

NUCLEBRÁS

Empresas Nucleares Brasileiras SA

**INSTALAÇÕES DA NUCLEBRÁS PARA TESTES DE
COMPONENTES DE CENTRAIS NUCLEARES**

NUCLEBRÁS/CDTN - 488/84

Dezembro 1984

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR

CAIXA POSTAL, 1941 - 30.000 - BELO HORIZONTE - BRASIL

**EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A. - NUCLEBRÁS
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE REATORES**

**INSTALAÇÕES DA NUCLEBRÁS PARA TESTES DE COMPONENTES DE
CENTRAIS NUCLEARES**

**Ivan Padrão de Vasconcelos Paiva
Fernando de Avelar Esteves
João Augusto Leal Horta
Márcio Fernando Ribeiro de Resende
Ricardo Brant Pinheiro**

**Empresas Nucleares Brasileiras S.A. - NUCLEBRÁS,
Belo Horizonte**

**Trabalho apresentado no III Congresso Brasileiro de Energia (III CBE),
Rio de Janeiro, 08-11 de outubro de 1984**

**NUCLEBRÁS/CDTN - 488/84
Belo Horizonte - BRASIL
18 de dezembro de 1984**

SUMÁRIO

Abordam-se as razões que induziram o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, da NUCLEBRÁS, a implantar um laboratório de suporte aos fabricantes nacionais, facultando a estes, meio de realização de testes de desempenho de produtos industriais. Descrevem-se sucintamente as instalações de testes em implantação: o Circuito de Testes de Componentes, a Instalação de Testes em Condições de Acidente, e outras já em operação, bem como suas finalidades e características. Descrevem-se ainda alguns resultados de testes já realizados.

Abstract

The reasons for NUCLEBRÁS' Nuclear Technology Development Center to implement a laboratory for supporting Brazilian manufacturers, giving to them the means for performing functional tests of industrial products, are presented. A brief description of the facilities under construction: the Components Test Loop and the Facility for Testing N.P.P. Componentes under Accident Conditions, and of other already in operation, is given, as well as its objectives and main technical characteristics. Some test results already obtained are also presented.

ÍNDICE

	<u>P.</u>
SUMÁRIO	i
ABSTRACT	i
1. INTRODUÇÃO	2
2. CIRCUITO DE TESTES DE COMPONENTES (CTC)	2
2.1 Testes de Válvulas	2
2.2 Características Técnicas do Circuito	3
3. INSTALAÇÕES PARA TESTES EM CONDIÇÕES DE ACIDENTE	5
3.1 Instalação de Testes em Condições de Acidente (ITCA)	5
3.2 Instalação de Testes em Condições de Acidente para Componentes de Pequeno Porte (ITCA')	6
4. INSTALAÇÕES DE TESTES PARA VERIFICAÇÃO DO GRAU DE PROTEÇÃO CONTRA INGRESSO DE PÓ E DE LÍQUIDO (ITIP E ITIL)	6
5. TESTES DE QUALIFICAÇÃO JÁ REALIZADOS	6
6. RESUMO E CONCLUSÕES	8
LISTA DE TABELAS:	
Tabela 1: Principais Características Técnicas do CTC	3
Tabela 2: Principais Características Técnicas das Instalações ITCA e ITCA'	6
LISTA DE FIGURAS:	
Figura 1: Fluxograma Simplificado do CTC	4
Figura 2: Fluxograma Simplificado da ITCA	7
Figura 3: Foto da Instalação da ITCA'	8
Figura 4: Evoluções de Pressão e Temperatura Verificadas Durante Teste de Caixas de Junção	9
Figura 5: Teste em Atuador de Válvulas	10

1. INTRODUÇÃO

Os produtos de emprego na área nuclear são objeto de exigências de qualidade sem paralelo em outras áreas tecnológicas mais convencionais. Além da elevada segurança dos sistemas e equipamentos, alcançados pela observância de estritas medidas de projeto impostas aos projetistas pelos órgãos de licenciamento, os componentes devem apresentar um alto grau de confiabilidade, para que a operação da central não sofra paralisações devido a falhas de qualquer natureza.

É significativo o fato de que a paralisação de um dia no funcionamento de uma central nuclear do porte de 1.300 MWe ocasiona um lucro cessante de centenas de milhões de cruzeiros, cifra esta que justifica a realização de vultosos programas de Pesquisa e Desenvolvimento dirigidos para o aumento de confiabilidade dos seus componentes críticos.

A exemplo de países com tecnologia nuclear já implantada, o Brasil deverá montar uma infra-estrutura de suporte aos fabricantes nacionais de componentes, possibilitando a estes os meios de realização de ensaios exaustivos em produtos industriais, com vista à melhoria de sua qualidade e adequação à área nuclear.

Dentro deste espírito, a NUCLEBRÁS decidiu implantar o "Laboratório de Testes de Componentes", em seu Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear-CDTN, em Belo Horizonte, a partir de duas instalações prioritárias, sem similares no País, em fase de montagem:

- Circuito de Testes de Componentes (CTC), e
 - Instalação de Teste em Condições de Acidente (ITCA);
- e de outras de menor porte, já em operação:
- Instalação de Teste em Condições de Acidente para Componentes de Pequeno Porte (ITCA'), e
 - Instalações de Testes para Verificação do Grau de Proteção contra Ingresso de Pó (ITIP) e de Líquido (ITIL).

2. CIRCUITO DE TESTES DE COMPONENTES (CTC)

2.1 Testes de Válvulas

O item "válvulas" contribui com cerca de 4% do custo total de uma central nuclear.

Estatísticas demonstram que cerca de 4 a 5% do tempo total das paralisações não previstas em centrais norte-americanas do tipo a água leve pressurizada (PWR) são decorrentes diretamente de defeitos apresentados por este tipo de componente.

Também na R.F. da Alemanha, as primeiras centrais nucleares apresentaram frequentes problemas devido ao mau funcionamento de válvulas, o que levou a Siemens, então projetista das centrais, a construir instalações de testes. Para as centrais mais recentes da Alemanha, dentre 150 tipos de válvulas testadas, foi constatado que 55% não poderiam ser aplicadas em centrais nucleares nas condições de qualidade em que vinham sendo fornecidas. Após a realização de testes e implementação das recomendações decorrentes dos mesmos, este percentual se reduziu a 15%.

2.2 Características Técnicas do Circuito

O CTC destina-se a realizar uma série de testes em protótipos, ou válvulas de produção seriada em aço carbono, tais como:

- Controle de estanqueidade sob diversas condições de trabalho, inclusive sob tensões provenientes da dilatação das tubulações;

- Avaliação dos materiais empregados, projeto, facilidade de operação e manutenção;

- Medições hidráulicas e avaliação dos esforços de acionamento;

- Verificação de características e ajustes de válvulas de segurança, etc.

Conforme mostrado na Figura 1, o CTC compõe-se, principalmente, de: Circuito Principal, Sistema de Pressurização, Circuito Secundário, Sistemas Auxiliares e Instrumentação, bem como de uma Bancada de Testes.

As principais características técnicas desta instalação estão expostas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais Características Técnicas do CTC

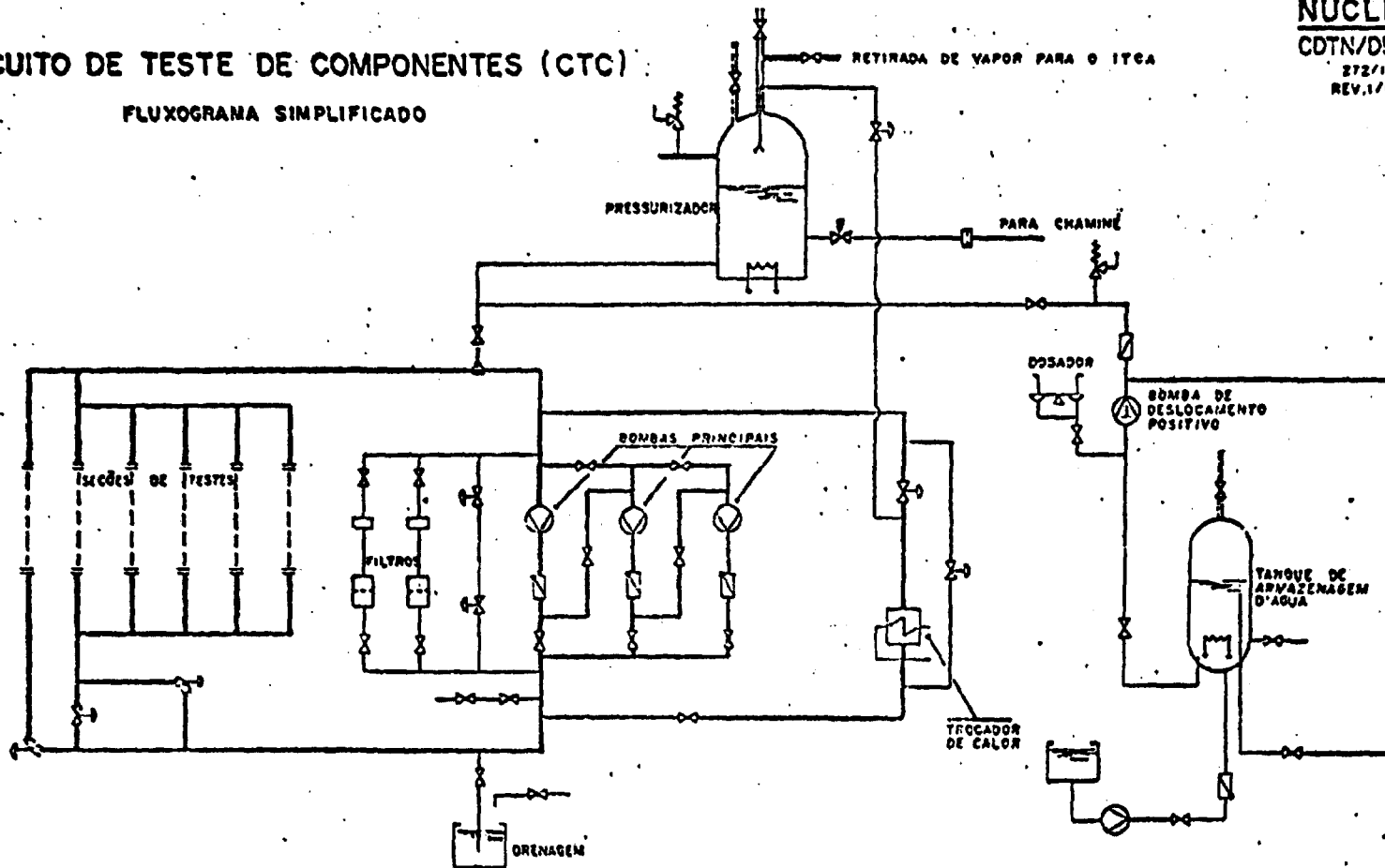
Material	Aço carbono	
Tubulação Principal	350 mm Ø	
Seções de Testes (6)	1x25 mm Ø	1x150 mm Ø
	1x50 mm Ø	1x250 mm Ø
	1x80 mm Ø	1x350 mm Ø
Bombas	3 bombas centrífugas, 2 estágios	
Motores Elétricos	3 motores CA, 750 CV cada	
Vazões/Recalque		
3 bombas em série (ΔP máx)	65 m ³ /h, $\Delta p = 1118$ m	
3 bombas em paralelo (V máx)	1455 m ³ /h, $\Delta P = 270$ m	
Pressão de Operação (máx)	120 atm	
Temperaturas de Operação (máx/min)	218°C/90°C	
Pressurizador		
Volume	3,5 m ³	
Aquecimento	152 kW	
Tanque de Armazenamento		
Volume	4,5 m ³	
Aquecimento	20 kW	
Água de Refrigeração		
Vazão	125 m ³ /h	
Temperaturas máx.	52°C; 41°C (Cond. Normais)	
min.	28°C	

O Circuito Principal é um sistema fechado de tubulações, com 6 Seções de Testes com diâmetros de 25 a 350 mm. Por meio de adaptações nestas seções, válvulas e componentes de diâmetros superiores a 350 mm poderão ser testados. As bombas principais, cujas vazões são reguladas por "by-pass", promovem a circulação do fluido através das seções de testes. As bombas poderão ser ligadas em série ou em paralelo, possibilitando, nas seções de testes, uma va

CIRCUITO DE TESTE DE COMPONENTES (CTC)

FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO

NUCLEBRÁS
CDTN/DETR. P D
272/12.90
REV.1/04.83



ITCA - INSTALAÇÃO DE TESTE EM CONDIÇÕES DE ACIDENTE

Figura 1. Fluxograma Simplificado do CTC

ta gama de vazões e pressões diferenciais:

O trocador de calor principal dissipa o calor gerado pelas bombas, mantendo constante, ou variando de maneira programada, a temperatura de operação. Sua localização, em uma cota superior à do circuito, permite a circulação natural, necessária para resfriar o circuito em condições anormais - falta de energia elétrica ou falha no conjunto de moto-bombas.

O Pressurizador a duas fases mantém constante a pressão de operação do circuito. A sua pressão de trabalho é promovida e regulada por meio de resistores elétricos situados na sua parte inferior.

O Pressurizador deverá também ser utilizado tanto para testar válvulas de segurança quanto para o fornecimento de vapor para outras instalações do laboratório, em especial para a Instalação de Teste em Condições de Acidente-ITCA.

O Circuito Secundário, provido de bombas e torre de resfriamento, arrefece o circuito primário, através de seus trocadores de calor. Um sistema de ar comprimido fornece ar para o acionamento das válvulas pneumáticas.

Instrumentação apropriada permite a operação automática do circuito, garantindo a constância dos parâmetros de operação (vazão, temperatura, pressão, etc.) durante os testes, mesmo os de duração prolongada. A operação manual também é possível a partir do painel de controle, onde os parâmetros de operação são indicados e, em parte, registrados.

A Instrumentação das Seções de Testes é montada separadamente, variando em função do tipo de ensaio a ser realizado, não fazendo parte do circuito propriamente dito.

Uma Bancada de Testes complementa a instrumentação necessária à realização dos testes. Fazem parte desta Bancada diversos acessórios, tais como detectores de vazamento, instrumentos para detecção e análise de vibrações, um dispositivo para exercer tensões e deformações sobre a carcaça das válvulas, dispositivos para medição de forças de acionamento por ocasião da atuação das válvulas nas condições de operação, etc.

3. INSTALAÇÕES PARA TESTES EM CONDIÇÕES DE ACIDENTE

Por determinação dos órgãos de licenciamento, no caso brasileiro a Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN, o projeto de uma central nuclear deverá estar condicionado a um acidente postulado, no qual há ruptura da tubulação principal do circuito primário do reator. Em consequência deste acidente hipotético, conhecido como "Acidente Base de Projeto", o refrigerante primário é liberado para a atmosfera contida no recinto do reator.

Mesmo nestas condições extremas, os componentes "vitais", instalados dentro da contenção do reator, deverão se manter em funcionamento, o que deve ser demonstrado "a priori", mediante a realização de testes de qualificação de protótipos.

3.1 Instalação de Testes em Condições de Acidente (ITCA)

Esta instalação destina-se a testar:

- Atuadores de válvulas do circuito primário da central,
- Caixas de junção de cabos,

- Penetrações de cabos na esfera de contenção,
- Instrumentos,
e outros componentes mecânicos, elétricos e eletrônicos.

A instalação será constituída basicamente de um vaso dentro do qual serão simuladas as condições reinantes na contenção de uma central nuclear durante e após um "Acidente Base de Projeto". O transiente inicial (elevação de temperatura e pressão) será conseguido pela súbita introdução de vapor, proveniente do pressurizador do CTC.

Na Figura 2 apresenta-se o fluxograma simplificado da instalação, e na Tabela 2 são dadas algumas características técnicas do vaso de teste.

Tabela 2. Principais Características Técnicas das Instalações ITCA e ITCA'

Vaso de Teste	ITCA	ITCA'
Material	Aço carbono	Aço carbono
Volume total [m ³]	4,3	0,7
Altura útil [m]	2,0	0,85
Diâmetro interno [m]	1,6	0,8
Aquecedores [kW]	4	50
Temperatura de teste máx. [°C]	180	180

3.2 Instalação de Testes em Condições de Acidente para Componentes de Pequeno Porte (ITCA')

Esta instalação (Figura 3) destina-se a cumprir essencialmente as mesmas funções da ITCA, para componentes cujo volume seja da ordem de 0,1 m³. Sua construção foi decidida devido à demanda imediata de testes de qualificação de componentes nacionais a serem utilizados em Angra-2/3.

O vapor introduzido no vaso da ITCA', para a obtenção das condições de teste, é suprido pelo pressurizador do Circuito Térmico Nº 1 (CT-1), em operação no Laboratório de Termohidráulica do CDTN. As principais características da instalação são indicadas na Tabela 2.

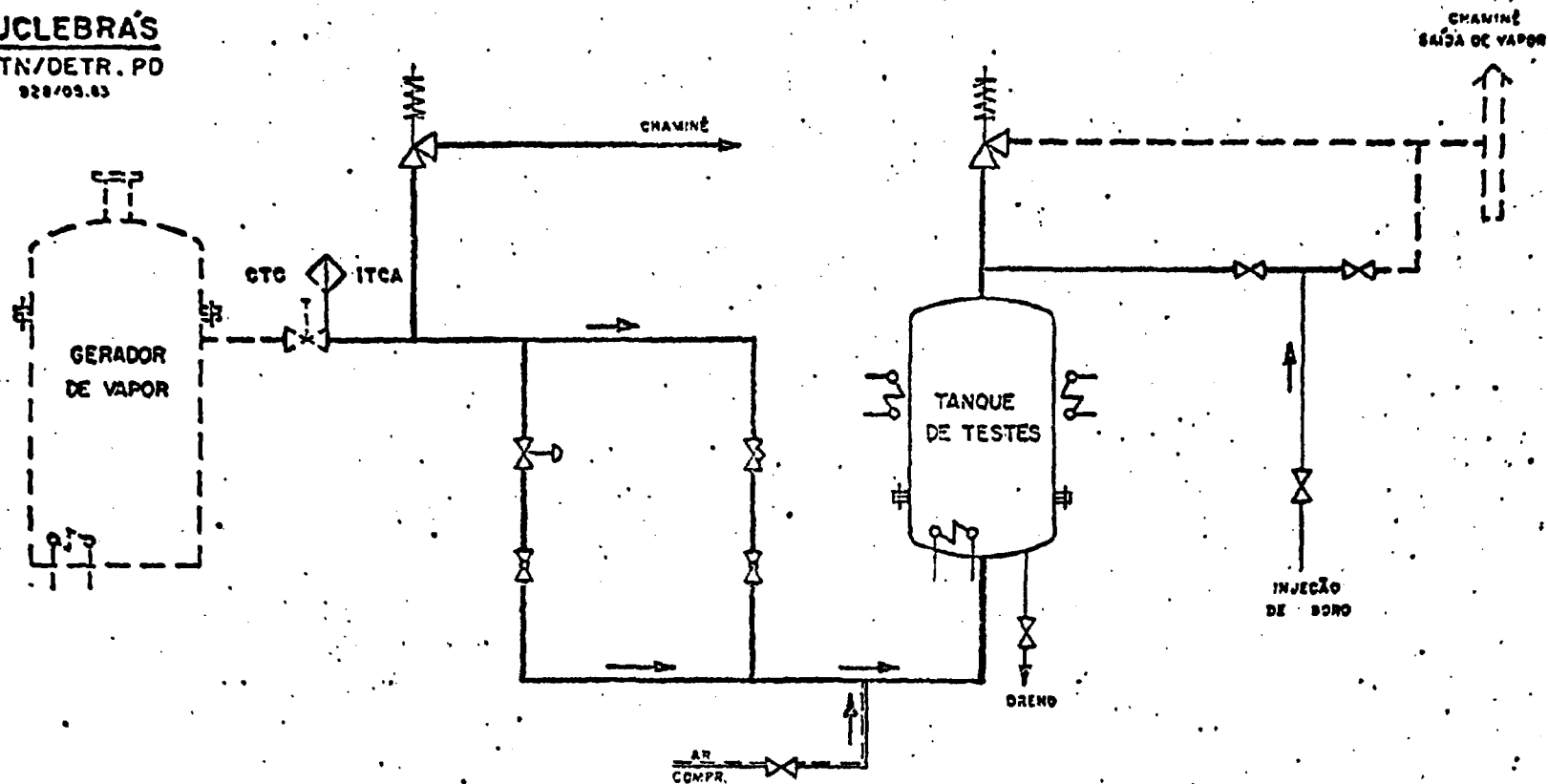
4. INSTALAÇÕES DE TESTES PARA VERIFICAÇÃO DO GRAU DE PROTEÇÃO CONTRA INGRESSO DE PÓ E DE LÍQUIDO (ITIP E ITIL)

Estes dispositivos foram projetados e construídos de acordo com especificações das normas DIN 40053, DIN 40052, EB-582 e MB-578, visando a realização de testes exigidos pela NUCLEN para qualificação de componentes.

5. TESTES DE QUALIFICAÇÃO JÁ REALIZADOS

Os primeiros testes de qualificação de componentes para utilização nas Centrais Nucleares de Angra-2/3 foram realizados em três protótipos de caixas de junção de cabos elétricos. A simula-

NUCLEBRÁS
CDTN/DETR. PD
928/03.83



INSTALAÇÃO DE TESTE EM CONDIÇÕES DE ACIDENTES (ITCA)

FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO

CTE - CIRCUITO DE TESTE DE COMPONENTES

Figura 2. Fluxograma Simplificado da ITCA

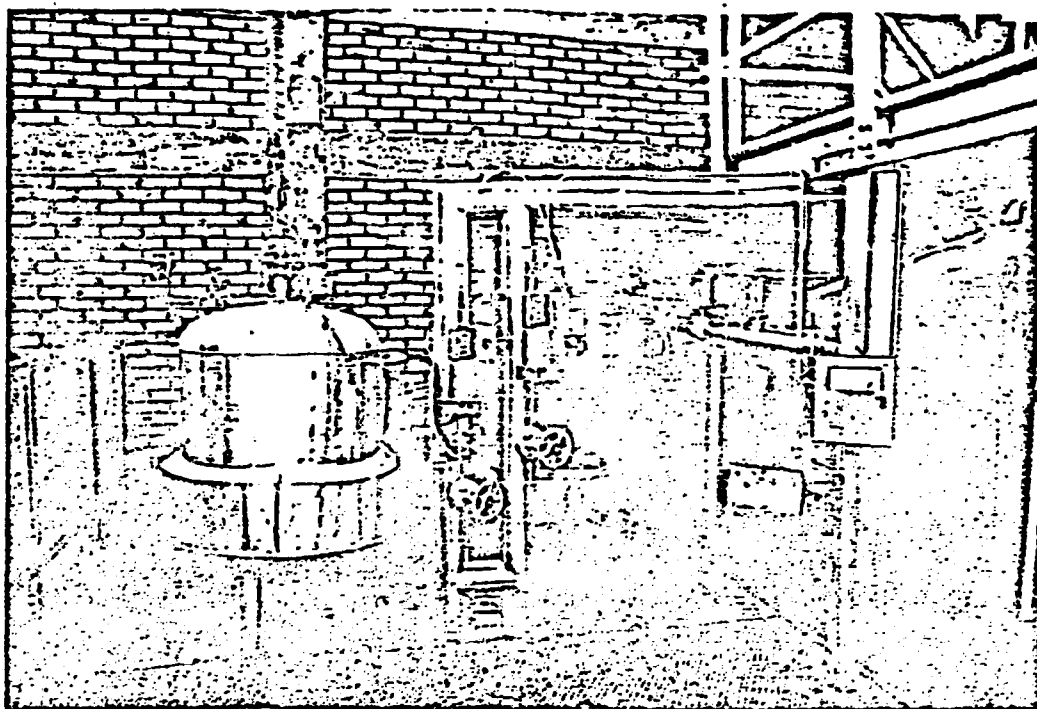


Figura 3. Foto da Instalação da ITCA'

ção do "Acidente Base de Projeto", principal etapa dos testes envolvendo a utilização da ITCA', consistiu na pressurização do vaso com vapor, seguindo uma curva de evolução de temperatura e pressão pré-estabelecida pela NUCLEN. A Figura 4 mostra o comportamento do sistema durante os testes, indicando o cumprimento das condições propostas, tendo em vista as tolerâncias indicadas na figura.

Outra etapa (envelhecimento térmico), também realizada no mesmo sistema, consistiu na exposição contínua dos protótipos por 192h, à temperatura de $120,0 \pm 2,3^{\circ}\text{C}$. Foram também realizados ensaios de verificação do grau de proteção contra ingresso de pó e de líquidos, ensaios elétricos, envelhecimento por irradiação, etc.

Foi ainda realizada uma série de testes de pré-qualificação em atuador elétrico de válvula para Angra-2/3. Os testes consistiram de simulação da vida útil por envelhecimento térmico e funcionamento e verificação das características operacionais e construtivas (Figura 5).

6. RESUMO E CONCLUSÕES

1) A exemplo dos países com tecnologia nuclear implantada, o Brasil está montando uma infra-estrutura de suporte em Pesquisa e Desenvolvimento, destinada a testar, desenvolver e qualificar componentes para o uso em instalações nucleares.

2) As instalações existentes, de menor porte, já foram aplicadas em testes de qualificação de caixas de junção de cabos elétricos para Angra-2/3 e na pré-qualificação de atuador de válvulas, apresentando ambos desempenho plenamente satisfatório.

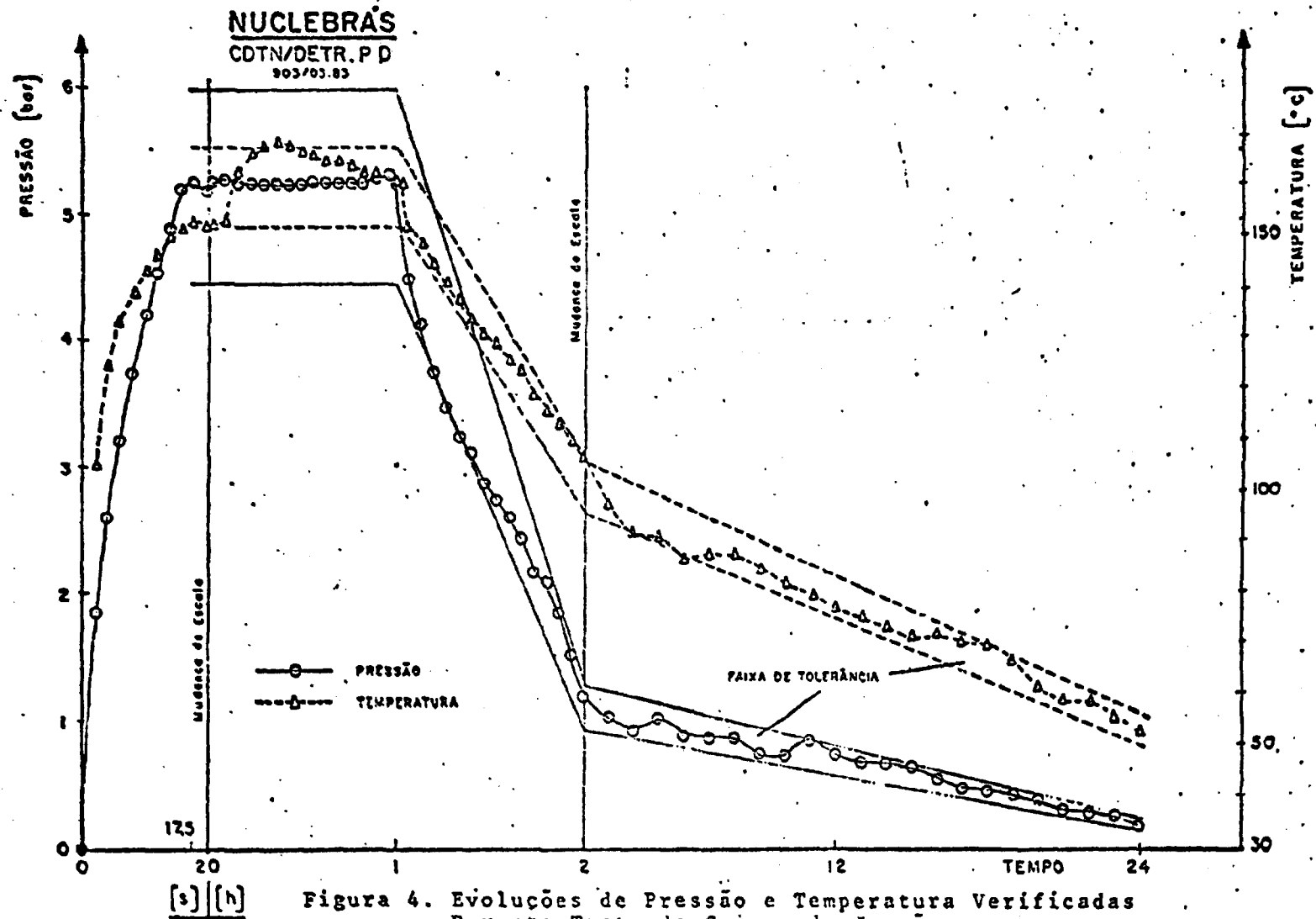


Figura 4. Evoluções de Pressão e Temperatura Verificadas Durante Teste de Caixas de Junção



Figura 5. Teste em Atuador de Válvulas

3) A operação dessas instalações traz benefícios tanto aos fabricantes como aos usuários dos produtos a serem testados, na medida em que promove:

- . aumento da confiabilidade em produtos industriais já em linha de fabricação no Brasil;
- . qualificação de novos produtos brasileiros, promovendo uma maior participação de fornecedores no Programa Nuclear Brasileiro;
- . aumento de segurança nas centrais nucleares brasileiras e em outras instalações que utilizem equipamentos similares àquelas a serem testados no CDTN.