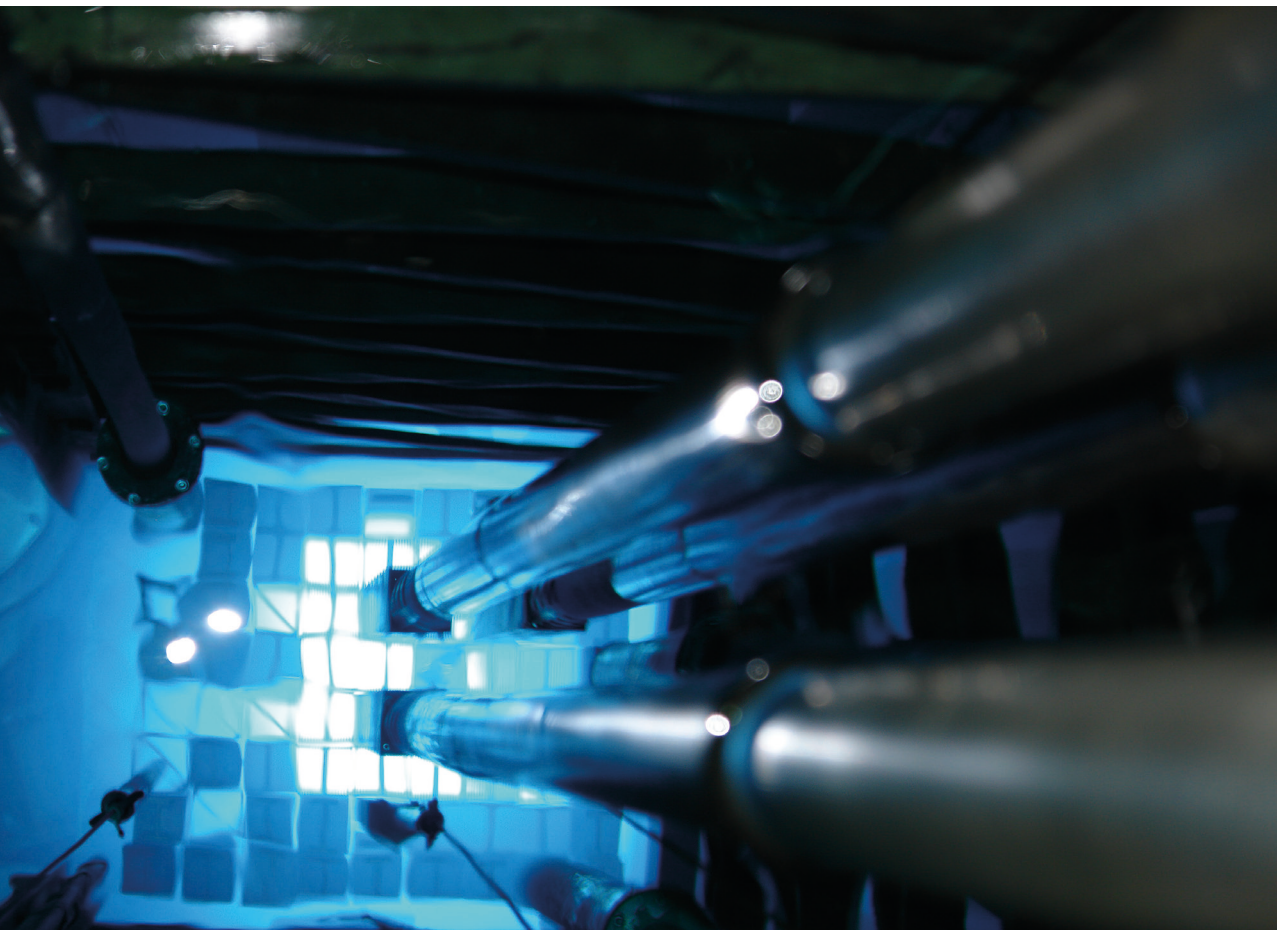


Paulo Sergio Cardoso Da Silva  
Guilherme Soares Zahn  
Francisco De Assis Souza  
organizadores

# CONTRIBUIÇÕES DO REATOR IEA-R1 PARA A PESQUISA NUCLEAR

WARP2: II Workshop Anual do Reator de Pesquisas



CONTRIBUIÇÕES DO  
REATOR IEA-R1 PARA A  
PESQUISA NUCLEAR

*Conselho editorial*

André Costa e Silva

Cecilia Consolo

Dijon de Moraes

Jarbas Vargas Nascimento

Luis Barbosa Cortez

Marco Aurélio Cremasco

Rogério Lerner

**Blucher** Open Access

PAULO SERGIO CARDOSO DA SILVA  
GUILHERME SOARES ZAHN  
FRANCISCO DE ASSIS SOUZA  
(organizadores)

CONTRIBUIÇÕES DO  
REATOR IEA-R1 PARA A  
PESQUISA NUCLEAR  
WARP2: II Workshop Anual do  
Reator de Pesquisas

21 e 22 de novembro de 2019  
Centro do Reator de Pesquisas  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

2022

*Contribuições do Reator IEA-R1 para a Pesquisa Nuclear*

*WARP2: II Workshop Anual do Reator de Pesquisas*

© 2022 Paulo Sergio Cardoso da Silva, Guilherme Soares Zahn e Francisco de Assis Souza

Editora Edgard Blücher Ltda.

*Publisher* Edgard Blücher

*Editor* Eduardo Blücher

*Coordenação editorial* Jonatas Eliakim

*Produção editorial* Thaís Costa

*Diagramação* Taís do Lago

*Capa* Laércio Flenic

---

# Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar  
04531-934 – São Paulo – SP – Brasil  
Tel 55 11 3078-5366  
contato@blucher.com.br  
www.blucher.com.br

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.  
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,  
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer  
meios, sem autorização escrita da Editora.

---

Todos os direitos reservados pela Editora  
Edgard Blücher Ltda.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Angélica Ilacqua CRB-8/7057

---

Workshop anual do reator de pesquisas (2. : 2019 :  
São Paulo)  
Contribuições do reator IEA-R1 para a pesquisa  
nuclear WARP 2 / organizado por Paulo Sergio Cardoso  
da Silva, Guilherme Soares Zahn, Francisco de Assis  
Souza. -- São Paulo : Blucher, 2022.  
478 p : il.  
21 e 22 de novembro de 2019 - Centro do Reator de  
Pesquisas  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Bibliografia  
ISBN 978-65-5550-147-6 (impresso)  
ISBN 978-65-5550-148-3 (eletrônico)  
1. Pesquisa nuclear 2. Física nuclear I. Título II. Silva,  
Paulo Sergio Cardoso da III. Zahn, Guilherme Soares IV.  
Souza, Francisco de Assis IV. IPEN

21-5617

CDD 539.7

---

Índices para catálogo sistemático:

1. Pesquisa nuclear

*COMITÊ ORGANIZADOR*

Paulo Sergio Cardoso da Silva

Guilherme Soares Zahn

Francisco de Assis Souza

*COMITÊ CIENTÍFICO*

Paulo Sergio Cardoso da Silva

Guilherme Soares Zahn

Francisco de Assis Souza

Frederico Antônio Genezini

*APOIO*

O Comitê Organizador agradece o apoio do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), do Departamento de Ensino do IPEN e da Marinha do Brasil, para a realização do II Workshop Anual do Reator de Pesquisas.



# COMPARAÇÃO ENTRE A QUEDA DE PRESSÃO NO DMPV-01 E QUEDA DE PRESSÃO NO NÚCLEO DO REATOR IEA-R1 MEDIDA PELO INSTRUMENTO DO SISTEMA

*Walmir M. Torres, Pedro E. Umbehaun, Delvonei A. Andrade*

Centro de Engenharia Nuclear – IPEN-CNEN/SP

Av. Professor Lineu Prestes, 2242

05508-000 São Paulo – SP

wmtorres@ipen.br

## RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de medidas experimentais de queda de pressão realizadas no reator IEA-R1 com o elemento instrumentado DMPV-01 [1-2]. Essas medidas foram comparadas com as medidas obtidas pelo dispositivo de medida de queda de pressão no núcleo. Desta comparação, concluiu-se que é possível utilizar as medidas do dispositivo de queda de pressão no núcleo para indiretamente estimar a vazão média através dos elementos combustíveis (EC) sem precisar usar o DMPV-01 cada vez que se deseje conhecer a vazão nos EC. A diferença entre as quedas de pressão foi da ordem de 6%, que resulta numa

diferença de  $-3,3\%$  na vazão estimada. Portanto, a queda de pressão no núcleo pode ser uma boa medida para estimar a vazão média nos elementos combustíveis.

## 1. INTRODUÇÃO

Medidas de vazão através dos EC do reator IEA-R1 são muito importantes para a segurança do reator. As margens de segurança dependem da capacidade de resfriamento dos EC, que estão diretamente relacionadas com a vazão. Por isso, é importante conhecer a vazão que passa através dos EC. Para medir individualmente essa vazão utiliza-se o elemento instrumentado DMPV-01, o qual necessita de vários outros componentes e equipamentos. Medidas anteriores com o DMPV-01 mostraram que a distribuição de vazão no núcleo é praticamente uniforme, diferindo aproximadamente  $4\%$  entre a maior e menor vazão medida [3]. A ideia é comparar as medidas fornecidas pelo dispositivo de medida de queda de pressão do IEA-R1 ( $DP_{\text{núcleo}}$ ) com as medidas de queda de pressão feitas com o DMPV-01 ( $DP_{\text{DMPV-01}}$ ) e verificar se as medidas feitas com o dispositivo ( $DP_{\text{núcleo}}$ ) podem ser usadas para indiretamente estimar a vazão média nos EC.

## 2. EXPERIMENTO

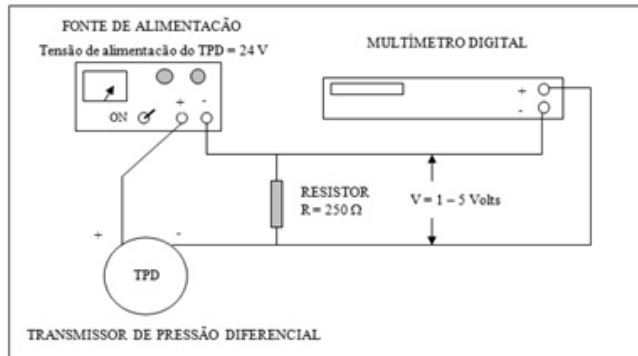
Foi realizado um experimento de medida de vazão no núcleo do reator IEA-R1 para verificação da vazão que passa através dos EC em função da vazão total no circuito primário do reator. O elemento instrumentado DMPV-01 foi posicionado entre dois elementos combustíveis de controle, na posição 64 da configuração nº 226 do núcleo do reator e o dispositivo de medida de queda de pressão no núcleo fica instalado na posição 01, conforme mostra a Figura 1. As medidas foram realizadas apenas na posição 64 devido ao fato constatado em medidas anteriores com o DMPV-01 de que a distribuição de vazão no núcleo ser praticamente uniforme [3]. Foram realizadas dez medidas em condições de estado estacionário, com o circuito primário operando com vazões entre 2700 gpm ( $613 \text{ m}^3/\text{h}$ ) e 3600 gpm ( $818 \text{ m}^3/\text{h}$ ), e incrementos de 100 gpm ( $22,7 \text{ m}^3/\text{h}$ ) entre cada medida. Para cada uma das medidas foram registrados cinco valores. Um transmissor de pressão diferencial (TPD) Fisher foi utilizado para a medida de queda de pressão, juntamente com um multímetro digital HP 3457A com recursos estatísticos, além de uma fonte de 24 V, conforme Figura 2. Paralelamente, foram também registrados os valores de tensão do painel de controle do reator referentes ao TDP que mede a  $DP_{\text{núcleo}}$ . Estes valores são utilizados para comparação com aqueles obtidos com o DMPV-01.



**Figura 1** – Configuração 226 do núcleo do IEA-R1 – DMPV-01 na posição 64

01 TS	02 TD	03 TD	04 TD	05 TD	06 TD	07 TD	08 TS
11 TS	12 TS	13 EIRA	14 EIRA	15 TS	16 G1	17 TS	18 CF-1
21 GR	22 EIRA	23 GR	24 EIRA	25 GR	26 GR	27 GR	28 GR
31 EIS	32 EIS	33 Be	34 EIRA	35 Be	36 EIRA	37 Be	38 Be
41 EIS	42 EIS	43 EC 184	44 EC 178	45 EC 185	46 EC 177	47 EC 183	48 Be
51 GR	52 Be A	53 EC 195	54 ECC 181	55 EC 186	56 ECC 198	57 EC 188	58 Be F
61 LIN	62 Be	63 EC 193	64 EC 172	65 EIBE	66 EC 173	67 EC 192	68 Be
71 GR	72 Be	73 EC 196	74 ECC 199	75 EC 187	76 ECC 182	77 EC 194	78 Be A
81 S2	82 Be	83 EC 197	84 EC 176	85 EC 191	86 EC 174	87 EC 200	88 Be
91 GR	92 GR	93 GR	94 GR	95 GR	96 GR	97 GR	98 GR

**Figura 2** – Esquema de ligação dos TDP.



As quedas de pressão  $DP_{DMPV-01}$  e  $DP_{núcleo}$ , e a vazão  $Q_{DMPV-01}$  através do DMPV-01 são obtidas de forma indireta usando o sinal de tensão V (Volts) dos respectivos TPD associados a cada medida. A Figura 2 mostra um desenho esquemático da ligação elétrica dos TPD. As Equações 1 a 3 são utilizadas na conversão dos valores de tensão em DP (Equações 1 e 2) e DP (Equação 3) em vazão Q. A Equação 3 é a curva de calibração do DMPV-01 obtida experimentalmente em uma bancada de aferição de vazão. Os resultados das medidas são apresentados na Tabela 2.

$$DP_{núcleo} = (V_{núcleo} - 1) \times 1000/4, DP_{núcleo} \text{ (mmH}_2\text{O) e V (Volts)} \quad (1)$$

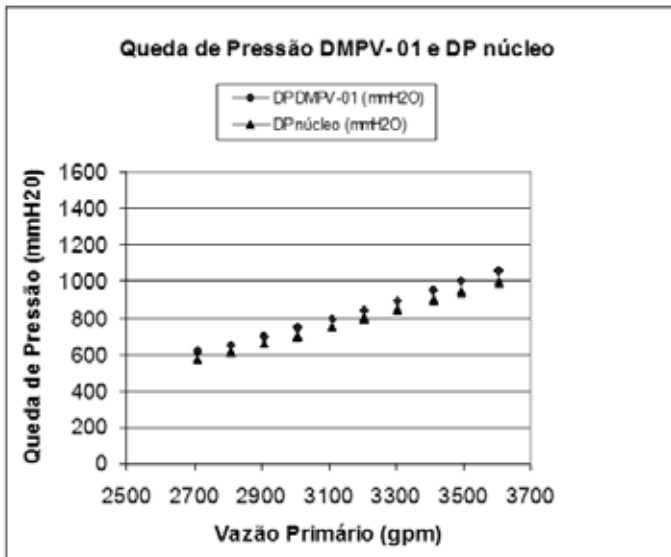
$$DP_{DMPV-01} = (V_{DMPV-01} - 1) \times 1600/4, DP_{DMPV-01} \text{ (mmH}_2\text{O) e V (Volts)} \quad (2)$$

$$Q_{\text{DMPV-01}} = (DP_{\text{DMPV-01}}/3,374)^{0,55417}, DP_{\text{DMPV-01}} \text{ (mmH}_2\text{O)} \text{ e } Q_{\text{DMPV-01}} \text{ (m}^3\text{/h)} \quad (3)$$

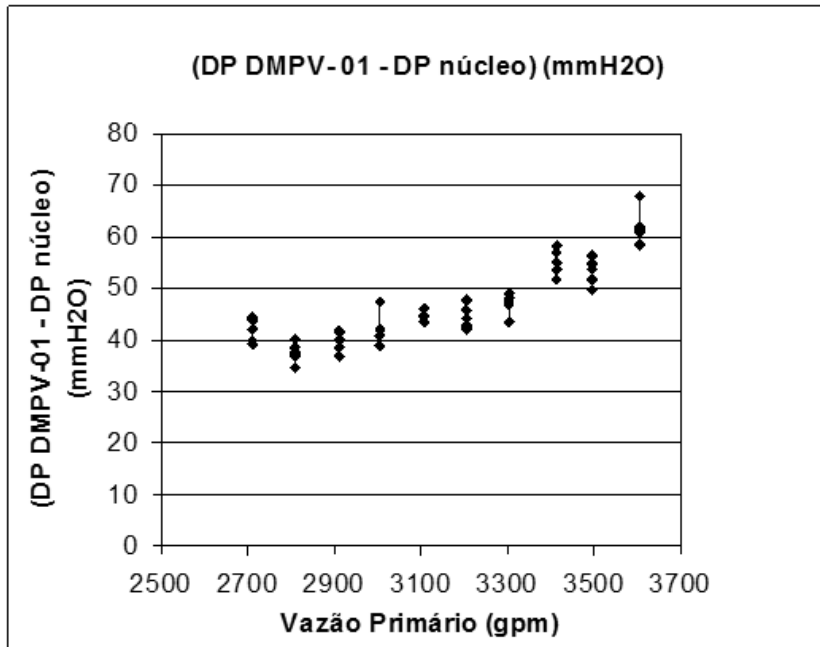
### 3. RESULTADOS

A Figura 3 mostra os resultados das medidas de queda de pressão pelo DMPV-01 e pelo dispositivo. As Figuras 4 e 5 mostram a diferença (mmH<sub>2</sub>O) e a diferença (%) entre as medidas. Essa diferença muito provavelmente é decorrente do posicionamento do dispositivo no núcleo (posição 01), desfavorável na distribuição de vazão no núcleo. Entretanto, mesmo com essa posição desfavorável, pode-se observar da Figura 6 que a diferença percentual não é tão grande. Considerando que a relação entre DP<sub>DMPV-01</sub> e vazão Q<sub>DMPV-01</sub> é aproximadamente quadrática (Equação 3), a diferença entre a vazão calculada usando DP<sub>DMPV-01</sub> é da ordem de 3,3% maior (valor médio) quando comparada com o valor calculado usando DP<sub>núcleo</sub>, conforme mostrado na Figura 6. A Figura 7 apresenta a curva ajustada aos dados de vazão calculados considerando as quedas de pressão medidas com DP<sub>DMPV-01</sub> e DP<sub>núcleo</sub>.

**Figura 3** – Queda de pressão DP<sub>DMPV-01</sub> e DP<sub>núcleo</sub> versus vazão no primário do IEA-R1.



**Figura 4** – Diferença entre o  $DP_{DMPV-01}$  e  $DP_{núcleo}$  versus vazão no primário do IEA-R1.



**Figura 5** – Diferença percentual entre o  $\Delta P_{DMPV-01}$  e  $\Delta P_{núcleo}$  versus vazão no IEA-R1.

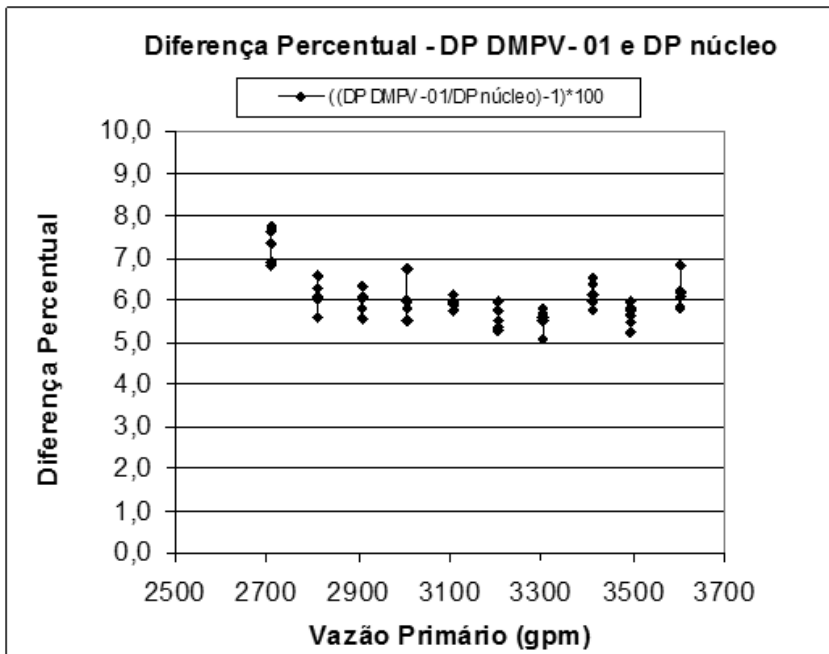


Figura 6 – Diferença percentual entre vazões com  $DP_{DMPV-01}$  e  $DP_{núcleo}$  (Eq. 3).

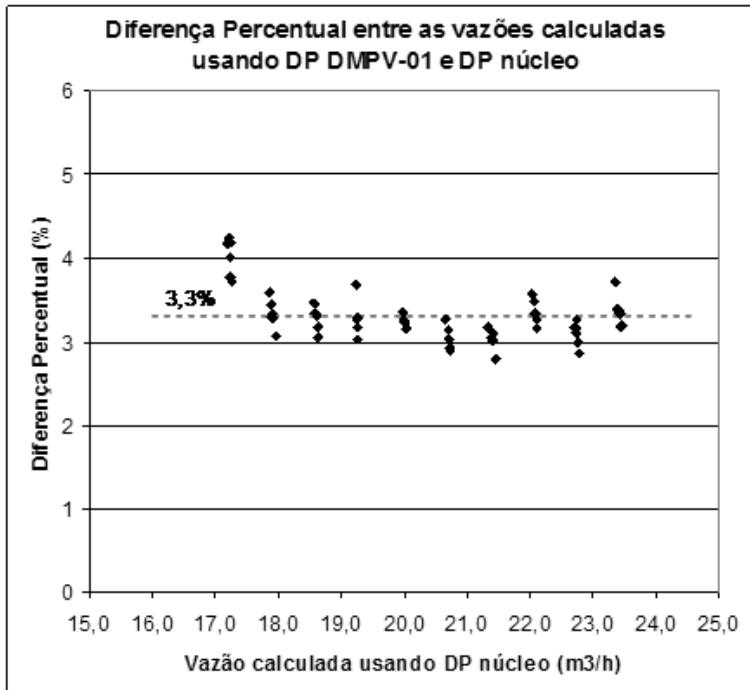
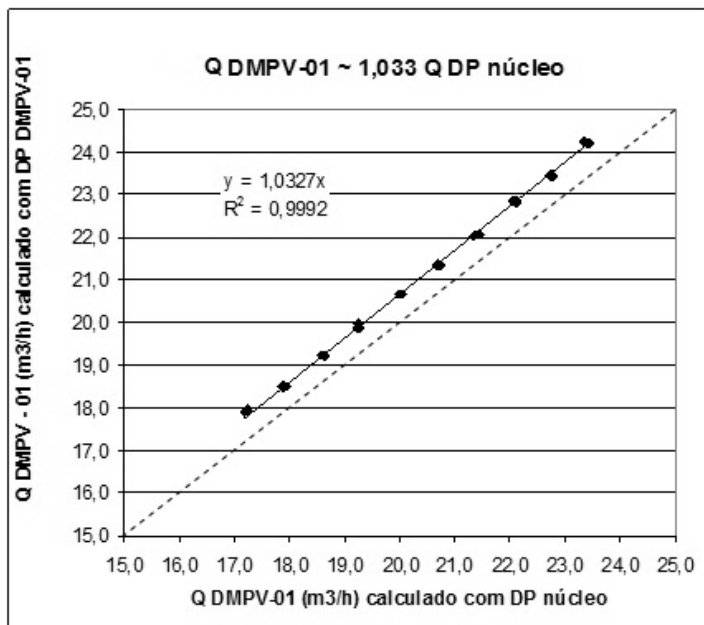


Figura 7 – Comparação entre as vazões calculadas com o  $DP_{DMPV-01}$  e  $DP_{núcleo}$  (Eq. 3).



## 4. CONCLUSÕES

A medida de queda de pressão no núcleo  $DP_{\text{núcleo}}$  pode ser utilizada para se estimar a vazão média que está passando pelos elementos combustíveis do núcleo do IEA-R1. A vazão calculada utilizando a Equação 3 e o valor de  $DP_{\text{núcleo}}$  é 3,3% menor que a vazão que seria medida com o elemento instrumentado DMPV-01. Sabendo que existe essa diferença, o valor de vazão pode ser corrigido em +3,3% para se obter uma vazão média pelos elementos combustíveis mais próxima do valor real.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Engenharia Nuclear (CEENG), ao Centro do Combustível Nuclear (CECON) e ao Centro do Reator de Pesquisas (CRPq).

## REFERÊNCIAS

- 1 LIMA, R. M.; OLIVEIRA, F. S. *Relatório descritivo de fabricação do elemento DMPV-01*. Relatório Descritivo de Fabricação nº RDF-DMPV-01/01 – R:00. Set. 2000.
- 2 TORRES, W. M. *Desenvolvimento do elemento DMPV-01 para medida de vazão no núcleo do reator IEA-R1*. Relatório Técnico nº PSE.CENT.IEAR1.001.00 – RELT.003.00. Mar. 2001.
- 3 TORRES, W. M. *Medida da distribuição de vazão no núcleo do reator IEA-R1 usando o elemento DMPV-01*. Relatório Técnico nº PSE.CENT.IEAR1.001.00 – RELT.004.00. Mar. 2001.