sendo utilizados também Universidades e Institutos de Pesquisa do País.

Treinamentos específicos, não disponíveis no país, foram em sua maioria contratados pela Westinghouse.

Foram visitadas diversas usinas nucleares americanas, normalmente por um período de um mês ou mais. O material básico da área nuclear foi obtido da NUS Corporation, que também deu consultoria na área de treinamento.

Desde fevereiro de 1980, Grupos de FURNAS foram submetidos a testes escritos e orais pela CNEN, para obter as Licenças de Operador de Reator e Operador Senior de Reator. A reciclagem de treinamento deste pessoal é feita anualmente.

Depois de cumpridas todas as etapas mencionadas acima, finalmente em 10/09/81 foi emitida a Autorização para Operação Inicial pela CNEN, o que permitiu a FURNAS realizar o carregamento do núcleo e continuar seu programa de testes.

Esta Autorização foi emitida com diversas condicionantes, grande parte delas para serem cumpridas até a obtenção da Autorização para Operação Permanente.

## 8. AUTORIZAÇÃO PARA OPERAÇÃO PERMANENTE

O período compreendido entre o carregamento do núcleo de Angra 1 (Setembro de 1981) até sua entrada em operação comercial (Janeiro de 1985) foi mais longo que o normal. Isto deveu-se ao fato da Usina ter apresentado, durante sua fase de testes, problemas com equipamentos convencionais como o condensador, os transformadores auxiliares e os geradores diesel de emergência. Entretanto o problema relevante que teve impacto no Licenciamento foi o que envolveu os geradores de vapor. Na Usina de Ringhals - Suécia, que possuiu geradores de vapor fabricados pela Westinghouse, do mesmo modelo que Angra 1, ocorreu em 1981 problemas de vibração dos tubos e sua ruptura. A Westinghouse decidiu pela necessidade de modificação de projeto dos Geradores de Vapor e identificou que este tipo de problema aparecia em potências superiores à 50%.

Angra 1 teve sua potência limitada a este nível de potência até a implementação da modificação nos Geradores de Vapor.

Com isto houve atraso considerável no programa de testes de Angra 1, o que obrigou a FURNAS a pedir prorrogação da Autorização para Operação Inicial por três vezes.

A primeira prorrogação foi dada em outubro de 1982, a segunda em novembro de 1983 e a terceira em novembro de 1984, que está em vigor até agora. Em dezembro de 1984 a CNEN reconheceu e considerou que Angra 1 terminou sua fase de testes e informou que a geração e o suprimento de energia elétrica até 100% de potência estão adequadas às condições da Autorização para Operação Inicial.

A Autorização para Operação Permanente não foi emitida até agora pela CNEN, pelo fato de FURNAS e aquela Comissão ainda estarem discutindo os resultados de alguns testes apresentados no Relatório Final de Comissionamento e tentando fechar ou programar o fechamento de algumas pendências relativas às condicionantes da Autorização para Operação Inicial.

Acreditamos que aquela Autorização será emitida nos próximos dias.

## 9. SISTEMA DE PROTEÇÃO AO PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO - SIPRON

Pelo Decreto-Lei 1.809, de 07.10.80, foi instituído o Sistema de Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro - SIPRON, com o objetivo de assegurar o planejamento integrado, coordenar a ação conjunta e a execução continuada de providências que visem a atender às necessidades de segurança do Programa Nuclear Brasileiro e de seu pessoal, bem como da população e do meio ambiente com ele relacionados.

Através do Decreto nº 85.565, de 18.12.80, o qual regulamenta o

Decreto-Lei acima mencionado, foi criada a Comissão de Coordenação da Proteção ao Programa Nuclear Brasileiro - COPRON, com a incumbência de assessorar a Secretaria Geral do Conselho de Segurança Nacional (SG/CSN), órgão central do SIPRON, no estudo e planejamento de assuntos abrangidos por aquele Sistema.

A COPRON é presidida pelo Chefe de Gabinete da SG/CSN, sendo composta pelos seguintes membros:

- . representante do Ministério das Minas Energia - MME
- . representante da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN
- . representante das Empresas Nucleares Brasileiras S.A. - NUCLEBRÁS
- . representante das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS
- . representante da Secretaria de Segurança e Medicina do Trabalho - SSMT/MTb
- . representante da Secretaria Especial de Defesa Civil SEDEC/MINTER
- . representante da Secretaria Especial do Meio Ambiente - SEMA/MDUMA

- . representante da Agência Central do Serviço Nacional de Informações - AC/SNI
- . representante da SG/CSN
- . adjunto da 4ª Subchefia da SG/CSN, que atua como Secretário do CDPRON.

A grande razão de termos mencionado o SIPRON, deve-se ao fato que, com sua criação, o processo de Licenciamento de Angra 1 foi facilitado, principalmente por suas normas definirem bem as responsabilidades de órgãos Governamentais, Estaduais e Municipais no apoio à FURNAS nas emergências.

#### 10. OUTRAS LICENÇAS EMITIDAS

Além das Autorizações mencionadas acima, outras atividades tiveram que ser licenciadas pela CNEN, como:

- a) Transporte e estocagem do combustível nuclear (dezembro de 1978 e janeiro de 1979)
- b) Planejamento de emergência (setembro de 1981)
- c) Diversas modificações das especificações técnicas, que consta do capítulo 16 do Relatório Final de Análise de Segurança - FSAR
- d) Diversas modificações de projeto, inclusive as surgidas como exigências após o acidente na Usina de Three Mile Island, nos Estados Unidos da América e a modificação de projeto dos Geradores de Vapor.

A Unidade 1 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto está sujeita também ao licenciamento de outras entidades Federais, Estaduais e Municipais, das quais podemos salientar a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), que acompanha os efeitos da Usina no meio ambiental nos aspectos não nucleares.

O licenciamento junto ao Ministério do Trabalho também é importante, pois este se preocupa fundamentalmente com a proteção dos trabalhadores de um modo geral.

## 11. CONCLUSÕES

A experiência de FURNAS, no licenciamento de Usinas Nucleares, mostrou que os seguintes pontos devem ser considerados no processo de Licenciamento de Usinas Nucleares:

- a) A existência de um grupo específico na concessionária, encarregado da Coordenação das atividades de licenciamento.
- b) A necessidade de um número frequente de reuniões entre a concessionária e o órgão licenciador, com a finalidade de reduzir o número de perguntas levantadas durante a análise dos documentos de licenciamento.
- c) O incentivo para que as normas necessárias para o licenciamento estejam disponíveis nesta época.
- d) A necessidade da concessionária possuir um suporte externo adequado em termos de consultores, de ligações com associações tipo INPO, NSAC e outros, através do recebimento das informações adequadas em tempo hábil, do apoio de órgãos Governamentais nos planejamentos de emergência e outros.



e) A necessidade da concessionária possuir em seus quadros, pessoal técnico especializado e capacitado, capaz de analisar todos os incidentes da Usina e sugerir as modificações necessárias, bem como as ações que devem ser tomadas para minimizar suas consequências.

Finalmente, é importante salientar que o estreito relacionamento técnico entre FURNAS e CNEN permitiu que o andamento do processo de licenciamento seguisse em condições normais com pouco impacto no cronograma de construção, para uma usina com projeto de 1971 e entretanto em operação comercial em 1985.

30.09.85