

# DISTRIBUIÇÃO DE VAZÃO NO NÚCLEO DO REATOR DE PESQUISAS IEA-R1

Walmir Maximo Torres

Pedro Ernesto Umbehaum

Benedito Dias Baptista Filho

José Carlos de Almeida

José Antônio Batista Souza

Davilson Gomes da Silva

PRODUÇÃO TÉCNICO CIENTÍFICA  
DO IPEN  
DEVOLVER NO BALCÃO DE  
EMPRÉSTIMO

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN  
Travessa R, 400 – Cidade Universitária  
CEP. 05508-900 – São Paulo, SP, Brasil  
e-mail: wmtorres@net.ipen.br

*Resumo.* Foi desenvolvido um modelo físico (DMPV-01) do elemento combustível (EC) com instrumentos para verificar a distribuição de vazão no núcleo do reator nuclear de pesquisas IEA-R1 do IPEN-CNEN/SP. O modelo DMPV-01 foi construído em alumínio e possui tomadas de pressão estática na região de entrada e no bocal de saída, e de pressão dinâmica no bocal de saída. Ele foi instalado na Bancada de Aferição de Vazão (BAV) do Laboratório de Termo-Hidráulica do IPEN-CNEN/SP onde foi obtida uma curva de calibração que relaciona a vazão com a queda de pressão. As medidas da pressão dinâmica e da pressão estática no bocal de saída permitem obter a velocidade de escoamento no centro do bocal, servindo como uma medida adicional para a confirmação da vazão. O DMPV-01 foi utilizado para medir a vazão em 4 posições do núcleo do reator IEA-R1. Os resultados mostraram que a distribuição de vazão no núcleo é bem uniforme. Contudo, as vazões medidas foram menores que as até então estimadas. Investigações complementares acusaram um desvio no sistema de medida de vazão do reator. Foram também realizadas medidas para verificar a influência que os irradiadores de amostras presentes no núcleo impõem à vazão dos EC's. Os resultados mostraram que alguns irradiadores desviam uma parcela considerável de vazão sendo conveniente seu redimensionamento.

*Palavras-chave:* distribuição de vazão, reatores de pesquisa e análise de segurança de reatores

## 1. Introdução

A maioria dos reatores nucleares de pesquisa utiliza elementos combustíveis (EC's) de placas planas, tipo MTR (Materials Testing Reactors) em seu núcleo. O reator nuclear de pesquisas IEA-R1 (Fig. 1), em operação no IPEN-CNEN/SP desde 1957, utiliza EC's formados por 18 placas combustíveis fixas em duas placas suportes laterais que fecham o elemento, formando 17 canais de escoamento. Dentro desses canais esco a água desmineralizada do circuito primário que atua como moderador para a reação de fissão nuclear e também remove o calor gerado, transferindo-o para um circuito secundário. A operação segura do reator, que tem como potência térmica máxima 5 MW, depende da garantia que se tem da remoção desse calor. Isso é assegurado mantendo-se margens de segurança adequadas ao resfriamento do núcleo para qualquer situação operacional. Essas margens (DNBR, ONB, temperatura máxima no revestimento, temperatura limite para corrosão do revestimento, etc.) são verificadas no que se chama "análise termo-hidráulica" do núcleo. Para esse tipo de combustível essa análise é relativamente simples, e depende do conhecimento da vazão nos elementos combustíveis, uma vez que não há redistribuição de escoamento entre eles. A vazão entre elementos adjacentes também é importante nessas análises porque é responsável por uma parcela do resfriamento das placas combustíveis laterais. De um modo geral, a vazão nos elementos combustíveis e entre elementos são estimadas com base em relações de áreas de escoamento e de quedas de pressão, medidas ou estimadas com base em correlações da literatura, nas várias regiões de passagem do núcleo, como por ex.: EC's, canais entre EC's, irradiadores de amostras, furos secundários da placa matriz, etc. Essas estimativas são, por vezes, pouco precisas devido às incertezas envolvidas nas correlações utilizadas nos cálculos e na complexidade geométrica. Portanto, a medida da vazão e sua distribuição no núcleo são importantes para uma análise termo-hidráulica com menor grau de incerteza, e consequentemente com maior segurança. O objetivo principal deste trabalho é apresentar as etapas do desenvolvimento e a utilização do modelo físico de um EC com instrumentos, denominado DMPV-01, que permite medir a vazão nos EC's em diversas posições do núcleo do reator IEA-R1. A influência de alguns elementos de irradiação presentes no núcleo na vazão dos demais EC's também foi verificada usando o modelo. Na seção 2 são apresentados alguns dados construtivos e desenhos do DMPV-01, além de informações sobre a sua calibração numa bancada experimental. A seção 3 apresenta as medidas de vazão efetuadas no núcleo do reator IEA-R1 usando o DMPV-01, assim como as condições experimentais em que foram realizadas, além da análise dos resultados obtidos. As principais conclusões do trabalho são apresentadas na seção 4.

8454

## 2. Desenvolvimento e Calibração do Modelo DMPV-01

O DMPV-01, construído por Lima et al (2000), é um modelo em escala 1:1 do EC. Foi construído totalmente em Al, ou seja, sem combustível nuclear. É idêntico aos demais EC's utilizados no núcleo do IEA-R1. Foram feitas pequenas modificações no projeto original de fabricação de combustíveis para introduzir algumas peças adicionais, necessárias para a fixação dos tubos com as tomadas de pressão estática e dinâmica.

As tomadas de pressão foram feitas com tubos de aço inoxidável de diâmetro  $\phi=2,5\text{mm}$  e espessura de parede  $e=0,25\text{ mm}$ . Esse diâmetro possibilita que o tubo seja conduzido internamente aos canais entre placas, cuja largura média é de 2,89 mm. Devido a esse diâmetro reduzido, esses tubos interferem muito pouco no escoamento. A Fig. (2) mostra detalhes dos tubos com as tomadas de pressão e sua instalação no DMPV-01. As tomadas de pressão estática possuem 2 furos de  $\phi=1\text{mm}$  diametralmente opostos. O tubo onde se encontra a tomada de pressão estática P1 tem forma de U para permitir seu posicionamento na região média entre a placa lateral e o pino de sustentação do elemento, com sua extremidade voltada para cima, interferindo o mínimo possível na velocidade de escoamento na região de entrada do modelo. O pino de sustentação teve seu projeto original modificado para permitir remoção e para possibilitar a montagem e desmontagem dos tubos.

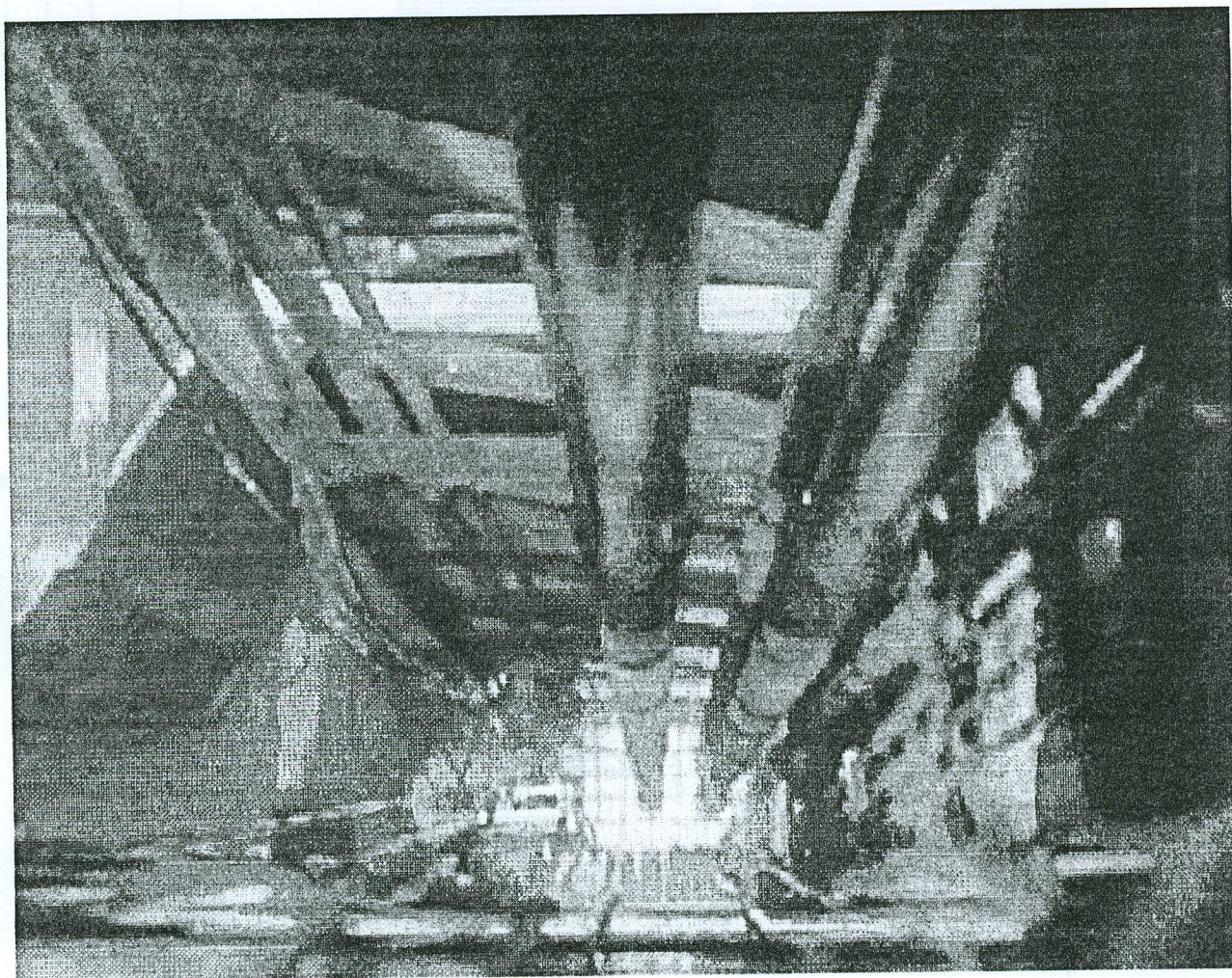


Figura 1 - Núcleo do Reator IEA-R1.

Os experimentos para levantamento da curva de calibração do DMPV-01 (Torres, 2001) foram realizados na BAV. As medidas de vazão foram feitas usando uma placa de orifício calibrada (D38), mostrada na Fig. 3. A calibração dessa placa foi feita usando a técnica de reservatório aferido e cronômetro. A queda de pressão na placa de orifício foi medida por transmissor de pressão diferencial calibrado. A Fig. (3) ilustra a BAV adaptada para realizar a calibração da placa de orifício, enquanto que a Fig. (4) mostra a curva ajustada aos dados experimentais e a equação de calibração obtida.

Após a obtenção da curva de calibração da placa D38, a BAV foi modificada para a realização da calibração do DMPV-01. A Fig. (5) mostra, esquematicamente, a montagem da Seção de Testes para Ensaios de Perda de Carga no Núcleo (STEPCN com o DMPV-01), além dos transmissores de pressão diferencial. Nos testes de calibração do

DMPV-01 a vazão no circuito foi proporcionada pela bomba do circuito. A Fig. (6) mostra o esquema de ligação elétrica dos transmissores de pressão diferencial TPD1, TPD2 e TPD3.

A Fig. (7) mostra a curva de calibração obtida a partir destes resultados experimentais. A Fig. (8) apresenta uma comparação entre a velocidade de escoamento no centro do bocal calculada a partir da diferença de pressões dinâmica e estática (tubo de Pitot) e a velocidade média calculada com base na vazão fornecida pela placa de orifício D38. Pode-se observar a boa concordância entre os resultados (~4,5% na faixa de vazão de interesse), habilitando a medida feita com o tubo de Pitot como uma medida redundante de vazão para o DMPV-01 quando este for usado no núcleo do reator IEA-R1 para medir a distribuição de vazão.

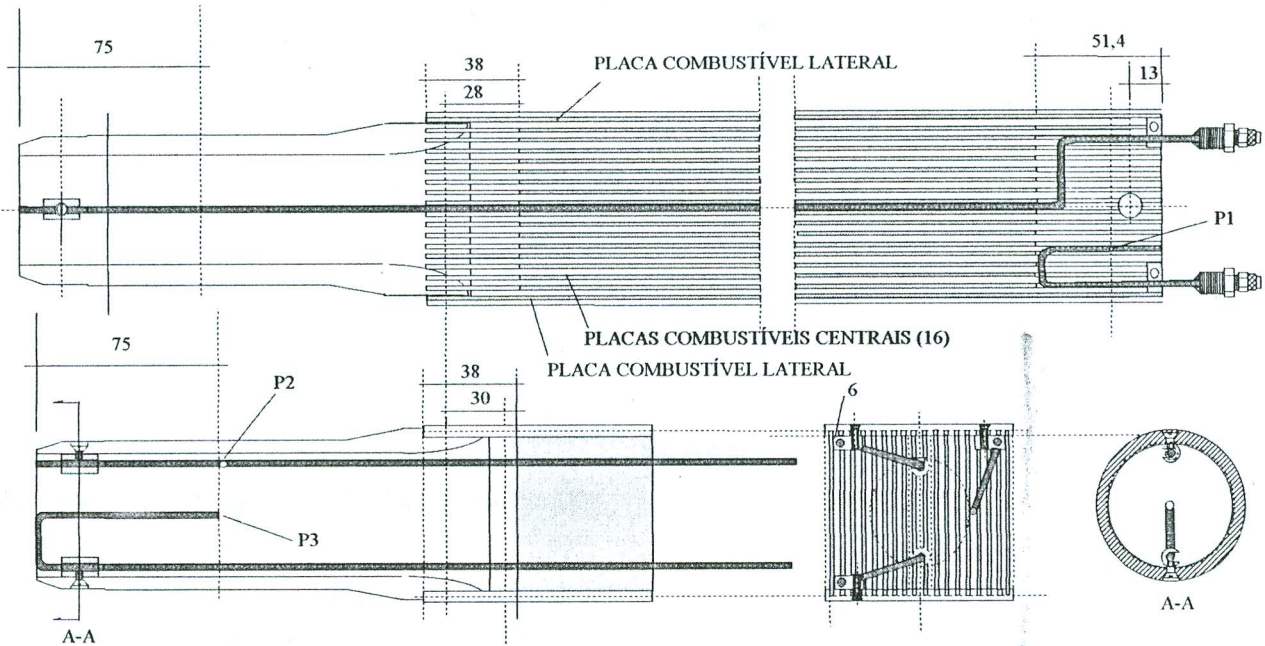


Figura 2 – Desenho simplificado do DMPV-01 com as tomadas de pressão P1, P2 e P3.

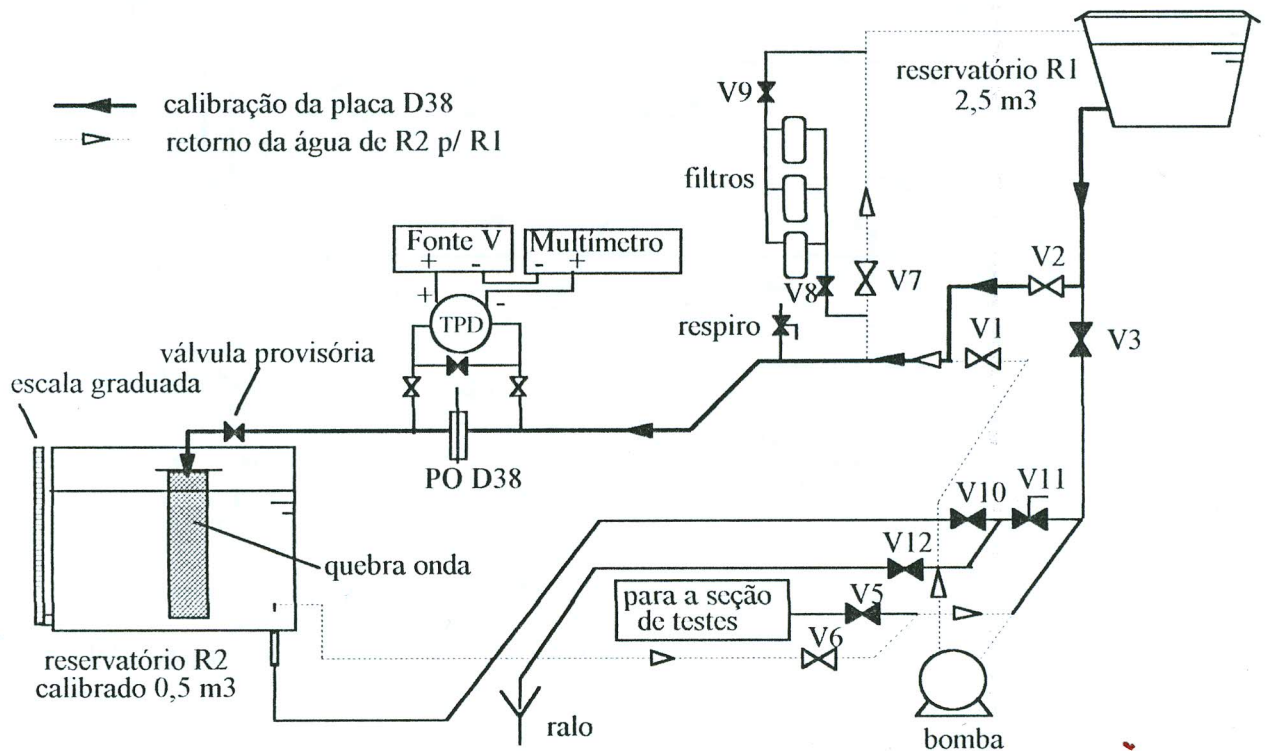


Figura 3 – BAV adaptada para a calibração da placa de orifício D38.

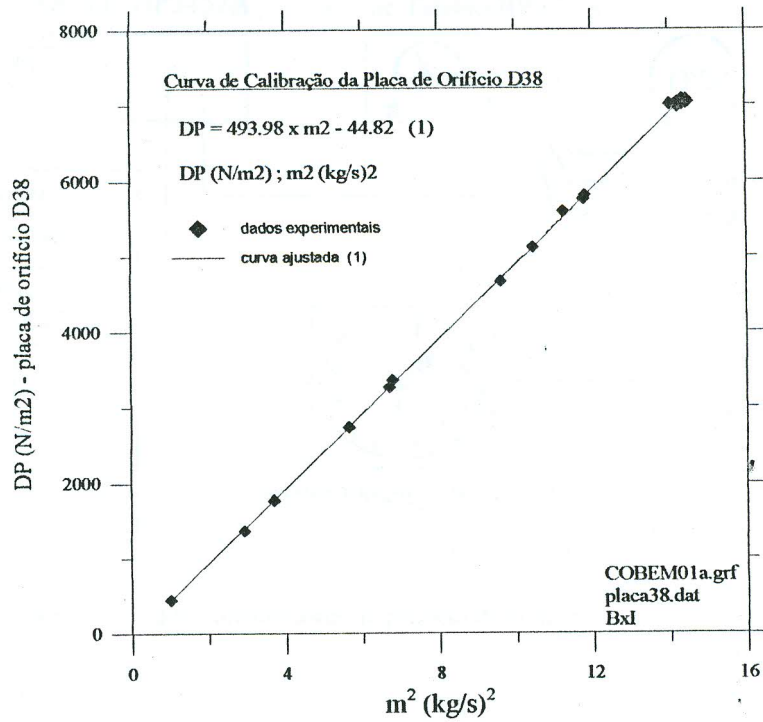


Figura 4 – Curva de calibração da placa de orifício D38.

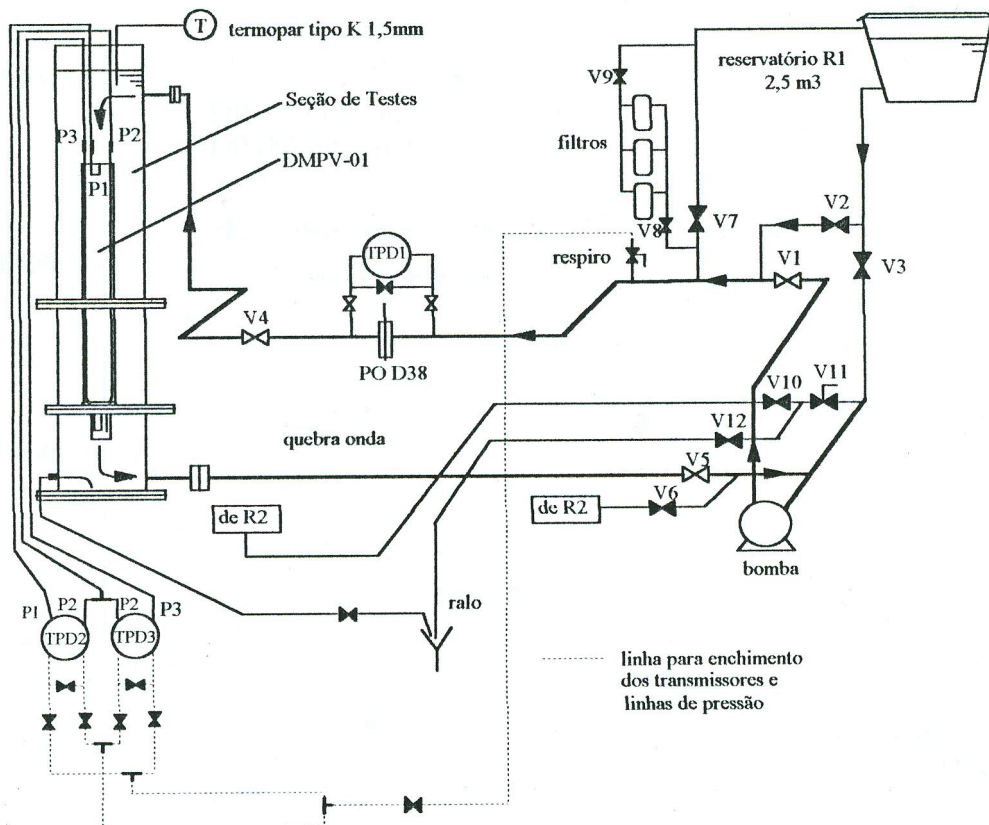


Figura 5 – BAV adaptada para experimentos com DMPV-01.

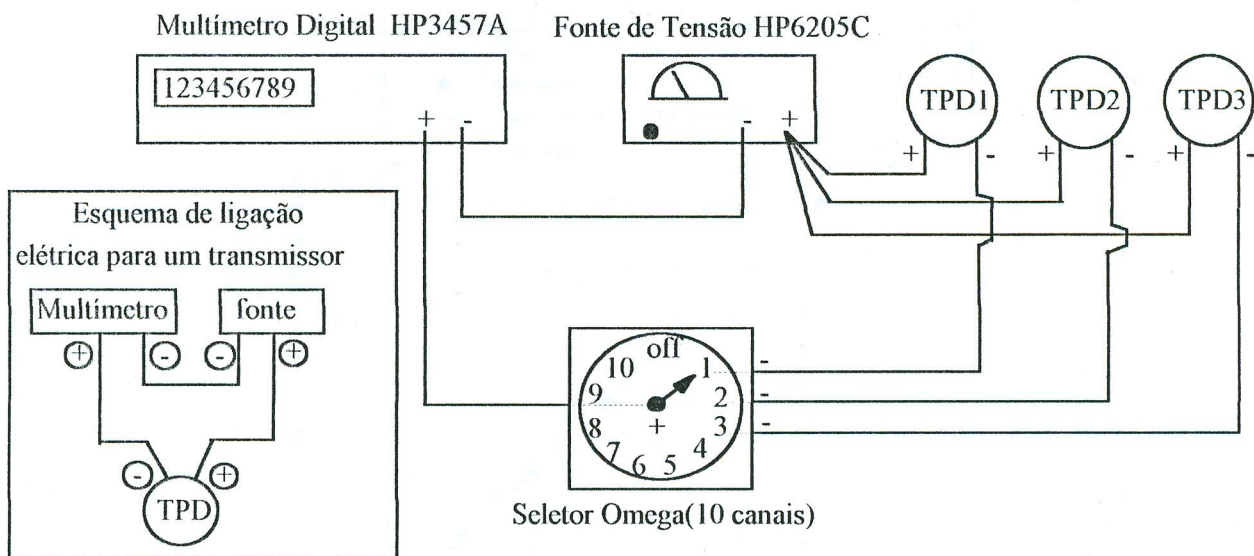


Figura 6 – Esquema de ligação elétrica dos transmissores de pressão diferencial.

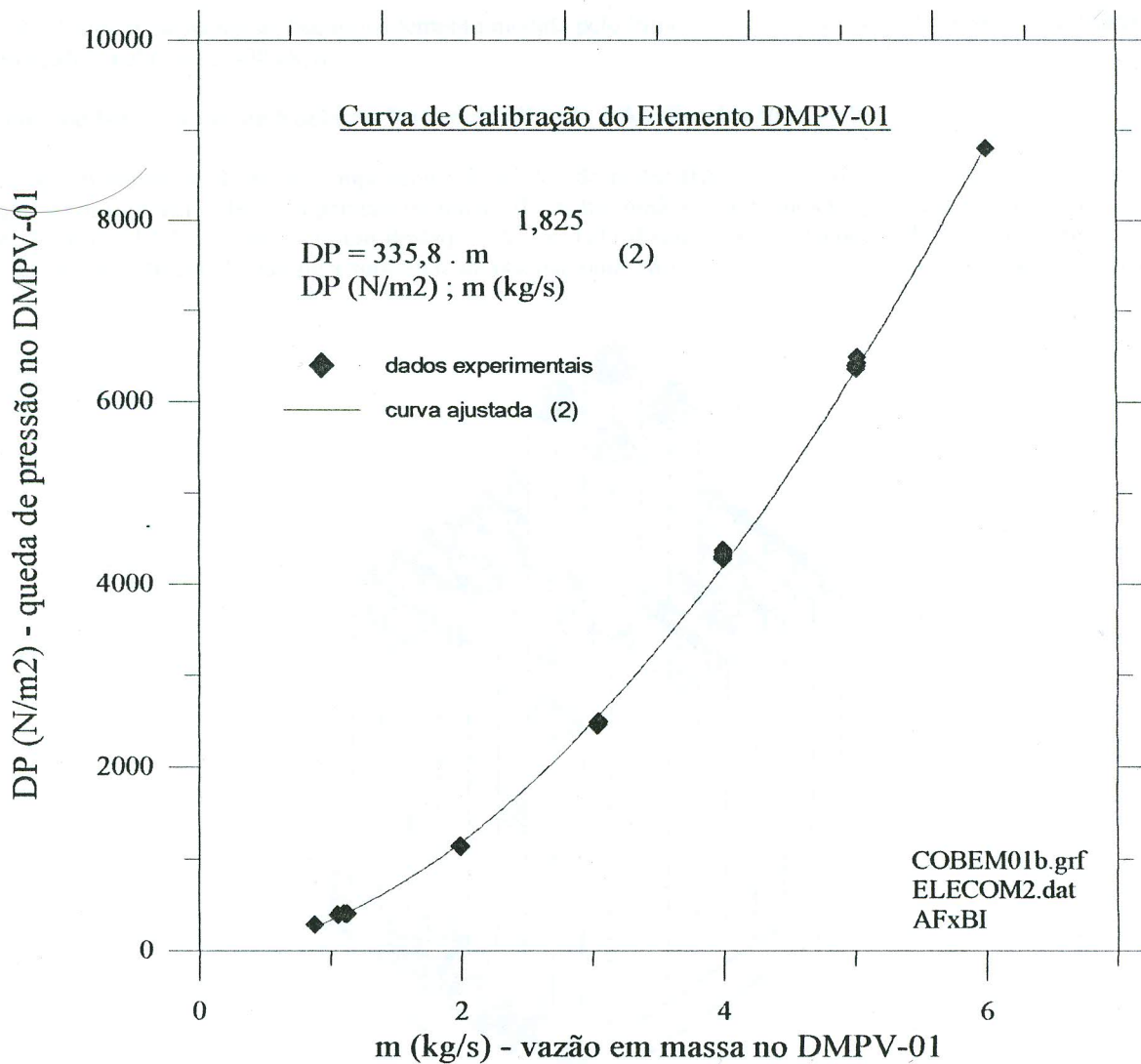


Figura 7 – Curva de calibração do DMPV-01 - DP (N/m<sup>2</sup>) x m<sup>n</sup> (kg/s).

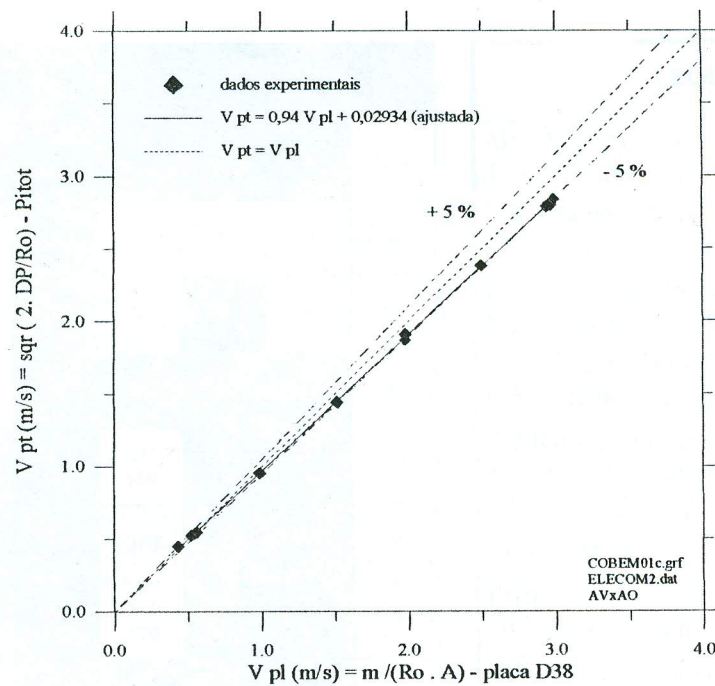


Figura 8 – Velocidade média no bocal do elemento medida pelo Pitot ( $V_{pt}$ ) versus velocidade no bocal calculada usando a vazão medida pela placa D38 ( $V_{pl}$ ).

### 3. Medida de Distribuição de Vazão no Núcleo do IEA-R1 e Análise dos Resultados

A Fig. (9) mostra os diversos componentes do núcleo do reator IEA-R1 (foto da Fig. 1), enquanto que a Fig. (10) apresenta a configuração 210a de operação do núcleo do reator, onde os elementos substituídos pelo DMPV-01 (EC153, EC169, EC170 e EC152), aparecem em destaque. A Fig. (11) ilustra o posicionamento do DMPV-01 no núcleo e as linhas de pressão, encaminhadas até a superfície da piscina, onde são ligadas a transmissores de pressão diferencial.

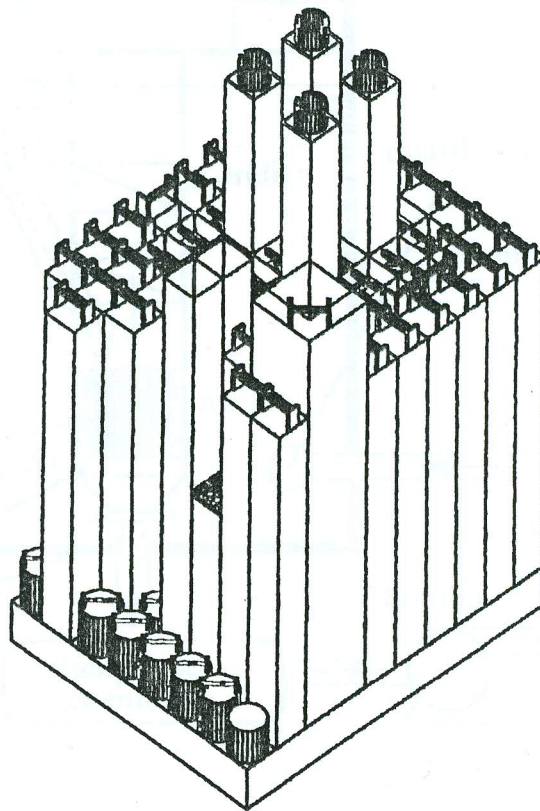


Figura 9 – Desenho em perspectiva do núcleo do reator IEA-R1 com seus vários componentes.

$\Delta P$	T.D.	T.D.	T.D.	T.D.	T.D.	T.D.	T.S.
T.S.	T.S.	T.S.	T.S.	T.S.	T.S.	T.S.	LIN
R	T.S.	R	EIRA	R	R	R	R
EIS	EIS	R	EIRA	R	GI	R	CF
EIS	EIS	EC 153	EC 168	EC 156	EC 160	EC 150	R
R	EIGRA I	EC 158	ECT 166	EC 169	ECT 180	EC 171	EIF
R	R	EC 164	EC 161	EIBE	EC 162	EC 163	R
R	EIGRA II	EC 159	ECT 179	EC 170	ECT 167	EC 154	R
S2	R	EC 152	EC 155	EC 157	EC 165	EC 151	S3
R	R	R	R	R	R	R	R

LEGENDA	
$\Delta P$	= Medida de queda Pressão no núcleo
T.D.	= tampão duplo ou plugue duplo
T.S.	= tampão simples ou plugue simples
LIN	= canal linear de medida de potência
R	= refletor de grafite
EIRA	= elemento de irrad. resfriado a água
CF	= câmara de fissão
EIS	= elemento de irradiação de Silício
EIGRA	= elemento de irradiação de grafite
S2 e S3	= detectores de neutrons
EC	= elemento combustível
ECT	= elemento combustível de controle
EIBE	= elemento de irradiação em Berílio
GI	= guia de irradiação
EIF	= elemento de irradiação de fios

Figura 10 – Configuração 210a de operação do núcleo do reator IEA-R1; DMPV-01 nas posições 153, 169, 170 e 152

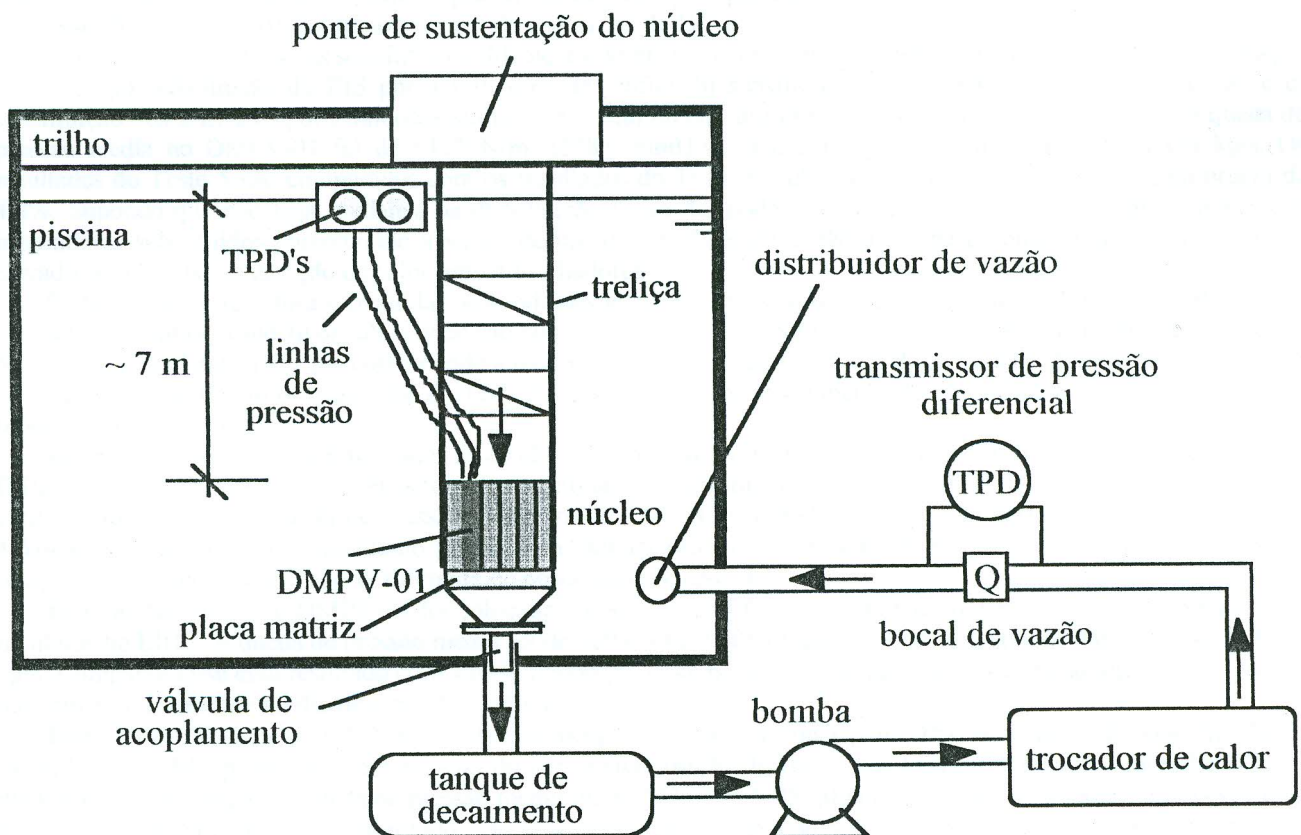


Figura 11 – Desenho simplificado do circuito primário do Reator IEA-R1 mostrando o núcleo e o DMPV-01.

O circuito primário do reator IEA-RI é constituído basicamente pela piscina, núcleo, tubulações, bombas, tanque de decaimento, trocadores de calor e distribuidor. Para exemplificar o seu funcionamento, a Fig.11 apresenta apenas um dos circuitos. A bomba circula água da piscina através do núcleo, retirando o calor gerado pela reação nuclear. Após isso, a água aquecida passa pelo tanque de decaimento para diminuir a atividade radioativa do N16 e é enviada para um trocador de calor que transfere a energia para o circuito secundário, retornando em seguida para a piscina.

No início da operação do circuito primário, antes de ligar a bomba, é acionado da Sala de Controle, o acoplamento pneumático da válvula ao cone de redução da placa matriz. A bomba é ligada e é feito o ajuste da vazão em 188,4 kg/s (681,3 m<sup>3</sup>/h ; 3000gpm ), usando o sistema constituído por um bocal de vazão e transmissor de pressão diferencial. O acionamento manual é suspenso, e o acoplamento da válvula é mantido por efeito hidrodinâmico provocado pela queda de pressão no núcleo. Em caso de um acidente de perda ou diminuição acentuada de vazão o reator é desligado automaticamente e, a queda de pressão no núcleo diminui e a válvula desacopla automaticamente, permitindo que a água da piscina atinja o núcleo pela sua parte inferior e que este seja resfriado por convecção natural.

A configuração do núcleo do reator e as condições experimentais em que foram realizados são descritas abaixo para cada um dos testes. A vazão no circuito primário foi mantida em 188,4 kg/s (681,3 m<sup>3</sup>/h ; 3000gpm) em todos os testes:

**Teste 1:** O EC n.º 153 da configuração 210a foi substituído pelo DMPV-01. Nestas condições, a queda de pressão média no DMPV-01 foi igual a 4531 N/m<sup>2</sup> (462,5 mmH<sub>2</sub>O) que corresponde a uma vazão de 4,161 kg/s na curva de calibração do DMPV-01.

**Teste 2:** O EC n.º 169, entre os elementos de controle (ECT) 166 e 180, da configuração 210a foi substituído pelo DMPV-01. A queda de pressão média foi de 4634 N/m<sup>2</sup> (473,0 mmH<sub>2</sub>O) que corresponde a uma vazão de 4,213 kg/s na curva de calibração do DMPV-01. Comparando-se os resultados dos Testes 1 e 2, podemos observar uma diferença de apenas 1,25%.

**Teste 3:** O EC n.º 170, entre os ECT's 179 e 167, da configuração 210a foi substituído pelo DMPV-01. A queda de pressão média foi de 4780 N/m<sup>2</sup> (488,0 mmH<sub>2</sub>O) que corresponde a uma vazão de 4,285 kg/s na curva de calibração do DMPV-01. Comparando-se os resultados dos Testes 1, 2 e 3 podemos observar uma variação de 3% entre os valores máximo e mínimo, indicando que a distribuição de vazão no núcleo é bem uniforme.

**Teste 4:** Foram mantidas as mesmas condições geométricas e de vazão do Teste 3, apenas o acionamento pneumático da válvula de acoplamento foi mantido, adicionalmente ao acoplamento hidrodinâmico. A queda de pressão média foi de 4888 N/m<sup>2</sup> (499,0 mmH<sub>2</sub>O) que corresponde a uma vazão de 4,334 kg/s na curva de calibração. Observa-se um aumento na vazão de aproximadamente 1,14% com relação à vazão medida no Teste 3. Isso indica que o acoplamento da válvula pela diferença de pressão no núcleo, não é perfeito.

**Teste 5:** O DMPV-01 continuou ocupando a posição de EC n.º 170 (entre os ECT's 179 e 167) da configuração 210a. Contudo, foram feitas as seguintes modificações no núcleo para verificar a influência dos elementos de irradiação presentes: a) substituição do EIS por 4 refletores de grafite; b) substituição do GI por um refletor de grafite; e c) substituição dos 2 EIRAS por 2 tampões simples. A vazão no circuito primário foi fixada em 188,4 kg/s, e a queda de pressão média no DMPV-01 foi de 5172 N/m<sup>2</sup> (528,0 mmH<sub>2</sub>O) que corresponde a uma vazão de 4,474 kg/s. Os resultados do Teste 5 são comparados com os resultados do Teste 3 e observa-se um aumento na vazão da ordem de 4,4%. Supondo que não haja mudança na distribuição de vazão, pode-se concluir que a vazão que passa através dos irradiadores substituídos corresponde à vazão de um EC (4,4% x 20 = 88%), o que é considerado um valor muito elevado devido à baixa geração de calor nesses irradiadores..

**Teste 6:** No Teste 6 foram mantidas as condições geométricas do teste anterior, porém os 2 furos do EIBE foram preenchidos com os respectivos tubos onde são colocadas as amostras para irradiação. A queda de pressão média foi de 5293 N/m<sup>2</sup> (540,3 mmH<sub>2</sub>O) que corresponde a uma vazão de 4,531 kg/s na curva de calibração. Comparando os valores de vazão do Teste 6 com os resultados do Teste 5, pode-se observar um aumento de 1,27%, decorrente da presença dos tubos nos furos do EIBE.

**Teste 7:** No Teste 7 foram mantidas as condições geométricas, inclusive com a presença dos 2 tubos nos furos do EIBE, e a vazão de 188,4 kg/s, apenas foi feito o acionamento pneumático da válvula de acoplamento e conjunto com o efeito hidrodinâmico. A queda de pressão média foi de 5319 N/m<sup>2</sup> (543,0 mmH<sub>2</sub>O) que corresponde a uma vazão de 4,544 kg/s. Desta vez, o acoplamento pneumático manual provocou um aumento desprezível na vazão (~0,3%) em relação à vazão medida no Teste 6, diferente do observado no Teste 4.

**Teste 8:** No Teste 8 o DMPV-01 foi colocado na posição do EC n.º 152 do núcleo. Os 2 tubos de amostras foram mantidos no EIBE. A queda de pressão média foi de 5294 N/m<sup>2</sup> (540,4 mmH<sub>2</sub>O) que corresponde a uma vazão de 4,532 kg/s. Comparando-se esse resultado com aquele obtido no Teste 6, observa-se que são praticamente iguais e novamente indicam a uniformidade na distribuição de vazão no núcleo.

**Teste 9:** No Teste 9 o DMPV-01 continuou ocupando a posição do EC n.º 152, os 2 tubos de amostras foram mantidos no EIBE, porém houve o retorno do EIS à sua posição do início dos testes. Os demais irradiadores foram mantidos fora do núcleo. A queda de pressão média foi de 4771 N/m<sup>2</sup> (487,0 mmH<sub>2</sub>O), que corresponde a uma vazão de 4,281 kg/s. Comparando-se esse resultado o do Teste 8 conclui-se que a presença do EIS é responsável por uma redução na vazão da ordem de 5,9%, um valor muito elevado. Diante disso, recomendou-se que o projeto deste irradiador fosse revisto para reduzir esse desvio de vazão.

**Teste 10:** No Teste 10 o DMPV-01 continuou ocupando a posição do EC n.º 152, os 2 tubos de amostras foram mantidos no EIBE, o EIS ocupou sua posição do início dos testes. O refletor de grafite que ocupava a posição do GI foi retirado, deixando o furo principal na placa matriz livre para a passagem do fluido. A queda de pressão média foi de 4359 N/m<sup>2</sup> (445,0 mmH<sub>2</sub>O), que corresponde a uma vazão de 4,074 kg/s. Comparando-se esse resultado com o do Teste

9, podemos concluir que um furo principal na placa matriz livre é responsável por uma redução na vazão da ordem de 5,1%, aproximadamente equivalente ao efeito do EIS.

A Tab. (1) reproduz os resultados das medidas de vazão pelo DMPV-01 usando a curva de calibração e o tubo de Pitot, corrigindo a velocidade conforme equação da Fig. (8).

Tabela 1. Resultados experimentais médios de medida de vazão nos Testes 1-10 pelo DMPV-01

TESTE	DP <sub>12</sub> =P1-P2 DP <sub>12</sub> (N/m <sup>2</sup> )	DP <sub>12</sub> =P1-P2 DP <sub>12</sub> (mmH <sub>2</sub> O)	m (kg/s)	DP <sub>32</sub> =P3-P2 DP <sub>32</sub> (N/m <sup>2</sup> )	DP <sub>32</sub> =P3-P2 DP <sub>32</sub> (mmH <sub>2</sub> O)	m (kg/s) - Pitot corrigida
1	4531	462,5	4,161	1932	197,2	4,156
2	4634	473,0	4,213	1989	203,0	4,218
3	4780	488,0	4,285	2016	205,8	4,247
4	4888	499,0	4,334	não medido	não medido	não medido
5	5172	528,0	4,474	2175	222,0	4,414
6	5293	540,3	4,531	2287	233,5	4,528
7	5319	543,0	4,544	2302	235,0	4,543
8	5294	540,4	4,532	2220	226,6	4,460
9	4771	487,0	4,281	1964	200,5	4,191
10	4359	445,0	4,074	1789	182,6	3,997

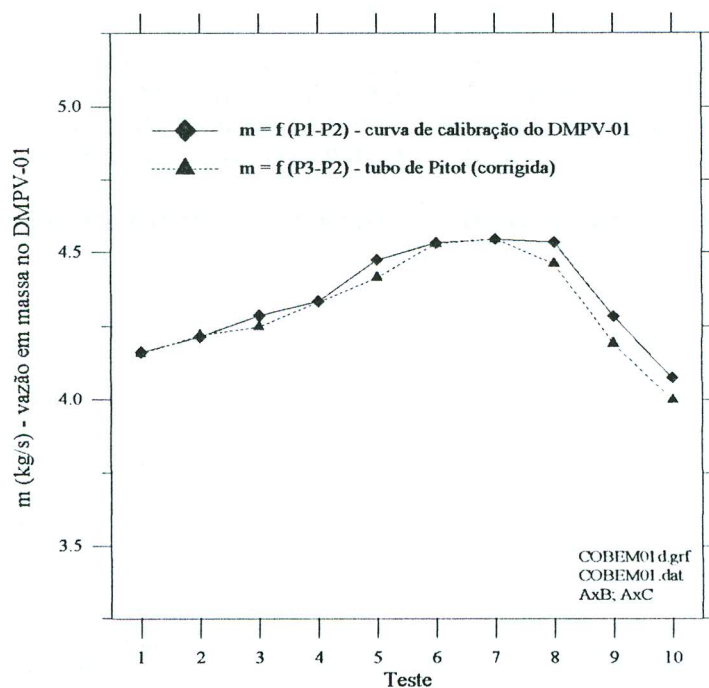


Figura 12. Resultados das medidas com DMPV-01

Os resultados obtidos nos Testes 1, 2, 3 e 9, mostram que a distribuição de vazão entre os EC's do núcleo do reator IEA-R1 é bem uniforme, em torno do valor de 4,25 kg/s/EC (configuração 210a). Contudo, os valores de vazão nos EC's estimados anteriormente para essa configuração do núcleo com todos os irradiadores eram 28% superiores, ou seja, 5,45 kg/s/EC. Essa diferença entre valores estimados e medidos indicaram a possibilidade de ocorrência de desvios de vazão do núcleo superiores aos desejados ou ainda a existência de problemas nas medidas de vazão do circuito primário. Investigações posteriores, realizadas com uma câmara subaquática, mostraram a existência de desvio de vazão na região de acoplamento da válvula e o cone de redução, contudo não foi possível quantificar esse desvio. A análise do filme gravado mostrou um pequeno desalinhamento entre a válvula de acoplamento e o cone de redução, corrigido posteriormente. Estudos sobre o funcionamento do sistema de medida de vazão do circuito primário acusaram um desvio de aproximadamente 13% na medida da vazão total. Os resultados também mostraram a influência dos irradiadores presentes na configuração 210a. Observou-se que o elemento de irradiação de Silício (EIS) é responsável pelo desvio de 5,9% da vazão do núcleo e deve ter o seu projeto reavaliado.

#### 4. Conclusões

O modelo físico com instrumentos DMPV-01 foi desenvolvido para medir a vazão através dos elementos combustíveis do núcleo do reator IEA-R1. Foram realizados experimentos em laboratório para obter uma curva de calibração relacionando a queda de pressão com a vazão. A medida da velocidade de escoamento por intermédio das tomadas de pressão dinâmica e estática do bocal (tubo de Pitot) do DMPV-01 apresentou boa concordância (~4,5%) com a velocidade calculada usando a vazão obtida pela curva de calibração, podendo portanto ser usada, após correção, como uma medida redundante da vazão através dos elementos combustíveis do IEA-R1. Os resultados dos testes mostraram que a distribuição de vazão no núcleo é uniforme, porém os valores medidos estão aquém daqueles anteriormente estimados, indicando a ocorrência de desvios excessivos de vazão do núcleo. Os resultados também foram importantes para mostrar a influência dos irradiadores na vazão pelos EC's, fornecendo informações para a reavaliação e ou projeto de novos irradiadores a serem utilizados no núcleo do reator IEA-R1.

A principal conclusão porém é que, as equipes responsáveis por reatores de pesquisa, que não operam o núcleo com uma configuração permanente, precisam de dispositivos que permitam realizar medidas de vazão nas posições de EC's, além de verificar a influência de dispositivos de irradiação normalmente instalados, para se contar com análises termo-hidráulicas confiáveis.

#### 5. Agradecimentos

Agradecemos à equipe da Divisão de Desenvolvimento de Elementos Combustíveis (MCP) do Departamento do Ciclo Combustível (MC), atual Centro do Combustível Nuclear do IPEN, em especial aos colegas J. Antônio, Davilson e Olair, e demais integrantes que de alguma forma contribuíram para a cuidadosa fabricação do modelo DMPV-01. Agradecemos também às equipes de Operação do Reator IEA-R1 e de Proteção Radiológica pela colaboração durante a realização dos testes.

#### 6. Referências

- Lima, R.M., Oliveira, F.S., 2000 "Relatório Descritivo de Fabricação do Elemento DMPV-01", Documento Interno IPEN - Data Book do Elemento DMPV-01 No. RDF-DMPV-01/01 - R:00  
Torres, W., 2001 "Desenvolvimento do Elemento DMPV-01 para Medida de Vazão no Núcleo do Reator IEA-R1", Documento Interno IPEN - Relatório Técnico No. PSE.CENT.IEAR1.001.00 - RELT.003.00

#### FLOW DISTRIBUTION IN THE CORE OF IEA-R1 NUCLEAR RESEARCH REACTOR

Walmir Maximo Torres

Pedro Ernesto Umbehaum

Benedito Dias Baptista Filho

José Carlos de Almeida

José Antônio Batista Souza

Davilson Gomes da Silva

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

Travessa R, 400 - Cidade Universitária

CEP. 05508-900 - São Paulo, SP, Brasil

e-mail: wmtorres@net.ipen.br

*Abstract.* A dummy fuel element (DMPV-01) was developed to measure the core flow distribution at IEA-R1 nuclear research reactor. This dummy element was made of aluminum with static pressure taps at inlet and outlet region, and with a dynamic pressure tap at the outlet nozzle. The total pressure drop and mass flow through the dummy element were related using a hydraulic experimental loop. The dynamic and static pressures were used to calculate the water velocity at the outlet region. This indirect velocity measurement was used as a redundant flow measurement. DMPV-01 element was used to measure the flow mass in four core positions. The results shown that the flow distribution is quite uniform, although the measured flow values were far below previous estimated values. Tests were carried out to find the influence of irradiation devices in the flow measurements. Results indicates that the flow bypassed through irradiation devices is significant. Some of these devices should be redesigned. This experiment showed that a dummy fuel element with flow measurement instruments is very important to seek bypass flow effects and to provide data to an accurate thermal-hydraulic analysis.

*Key Words:* flow distribution, research reactors and thermal-hydraulic analysis