



# I Congresso Geral de Energia Nuclear

Rio de Janeiro, 17 a 20 de Março de 1986

ANAIS - PROCEEDINGS

## SIMULAÇÃO DE EXPERIÊNCIAS DE DESPRESSURIZAÇÃO ATRAVÉS DO CÓDIGO TRAC-PD2.

Roberto Longo Freitas  
Thadeu das Neves Conti

Divisão de Termodinâmica e Termohidráulica  
Departamento de Tecnologia de Reatores-RT  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-  
IPEN-CNEN/SP  
SÃO PAULO - SP

### Sumário

Este trabalho apresenta a comparação do Código TRAC-PD2 com os resultados das experiências CANON e EDWARD'S PIPE, as quais simulam um acidente de Perda de Refrigerante Primário-APRP (LOCA) em reatores nucleares refrigerados à água leve pressurizada, através da despressurização de tubos horizontais contendo água à diferentes temperaturas e pressões. Os resultados desta comparação mostram que a evolução da pressão e da fração de vazio durante o transiente são analisados satisfatoriamente pelo Código TRAC-PD2.

### Abstract

The experiments CANON and EDWARD'S PIPE were intended to simulate the blowdown phase of a typical PWR loss-of-coolant accident by depressurizing horizontal tubes filled with water at different pressures and temperatures. In this work the computer code TRAC-PD2 was employed to model those experiments. The code results are in good agreement with the experimental data.

## 1 - OBJETIVO

Este trabalho apresenta a comparação do Código TRAC-PD2 com os resultados das experiências CANON e EDWARDS PIPE, as quais simulam um Acidente de Perda de Refrigerante Primário - APRP (LOCA) através da despressurização de tubos horizontais contendo água a diferentes temperaturas e pressões. A experiência consiste basicamente na ruptura instantânea de um dos lados da tubulação, sendo efetuados durante o transiente medidas de pressão, temperatura e fração de vázio.

## 2 - CÓDIGO TRAC-PD2

O Código TRAC-PD2 [1], desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Los Alamos, foi elaborado para analisar diferentes condições acidentais em reatores nucleares a água leve pressurizada. O Código TRAC-PD2 é baseado no modelo a dois fluidos (6 equações) tridimensional para o vaso de pressão e no modelo "Drift Flux" (5 equações) monodimensional para os demais componentes do circuito. Em ambos os modelos, o Código fornece um conjunto de equações constitutivas, dependentes do regime de escoamento do fluido, para as equações que descrevem a transferência de massa, quantidade de movimento e energia entre as fases vapor e líquido e a estrutura do sistema.

Uma importante característica do Código TRAC-PD2 é a capacidade de analisar completamente um APRP, isto é, simular as fases de despressurização, reenchimento e o remolhamento completo do núcleo do reator.

## 3 - EXPERIÊNCIAS SIMULANDO O ACIDENTE DE REFERÊNCIA

As experiências básicas realizadas para simular um APRP possuem, na maioria das vezes, um enfoque puramente analítico, isto é, apresentam características suficientemente simples e precisas, visando conhecer a influência dos diferentes parâmetros (por exemplo: pressão, vazão, temperatura dos elementos combustíveis, esforços sobre a estrutura) ao longo dos violentos transientes encontrados. Consequentemente, os resultados destes estudos não podem ser utilizados para justificar a segurança dos reatores nucleares, mas servem, juntamente com todo o conhecimento acumulado anteriormente, a ajustar os programas de cálculo existente e/ou a escrever novos modelos susceptíveis de melhor descrever os fenômenos físicos encontrados.

É bastante extensa a literatura sobre experiências de despressurização enfocando o acidente de referência. Praticamente, para a realização deste trabalho identificou-se os experimentos representativos dos diversos fenômenos que podem ser dominantes durante as condições de acidentes como, por exemplo, a geração de vapor, o efeito das fases separadas e o escoamento crítico, onde as experiências CANON [2] e EDWARDS PIPE [3] tem um papel importante neste estudo.

Estas experiências simulam o transiente de despressurização de uma central nuclear através do rompimento de um dos lados de um tubo horizontal cheio de água, estudando o comportamento temporal da pressão, fração de vázio, temperatura e força de recuo do tubo. As condições iniciais de operação de cada experiência são dadas na tabela 1.

## 4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

A simulação das experiências CANON [4] e EDWARDS PIPE para diferentes condições iniciais do Código TRAC-PD2 totalizam aproximadamente 80 comparações. Levando-se em conta a disponibilidade de espaço, é evidente que apenas os resultados mais representativos serão apresentados.

A evolução temporal da fração de vazio e da pressão comparadas com a simulação feita pelo Código TRAC-PD2 é mostrada nas figuras 1 a 4. Estes resultados, numa primeira aproximação, são considerados satisfatórios.

Ressalta-se todavia, que em ambos os testes o Código superestima sistematicamente os resultados de fração de vazio conforme é mostrado nas figuras 1 e 2. Resultados semelhantes para os testes CANON também foram obtidos por Saha e Sanborn [5] e por Lekach [6] através da simulação feita com a versão TRAC-PIA [7].

Como pode ser visto nas figuras 3 e 4 o Código subestima os dados experimentais de pressão durante o transiente. Visto que a pressão é controlada pela razão de geração de vapor e pelo escoamento crítico na saída da seção de testes nos experimentos analisados, a diferença é coerente e atribuída, em primeira análise, aos modelos existentes no Código que não retratam convenientemente os fenômenos dominantes durante o transiente.

Em vista disto, uma modelagem mais significativa da razão de geração de vapor e do escoamento crítico na saída da tubulação deve ser introduzida no Código.

De uma forma bastante consistente, o Código TRAC-PD2 consegue avaliar corretamente o início e o fim do violento transiente de depressurização para as experiências propostas.

## 5 - CONCLUSÕES

As experiências de depressurização CANON e EDWARDS PIPE que representam o Acidente de Perda de Refrigerante Primário em reatores nucleares a água leve pressurizada, foram simuladas pelo Código TRAC-PD2.

A evolução experimental da fração de vazio e da pressão tiveram o seu comportamento satisfatoriamente analisado pelo Código, porém uma modelagem mais apurada quanto aos termos de razão de geração de vapor e do escoamento crítico na saída da tubulação devem ser revistos, a fim de que o transiente de depressurização possa ser mais realisticamente estudado.

Potencialmente, o Código TRAC-PD2 é capaz de simular experiências básicas de depressurização, necessitando contudo validá-lo em experiências globais mais complexas antes da sua aplicação na análise de acidentes em centrais nucleares.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] TRAC-PD2: An advanced best estimate computer program for pressurized water reactor loss-of-coolant accident analysis. Los Alamos National Laboratory, abril 1981 (LA-8709-MS).
- [2] RIEGEL, B. Compte rendu des essais a 150 bar. Experience Super Canon. Grenoble, CENG, 1979 (TT/SETRE/79-2-B/BR).
- [3] EDWARDS, A.R. & O'BRIEN, J.B. Studies of phenomena connected with the depressurization of water reactors. J. Brit. Nucl. Energy Soc., 2 : 125-35, 1970.
- [4] CONTI, T.N. & FREITAS, R.L. Aplicação do Código TRAC-PD2 na simulação da experiência CANON. In: FÍSICA DE REATORES. 5º Encontro Nacional de ... in Rio de Janeiro, 10-12 abril 1985, v. 2, ST-15, Rio de Janeiro, 1985, p. 808-17.
- [5] SAHA, P. & SANBORN, Y. Independent assessment of TRAC-PIA with Super CANON blowdown tests. Trans. Am. Nucl. Soc., 35: 306-07, 1980.
- [6] LEKACH, S.V. Calculation of the Canon experiment using the TRAC code. Trans. Am. Nucl. Soc., 34: 455-56, 1980.
- [7] TRAC-PIA: An advanced best-estimate computer program for PWR LOCA

analysis. Los Alamos National Laboratory, may 1979 (LA-7777-MS).

Tabela 1 : Condições iniciais das experiências de despressurização

Experiência	Pressão (bar)	Temperatura (°C)	Diafragma (mm)	Comprimento (m)
CANON	32 - 150	200 - 300	30-50-70-100	4,389
EDWARDS PIPE	69 - 103	241 - 285	73,2	4,096

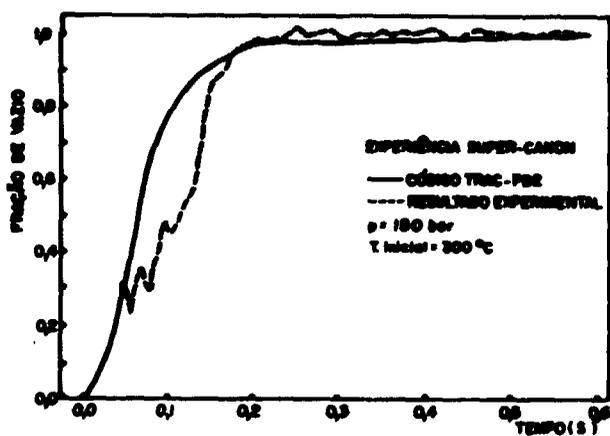


FIGURA 1. Evolução do fração de vazio. Abertura total do tubo: 100 mm

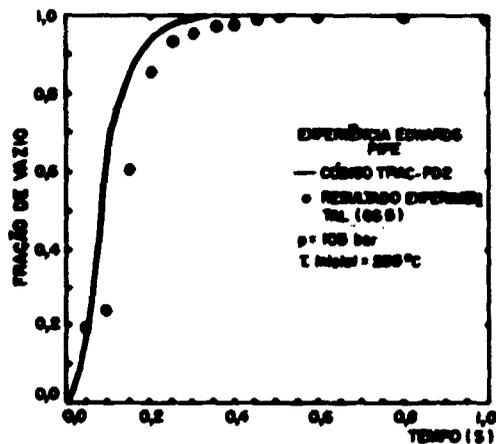


FIGURA 2. Evolução do fração de vazio

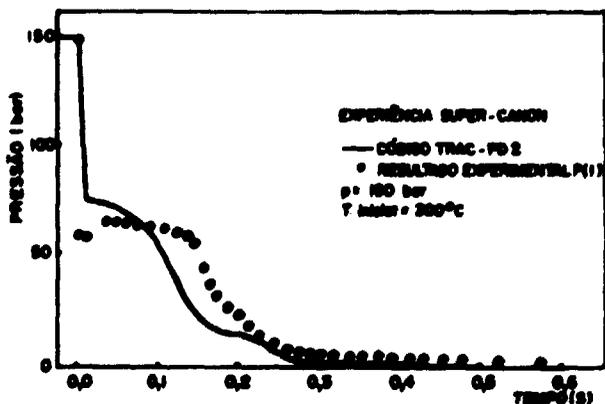


FIGURA 3. Evolução da pressão. Abertura total do tubo: 100 mm

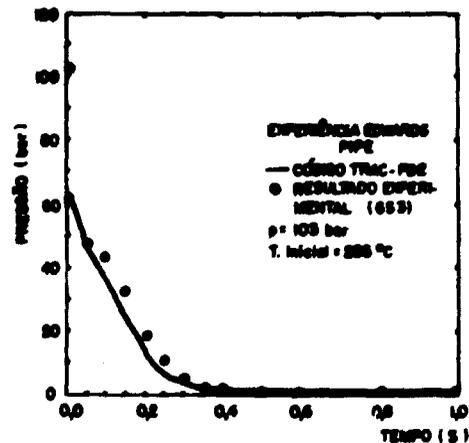


FIGURA 4. Evolução da pressão