

Publicação CDTN-855

**Cálculo Neutrônico do Reator Triga IPR-R1
utilizando WINSO4 e CITATION**

Hugo Moura Dalle

1999

**Comissão Nacional de Energia Nuclear
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA NUCLEAR**

Publicação CDTN-855

Cálculo Neutrônico do Reator Triga IPR-R1 utilizando WIMSD4 e CITATION

Hugo Moura Dalle

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências e Técnicas Nucleares.

Área: Energia Nuclear

Orientador: Prof^a. Cláudia P. Bezerra Lima

Belo Horizonte

1999



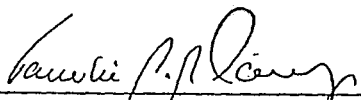
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA NUCLEAR
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TÉCNICAS NUCLEARES

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO:

**“Cálculo Neutrônico do Reator Triga IPR – R1 Utilizando WIMSD4 e
CITATION”**

NOME DO ALUNO: HUGO MOURA DALLE


Dissertação defendida e aprovada pela Comissão Examinadora constituída por:



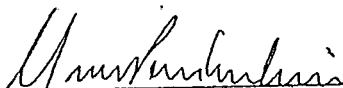
Prof. Tarcísio Passos Ribeiro de Campos, Doutor



Prof. Ricardo Brant Pinheiro, Doutor



Dr. Fernando Antônio Nogueira Carneiro

ORIENTADORA: 

Prof. Cláudia Pereira Bezerra Lima, Doutora

Belo Horizonte, 20 de setembro de 1999

Área de Concentração: ENERGIA NUCLEAR

Este trabalho foi realizado no Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear, da Comissão Nacional de Energia Nuclear, como tarefa do programa de atividades, da Supervisão de Física Aplicada e Técnicas Especiais.

Dedicado aos meus pais, Ulisses e Márcia.

AGRADECIMENTOS

- À orientadora Prof^a. Cláudia, pelo incentivo, pelas aulas, pela paciência e cobranças.
- Ao Prof. Tarcísio, pelo entusiasmo e pela minha iniciação nas ciências nucleares.
- Ao Daniel López Aldama, do CTN/CUBA, pela ajuda e pelos ensinamentos.
- Ao CTN/CUBA, por disponibilizar a sua versão do WIMSD4.
- Aos colegas do CDTN/CNEN, em especial ao Marcelo Veloso, que me cedeu algumas figuras e elaborou o programa TRIGPOW e ao Fernando Cameiro.
- Aos colegas, professores e funcionários do DEN/UFMG.

“Para o mundo inteiro”, disse nosso pai o sol, “dou minha luz e meu brilho; dou aos homens calor quando eles sentem frio; faço seus campos frutificarem e seu gado multiplicar; cada dia que passa, giro em torno do mundo para assegurar um melhor conhecimento das necessidades dos homens, e para satisfazer essas necessidades. Sigam meu exemplo”.

Mito Inca registrado por Garcilaso de La Vega, 1556.

RESUMO

Este trabalho descreve a metodologia de cálculo neutrônico desenvolvida para projeto da configuração do núcleo e acompanhamento da operação do reator nuclear TRIGA IPR-R1 do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear da Comissão Nacional de Energia Nuclear, CDTN/CNEN.

Foram utilizados para validar a metodologia dados do reator TRIGA do Instituto Josef Stefan de Ljubljana, e resultados experimentais do IPR – R1. Na simulação são calculados valores para o excesso de reatividade de algumas configurações de núcleo, valor de reatividade de barras de controle, valor de reatividade de elementos combustíveis e coeficiente de reatividade de temperatura do reator esloveno. O cálculo do excesso de reatividade e valor de reatividade das barras de controle do IPR – R1, no início de vida do reator e em algumas determinadas fases da evolução do seu núcleo, bem como, valores de reatividade de elementos combustíveis também fazem parte desta validação. Finalmente, são realizados cálculos de diferentes configurações do núcleo de modo a determinar uma configuração adequada para testes de operação do reator a 250 kW de potência térmica. Os dados geométricos e de materiais dos elementos constituintes dos reatores são apresentados e usados para gerar os modelos físicos de cálculo. Uma versão do código WIMSD4, desenvolvida no Centro de Tecnologia Nuclear de Cuba - CTN, é utilizada no cálculo de células, gerando as constantes multigrupos (2 grupos) apropriadas, que por sua vez serão utilizadas no cálculo do núcleo pelo código de difusão CITATION. Os resultados dos cálculos apresentam diferenças para os valores medidos da ordem da precisão experimental ou dentro de valores citados como aceitáveis pela literatura, para este tipo de reator e método de cálculo.

ABSTRACT

This paper shows the methodology of neutronic calculations developed to design of the core configuration and follow-up of the operation of the nuclear reactor TRIGA IPR – R1, operated by the Nuclear Technology Development Center, of the Brazilian Nuclear Energy Commission, CDTN/ CNEN.

To validate the methodology it was used data of the TRIGA reactor operated by the Josef Stefan Institute in Ljubljana, and experimental results of the IPR – R1. In the simulation it was calculated the excess of reactivity of some core configurations, control rod worths, fuel element reactivity worth distribution and temperature reactivity coefficient of the Slovenian reactor. The calculation of the excess reactivity and control rod worths of the IPR – R1, at the Beginning of Life of the reactor and in some determined periods of the evolution of its core, and the element reactivity worth distribution also make part of this validation. Finally, it was carried out calculations of different core configurations in order to determine an adequate test configuration that permits the reactor to operate up to 250 kW of thermal power. The geometric and materials datas of the reactors are presented and used to generate physical models. A version of the WIMSD4 code developed by the Nuclear Technology Center in Cuba is used for the cell calculations to produce the multigroup cross sections (2 groups) adequate to utilize in the calculations of the core by the diffusion code CITATION. The results of the calculations present differences to the experimental values of the magnitude of experimental accuracy or have typical values mentioned in literature as acceptable, for this type of reactor and method of calculation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 – REATORES NUCLEARES DE PESQUISA	3
2.2 – O AUMENTO DE POTÊNCIA	4
2.3 – CÁLCULO NEUTRÔNICO DE PEQUENOS REATORES DE PESQUISA	5
2.4 – TRIGA – DESCRIÇÃO GERAL	6
2.5 – AS EQUAÇÕES DE TRANSPORTE E DIFUSÃO DE NÊUTRONS	7
2.6 – MODELO FÍSICO DE CÁLCULO	10
2.7 – WIMS	11
2.8 – CITATION	12
2.9 – CRITÉRIOS DE PROJETO NEUTRÔNICO	12
2.10 – SIMULAÇÃO	13
3. METODOLOGIA	14
3.1 – METODOLOGIA DE CÁLCULO NEUTRÔNICO	14
3.2 – A BIBLIOTECA DE DADOS NUCLEARES	14
3.3 – DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE CÁLCULO NEUTRÔNICO	15
3.4 – VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA DE CÁLCULO NEUTRÔNICO	16
3.4.1 – BENCHMARK DO TRIGA ESLOVENO	16
3.4.1.1 - Dados do Reator	16
3.4.1.2 – Cálculo das Densidades Atômicas	21
3.4.1.3 – Cálculo dos Bucklings Radial e Axial	22
3.4.1.4 – Elaboração das Entradas de Dados	23
3.4.2 – CONFIGURAÇÃO INICIAL DO IPR – R1	23
3.4.2.1 - Dados do Reator	23
3.4.2.2 – Cálculo das Densidades Atômicas	27
3.4.2.3 – Elaboração das Entradas de Dados	29
3.4.3 – QUEIMA DO NÚCLEO DO IPR - R1	29
3.4.3.1 - Elaboração das Entradas de Dados	31
4. RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	33
4.1 – BENCHMARK DO TRIGA ESLOVENO	33
4.2 - CONFIGURAÇÃO INICIAL DO IPR – R1	35
4.3 – QUEIMA DO NÚCLEO DO IPR - R1	36
4.4 – CÁLCULO DO NÚCLEO DO IPR – R1 A 250 KW	38
4.4.1 – A DISTRIBUIÇÃO DE POTÊNCIA	42
5. CONCLUSÕES	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	56
ANEXO 1 – MODIFICAÇÕES NO CÓDIGO WIMSD4	57
ANEXO 2 – ENTRADAS DO WIMSD4C	61
ANEXO 3 – ENTRADAS DO CITATION	103
ANEXO 4 – MEDIDAS ADICIONAIS NECESSÁRIAS PARA VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA DE CÁLCULO NEUTRÔNICO DO REATOR IPR-R1	158

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Dimensões e Materiais do Reator	20
Tabela 2 –	Composição do Elem. Combustível e das Barras de Controle “Fueled Follower”	21
Tabela 3 –	Propriedades dos Materiais	22
Tabela 4 –	Zonas do Reator, Nome do Arquivo de Saída do WIMSD4C e Número da Homozone	23
Tabela 5 –	Dimensões e Materiais do Reator IPR – R1	26
Tabela 6 –	Composição dos Elementos Combustíveis do IPR – R1	27
Tabela 7 –	Propriedades dos Materiais	28
Tabela 8 –	Zonas do Reator, Nome do Arquivo de Saída do WIMSD4C e Número da Homozone	29
Tabela 9 –	Zonas do Reator, Nome do Arquivo de Saída do WIMSD4C e Número da Homozone	31
Tabela 10 –	Coefficiente de Reatividade de Temperatura do Combustível	34
Tabela 11 –	Resultados a 2 Grupos de Energia com WIMSD4C e CITATION	35
Tabela 12 –	Resultados a 2 Grupos de Energia com WIMSD4C e CITATION	36
Tabela 13 –	Resultados de Queima a 2 Grupos de Energia usando WIMSD4C e CITATION	37
Tabela 14 –	Excesso de Reatividade e Reatividade Integral das Barras de Controle calculados com WIMSD4C e CITATION	39
Tabela 15 –	Distribuição de Potência por Elemento para Configuração CITIPR83	44
Tabela 16 –	Sumário das Variáveis Termohidráulicas para o Núcleo Ativo – Configuração CITIPR83	45
Tabela 17 –	Distribuição de Potência por Elemento para Configuração CITIPR84	47
Tabela 18 –	Sumário das Variáveis Termohidráulicas para o Núcleo Ativo – Configuração CITIPR84	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Núcleo de Reator TRIGA	4
Figura 2 -	Parte Ativa do Núcleo de um Reator TRIGA Típico	7
Figura 3 -	Diagrama de Cálculo com WIMSD4C e CITATION	15
Figura 4 -	Corte Radial do Núcleo do Reator Esloveno	17
Figura 5 -	Corte Axial do Núcleo do Reator Esloveno	18
Figura 6 -	Barras de Controle (“Fueled Follower Control Rods) e Elemento Combustível	18
Figura 7 -	Configuração ‘133’ do Núcleo do Reator TRIGA Esloveno	19
Figura 8 -	Configuração ‘134’ do Núcleo do Reator TRIGA Esloveno	19
Figura 9 -	Poço do Reator IPR – R1	24
Figura 10 -	Corte Axial do Elemento Combustível	25
Figura 11 -	Configuração Inicial do IPR – R1	27
Figura 12 -	Configuração 4 do Núcleo do IPR – R1	30
Figura 13 -	Configuração Atual do Núcleo do IPR – R1	30
Figura 14 –	Distribuição de Potência (em função do fator de potência) para Configuração CITIPR83	46
Figura 15 –	Distribuição de Potência (em função do fator de potência) para Configuração CITIPR84	49

SIGLAS E ABREVIações

AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
BOL	Beginning Of Life
CDTN/CNEN	Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear da Comissão Nacional de Energia Nuclear
CTN/CUBA	Centro de Tecnologia Nuclear - Cuba
IAEA	International Atomic Energy Agency
IPEN/CNEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Comissão Nacional de Energia Nuclear
IPR – R1	Instituto de Pesquisas Radioativas - Reator 1
k_{eff}	Fator de Multiplicação Efetivo de Nêutrons (k efetivo)
kW	quilowatts
MW	Megawatts
pcm	por cem mil
TRIGA	Training Research Isotope General Atomic
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
WIMS	Winfrith Improved Multigroup Scheme

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A principal meta de um cálculo neutrônico é a determinação da distribuição do fluxo de nêutrons e do valor do Fator de Multiplicação Efetivo de Nêutrons em um dado sistema. As demais características neutrônicas de interesse, tais como distribuição de potência, coeficientes de reatividade, valor de reatividade de elementos de controle, excesso de reatividade, etc, são obtidos diretamente a partir do Fator de Multiplicação efetivo e da distribuição do fluxo [1]. A determinação destes parâmetros permite otimizar e analisar vários aspectos relativos à segurança na operação de reatores nucleares e dispositivos ou instalações que trabalhem com material físsil, além de ajudar a identificar e prevenir possíveis violações das condições de operação tecnicamente aceitáveis.

Com o desenvolvimento e crescente uso de reatores nucleares a partir do final da década de 40, muitas empresas, universidades e institutos de pesquisa desenvolveram ferramentas matemáticas e computacionais capazes de simular teoricamente o comportamento das principais variáveis pertinentes à operação dos reatores. No entanto, devido talvez à complexidade, elevado custo e limitados recursos dos computadores, as técnicas e o desenvolvimento de programas de cálculo de reatores se concentraram sobre os reatores de potência. Até meados dos anos 80 essas ferramentas e as metodologias de cálculo neutrônico embora funcionassem bem para os cálculos dos grandes reatores de potência, falhavam totalmente quando aplicados aos pequenos reatores de pesquisa, nos quais a contribuição das fugas no balanço de nêutrons não eram adequadamente considerados. O surgimento dos computadores pessoais, rápidos, baratos, de uso fácil e alta capacidade de processamento e memória, motivou o desenvolvimento de metodologias, modelos e programas adequados para o cálculo dos pequenos reatores de pesquisa [2].

O Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN/CNEN opera desde 1960 um reator de pesquisas do tipo TRIGA Mark I. No início da década de 70 foram realizados estudos visando elevar a máxima potência térmica de operação do reator para 250 kW. Uma das tarefas então estabelecidas previa a realização de cálculos neutrônicos para o TRIGA e diversos códigos foram empregados na tentativa de encontrar um método eficaz de cálculo [3-5]. Este trabalho não logrou êxito e por fatores diversos, alguns já citados acima, foi abandonado durante anos, até meados da década de 90 quando o projeto de ampliação de potência foi retomado e junto, a busca por uma metodologia de cálculo para o reator.

A principal ferramenta matemática empregada no cálculo de reatores é a Teoria da Difusão Multigrupo. Esta teoria parte da equação de transporte de nêutrons que é uma equação de balanço. A partir de simplificações nessa equação obtêm-se a equação da difusão com a qual é possível determinar as características de interesse do reator [6-10]. Resultados mais precisos são esperados à medida que os cálculos são realizados a um maior número de grupos energéticos. Normalmente uma aproximação a dois grupos é suficiente para fornecer resultados satisfatórios, demandando menor tempo dos computadores. Contudo, são citados na literatura trabalhos para reatores de pesquisa onde se empregam 4, 7 ou até 10 grupos [11]. Todos os cálculos aqui descritos foram realizados a 2 grupos.

Neste trabalho os cálculos foram realizados utilizando os programas (códigos) WIMS [1, 12] e CITATION [13]. O WIMS é um código de transporte (resolve a equação de transporte de nêutrons) empregado na determinação das seções de choque dos diferentes constituintes do reator. Obtidas as seções de choque apropriadas, o código de difusão CITATION irá empregá-las na determinação do fator de multiplicação de nêutrons efetivo, que é a principal variável de

interesse, para as diversas configurações de núcleo testadas. A simulação com o CITATION é realizada em três dimensões.

A primeira etapa de cálculos refere-se à validação da metodologia, ou seja, à realização do cálculo de problemas conhecidos e já resolvidos ou a simulação de experimentos já realizados e para os quais os resultados medidos são confiáveis. A validação visa garantir que quando aplicada a um novo cálculo a metodologia irá funcionar, uma vez que, sempre deu bons resultados quando aplicada a situações anteriores, bem conhecidas e dentro da mesma área de aplicabilidade. Para validar a metodologia de cálculo neutrônico adotada neste trabalho foram realizados cálculos para o reator TRIGA Mark II do Instituto Josef Stefan, de Ljubljana, Eslovênia. A referência [14] apresenta resultados experimentais para valores de excesso de reatividade, valores de reatividade de barras de controle, coeficientes de reatividade de temperatura e valores de reatividade de elementos combustíveis para este reator. Na citada referência, constam ainda os dados geométricos e de materiais, necessários e adequados para a realização do cálculo de validação.

Cálculos de excesso de reatividade e valor de reatividade das barras de controle no início da vida (*Beginning Of Life* – BOL) do IPR – R1 [15] e em determinadas fases da evolução do núcleo, para as quais estão disponíveis resultados experimentais, completam a validação da metodologia de cálculo.

Encerrada a validação, a etapa final constitui-se no cálculo de um núcleo capaz de permitir ao reator operar a 250 kW térmicos. Para tal, são simuladas várias configurações de núcleo a fim de determinar qual seria adequada. Essa configuração, deve ter excesso de reatividade suficiente para levar o reator até este nível de potência, levar em conta a queima do combustível, a formação de venenos, a introdução de amostras a serem irradiadas no reator, deve obedecer os critérios de projeto neutrônico que garantem a operação segura do reator e deve atender às peculiaridades da rotina de operações do reator. Uma configuração, dentre as simuladas é escolhida para a realização dos primeiros testes de operação do reator na nova potência. Considera-se ainda uma segunda configuração como passível de uma nova análise após a realização dos testes reais no reator [16].

No capítulo 2 deste trabalho é apresentada uma breve revisão bibliográfica em que são feitos comentários sobre os reatores de pesquisa em geral e sobre os reatores TRIGA e o IPR – R1 em particular. São feitas ainda considerações sobre o cálculo neutrônico e os códigos nucleares WIMSD4C e CITATION. A metodologia de cálculo é apresentada no capítulo 3 e os resultados obtidos, bem como a análise desses resultados, no capítulo 4. As conclusões a que se chega estão no capítulo 5. No capítulo 6 está listada toda a bibliografia referenciada ao longo deste trabalho. As modificações efetuadas pelos técnicos cubanos no código WIMSD4 constam no anexo 1. Todos os *inputs* do WIMSD4C, utilizados para gerar as constantes de grupo, são listados no anexo 2; alguns *inputs* do CITATION, considerados mais representativos do tipo de cálculo efetuado, constam no anexo 3.

interesse, para as diversas configurações de núcleo testadas. A simulação com o CITATION é realizada em três dimensões.

A primeira etapa de cálculos refere-se à validação da metodologia, ou seja, à realização do cálculo de problemas conhecidos e já resolvidos ou a simulação de experimentos já realizados e para os quais os resultados medidos são confiáveis. A validação visa garantir que quando aplicada a um novo cálculo a metodologia irá funcionar, uma vez que, sempre deu bons resultados quando aplicada a situações anteriores, bem conhecidas e dentro da mesma área de aplicabilidade. Para validar a metodologia de cálculo neutrônico adotada neste trabalho foram realizados cálculos para o reator TRIGA Mark II do Instituto Josef Stefan, de Ljubljana, Eslovênia. A referência [14] apresenta resultados experimentais para valores de excesso de reatividade, valores de reatividade de barras de controle, coeficientes de reatividade de temperatura e valores de reatividade de elementos combustíveis para este reator. Na citada referência, constam ainda os dados geométricos e de materiais, necessários e adequados para a realização do cálculo de validação.

Cálculos de excesso de reatividade e valor de reatividade das barras de controle no início da vida (*Beginning Of Life* – BOL) do IPR – R1 [15] e em determinadas fases da evolução do núcleo, para as quais estão disponíveis resultados experimentais, completam a validação da metodologia de cálculo.

Encerrada a validação, a etapa final constitui-se no cálculo de um núcleo capaz de permitir ao reator operar a 250 kW térmicos. Para tal, são simuladas várias configurações de núcleo a fim de determinar qual seria adequada. Essa configuração, deve ter excesso de reatividade suficiente para levar o reator até este nível de potência, levar em conta a queima do combustível, a formação de venenos, a introdução de amostras a serem irradiadas no reator, deve obedecer os critérios de projeto neutrônico que garantem a operação segura do reator e deve atender às peculiaridades da rotina de operações do reator. Uma configuração, dentre as simuladas é escolhida para a realização dos primeiros testes de operação do reator na nova potência. Considera-se ainda uma segunda configuração como passível de uma nova análise após a realização dos testes reais no reator [16].

No capítulo 2 deste trabalho é apresentada uma breve revisão bibliográfica em que são feitos comentários sobre os reatores de pesquisa em geral e sobre os reatores TRIGA e o IPR – R1 em particular. São feitas ainda considerações sobre o cálculo neutrônico e os códigos nucleares WIMSD4C e CITATION. A metodologia de cálculo é apresentada no capítulo 3 e os resultados obtidos, bem como a análise desses resultados, no capítulo 4. As conclusões a que se chega estão no capítulo 5. No capítulo 6 está listada toda a bibliografia referenciada ao longo deste trabalho. As modificações efetuadas pelos técnicos cubanos no código WIMSD4 constam no anexo 1. Todos os *inputs* do WIMSD4C, utilizados para gerar as constantes de grupo, são listados no anexo 2; alguns *inputs* do CITATION, considerados mais representativos do tipo de cálculo efetuado, constam no anexo 3.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – REATORES NUCLEARES DE PESQUISA

Desde 2 de dezembro de 1942 quando foi montado o primeiro reator nuclear por Enrico Fermi e seus colaboradores na Universidade de Chicago, o gênio humano tem desenvolvido e construído uma grande variedade de reatores nucleares com o objetivo de estudar, desvendar e usar alguns segredos da natureza [17]. Este primeiro reator – pilha de Fermi – a despeito de ter sido desativado em poucos meses, levou ao rápido desenvolvimento da tecnologia de reatores. Nos dois anos seguintes cinco novos reatores entraram em operação nos Estados Unidos a fim de dar suporte ao programa militar americano durante a Segunda Guerra Mundial [18].

Com o fim da Guerra os trabalhos de pesquisa e desenvolvimento se voltaram também para aplicações pacíficas da ciência e tecnologia nuclear. Em 1950 o número de reatores já totalizava 14, com Rússia, Canadá, Inglaterra e França, já tendo construído seus primeiros reatores de pesquisa. Em 1961 o número de reatores de pesquisa em operação atinge 176 unidades em 31 países e em 1995 chega a 269 reatores em operação em 57 países [19].

Essas máquinas, que permitem iniciar, manter, controlar e conter as reações nucleares estão presentes hoje, quase 60 anos após o primeiro protótipo, em todos os continentes (exceto a Antártida) e são parte integrante da vida de milhões de pessoas mundo afora, que nem sequer se dão conta disto. Os reatores de pesquisa são importante ferramenta na pesquisa básica e aplicada, na prestação de serviços comerciais e na indústria.

Como ferramenta de pesquisa os reatores são utilizados por diversas ciências, como a Física, Química, Biologia, Medicina, Geologia, Arqueologia, Ciências Ambientais e Engenharia, na investigação das propriedades da matéria, desenvolvimento de novos materiais supercondutores, semicondutores, polímeros, compostos químicos e biológicos, análises por ativação neutrônica e neutrografia, dentre outras aplicações.[18]. São utilizados ainda no treinamento e formação de pessoal para universidades, institutos de pesquisa, hospitais e indústrias, além de dar suporte ao desenvolvimento tecnológico dos reatores de potência (437 em operação no final de 1997, produzindo 17% da eletricidade mundial) o que permite desenvolver reatores mais avançados, eficientes, econômicos e seguros [20].

Como prestadores de serviços comerciais e aplicações na indústria, reatores de pesquisa podem ser utilizados como fonte de nêutrons e de radiação gama para irradiação de materiais; na produção de radiofármacos para diagnóstico por tomografia e cintilografia, e tratamento de várias doenças; produção de radioisótopos e fontes seladas usados na agricultura, hidrologia, meteorologia, conservação de alimentos, e esterilização de material médico, além de aplicações na indústria mecânica pesada, siderúrgicas, montadoras de automóveis, fábricas de aviões, refinarias de petróleo, petroquímicas, mineradoras, construção civil, etc.

Um reator de pesquisa é um equipamento versátil, de forma que inexoravelmente surgem instalações multidisciplinares de pesquisa ao seu redor e é de se esperar que este centro que surge em torno do reator venha a fazer importantes contribuições à ciência, tecnologia, educação, saúde e outros interesses do país. A história do reator IPR – R1 não é diferente. Comprado pelo Instituto de Pesquisas Radioativas (IPR) da Escola de Engenharia da UFMG, hoje Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN), o IPR – R1 é um reator de pesquisas do tipo TRIGA Mark I projetado e fabricado pela General Atomic. Instalado no prédio I do CDTN, no campus da pampulha em Belo Horizonte, MG, o IPR – R1 atingiu a criticalidade pela primeira vez em 6 de Novembro de 1960. Inicialmente operando em um regime permanente de potência de 30

kW e após 1973 a 100 kW, o IPR – R1 tem sido utilizado para pesquisas em diversas áreas, como radioquímica, física de reatores, ciência dos materiais, engenharia ambiental, produção de radioisótopos médicos e industriais, e treinamento de operadores para a central núcleo-elétrica de Angra dos Reis [21].

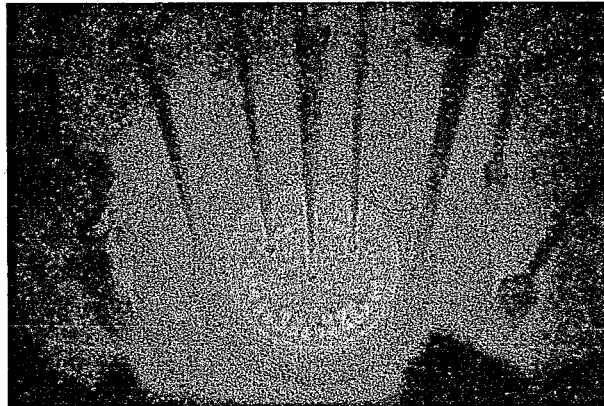


Figura 1 - Núcleo de Reator TRIGA

Até Setembro de 1995 havia 48 reatores TRIGA (Training Research Isotopes General Atomic) em operação e 2 em construção em 20 países [19]. Existem modelos que operam em regime de potência permanente de até 14 MW. Entretanto a potência do IPR – R1 deve ser limitada a 250 kW por serem a maioria dos seus elementos combustíveis revestidos de Alumínio. Potências maiores exigem revestimento do elemento combustível de aço inoxidável, além de modificações em alguns sistemas do reator.

2.2 – O AUMENTO DE POTÊNCIA

Atualmente o IPR – R1 opera em regime permanente de até 100 kW e o CDTN planeja realizar o aumento desta potência térmica para até 250 kW. Desde sua primeira criticalidade em 1960, o IPR – R1 operava em regime permanente de potência de 30 kW e durante curtos intervalos de tempo a 100 kW, devido a limitações do sistema de refrigeração. A partir de 1973 após modificações no sistema de refrigeração o reator passou a operar a 100 kW. Esta modificação permitia dissipar até 250 kW térmicos, potência na qual alguns reatores TRIGA já operavam. Como o CDTN pretendia, já naquela época, elevar a potência do IPR R1 até este patamar o sistema de refrigeração foi dimensionado para tal carga.

Em 1971 e 1972 os trabalhos de Virgílio M. Andrade e Silva [22] e de Clóvis W. Rodrigues [23] descrevem aspectos gerais e considerações de radioproteção do projeto de ampliação da potência do IPR - R1. Desde então diversas pessoas têm trabalhado neste projeto. Atualmente todo o sistema de refrigeração do reator, mesa de operação e instrumentação foram adequados para atender à nova faixa de operação. Novos elementos combustíveis já foram comprados e se encontram armazenados e disponíveis para serem adicionados ao núcleo. A fase atual, de licenciamento para operação na nova potência, demanda uma análise teórica das características neutrônicas e termohidráulicas do núcleo do reator. Esta análise neutrônica é o cerne dessa dissertação, e abrange:

- *A definição e elaboração de uma metodologia de cálculo neutrônico, com a escolha apropriada das ferramentas matemáticas e computacionais, tanto “hardware” quanto “software”, e a adequação destas às características e peculiaridades dos reatores de pesquisa, em especial o TRIGA IPR – R1.*

- *A validação desta metodologia de cálculo* contra trabalhos já realizados e disponíveis na literatura (“Benchmarks Calculations”) e resultados obtidos em experimentos com o IPR – R1.
- *A realização dos cálculos* para o IPR – R1, determinando uma configuração do núcleo para operação a 250 kW que atenda aos critérios de projeto neutrônico, de segurança, e atenda às peculiaridades operacionais do reator.

2.3 – CÁLCULO NEUTRÔNICO DE PEQUENOS REATORES DE PESQUISA

Com o surgimento e a rápida evolução dos microcomputadores verificada no final da década de 80 o interesse no cálculo dos pequenos reatores dos centros de pesquisa nuclear foi aguçado [2]. Vários centros já realizam cálculos para determinar precisamente a queima dos elementos combustíveis, otimização do núcleo (para produção de radioisótopos, maximização do fluxo, etc), modificações e “upgrading” dos reatores, gerência do combustível, cálculo dos coeficientes de reatividade, etc.

No Brasil, os institutos de pesquisa vem há vários anos buscando metodologias de cálculo adequadas para seus reatores de pesquisa. O IPEN/CNEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares) já conta com uma metodologia adequada para o cálculo do seu reator de pesquisas IEA – R1, que utiliza elementos combustíveis tipo MTR. Os códigos utilizados são o LEOPARD e HAMMER-TECHNION para geração das seções de choque e 2DB e CITATION para cálculo do núcleo [24-26]. A busca por uma metodologia de cálculo adequada para o IPR – R1 começou no início da década de 70 com os trabalhos de Carneiro, Terra e d’Albuquerque [3-5] utilizando o “pacote” GGC4 – formado pelos códigos GAM, GATHER, THERMOS, LIBP e GAKER – e ainda os códigos EREBUS e DASHQUE, sem contudo se atingirem resultados satisfatórios.

A primeira dificuldade encontrada para se realizar um cálculo neutrônico de pequenos reatores de pesquisa, particularmente os do tipo TRIGA, refere-se à escassa literatura disponível. A General Atomics certamente conta com uma metodologia de cálculo e códigos bastante eficientes, que infelizmente não são de domínio público. Sabe-se que utilizam alguns códigos de domínio público como MCNP, DIF3D e BURP, mas maiores informações não são fornecidas [27].

Em 1990 Iorgulis e Costescu publicam um trabalho em que relatam alguns cálculos para o TRIGA de 14 MW da Romênia [28]. Este reator utiliza combustível TRIGA, sendo entretanto um projeto singular que foge inteiramente aos modelos TRIGA padrão. Tal cálculo realizado a sete grupos energéticos (quatro térmicos) utilizou os códigos GGC4, AMPX, XSRDNPM, GRENADE, WIMS, 2-3DDT e REDUCE para obter o fator de multiplicação efetivo, distribuição do fluxo e queima. Ainda sobre o mesmo reator Bretscher e Snelgrove publicam resultados obtidos para o excesso de reatividade de algumas configurações de núcleo [29]. Utilizam os códigos EPRI-CELL, para o cálculo das constantes de grupo (oito grupos), e DIF3D e REBUS3 para os cálculos de difusão e queima.

A partir de meados dos anos 80, Ravnik, Mele e outros pesquisadores do Instituto Josef Stefan, em Ljubljana, Eslovênia, desenvolveram uma metodologia de cálculo para o seu reator TRIGA Mark II. Logo no início dos trabalhos constataram a carência de códigos computacionais adequados para o cálculo de reatores de pesquisa. A maioria dos códigos disponíveis foi desenvolvida para calcular reatores de potência e não são diretamente aplicáveis a reatores de pesquisa, devido às características diferenças destes, cujos materiais utilizados, geometrias dos elementos e do núcleo, e condições de operação são bastante diversos. Assim, esse grupo desenvolveu algumas ferramentas próprias de cálculo específicas para TRIGA, como por exemplo o código TRIGAC [30, 31] (ou sua versão mais antiga, TRIGAP) e uma biblioteca de dados nucleares para o código WIMS, que leva em consideração a presença do Hidrogênio na molécula de Hidreto de Zircônio, que compõe o combustível TRIGA. Esta equipe realizou trabalhos comparativos empregando os códigos WIMS, LEOPARD, EXTERMINATOR, SIXTUS e BINODE

[2]. As referências [48-54] apresentam alguns trabalhos recentes da equipe do Instituto Josef Stefan e de outros institutos.

Após decidir quais códigos empregar, uma primeira etapa do cálculo consiste na pesquisa, coleta e organização dos dados referentes à operação, material e geometria do reator. Os dados requeridos dependem do código computacional utilizado e do problema a ser resolvido, mas em geral não é uma tarefa trivial obtê-los exatamente para o reator de interesse. Normalmente estes dados estão disponíveis em forma genérica para todos os reatores de determinada classe na literatura. Mesmo no Relatório Final de Análise de Segurança, específico para o reator de interesse, que em princípio deveria conter todos os dados de material e geométricos de interesse, na prática somente parte das informações são encontradas lá.

A fonte mais confiável para se obter os dados geométricos de interesse são na prática a documentação de projeto, tal como plantas, desenhos mecânicos e especificações de fabricação. Os dados de material podem ser encontrados em relatórios do fabricante, ou melhor ainda pela troca de correspondência entre o fabricante e o operador do reator. Ainda assim muitas informações exatas não estão disponíveis para o reator de interesse como por exemplo, densidades de materiais, composição das ligas, impurezas importantes do ponto de vista neutrônico presentes nos materiais, concentração, composição e densidade dos venenos queimáveis, etc. Em geral, pode-se dizer que tão mais árdua será a tarefa de obter os dados de interesse quanto mais velho for o reator.

Outro dado importante no cálculo e difícil de ser obtido é a temperatura dos materiais constituintes do reator. Esta, apresenta valores diferentes para os distintos materiais do núcleo, ou mesmo tomada no mesmo material mas em posições diferentes. Para pequenos reatores de pesquisa essas diferenças não são muito grandes e podem ser negligenciadas. Comumente assume-se as temperaturas no combustível, revestimento e moderador como função da potência dissipada no elemento combustível.

2.4 – TRIGA – DESCRIÇÃO GERAL

A despeito das várias versões de TRIGA construídos, a grande maioria consiste de reatores refrigerados a água leve por convecção natural. O núcleo encontra-se mergulhado no fundo de um tanque de água leve desmineralizada com cerca de 6 metros de profundidade e 2 metros de diâmetro. O núcleo cilíndrico é revestido por um refletor de grafite em forma de anel. A parte ativa do núcleo contém 91 posições que podem ser preenchidas com elementos combustíveis, barras de controle, fonte de nêutrons, canais para irradiação de amostras e elementos “falsos” de grafite. Estas 91 posições são arranjadas em 6 anéis concêntricos, nomeados anéis A, B, C, D, E e F, com respectivamente 1, 6, 12, 18, 24 e 30 posições, conforme mostrado na figura 2 [21, 32, 33].

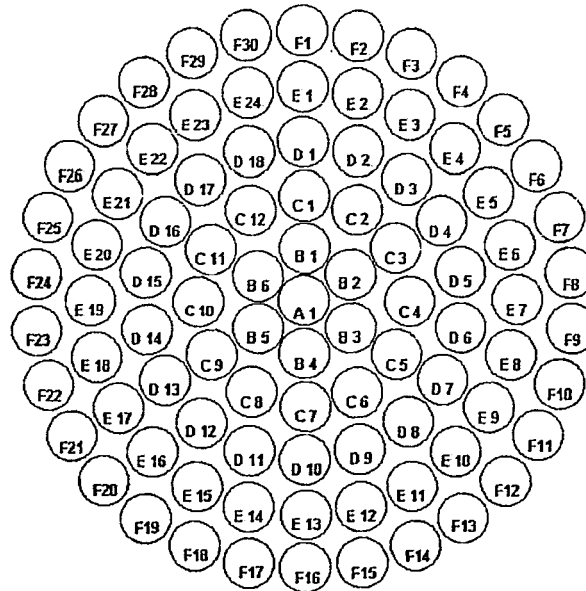


Figura 2 – Parte Ativa do Núcleo de um Reator TRIGA Típico.

Os elementos combustíveis constituem-se de barras cilíndricas de aproximadamente 72 cm de comprimento e 3,7 cm de diâmetro. O combustível é uma liga homogênea de Urânio metálico e Hidreto de Zircônio. A General Atomics fabrica e vende diversos tipos de elementos combustíveis para TRIGA com diferentes enriquecimentos, quantidade de urânio, taxa de Hidrogênio/Zircônio, revestimentos, etc. No capítulo 3 será fornecida uma descrição detalhada da geometria e composição do reator e de cada um dos elementos considerados nesse cálculo.

2.5 - AS EQUAÇÕES DE TRANSPORTE E DIFUSÃO DE NÊUTRONS

Nesta seção apresenta-se rapidamente as equações de transporte e difusão de nêutrons multigrupos, cuja solução nas devidas condições de contorno fornece parâmetros de interesse da Física de Reatores. Deduções detalhadas dessas equações estão amplamente disponíveis na literatura [6-10].

Inicialmente é conveniente definir duas variáveis dependentes. A primeira é a *densidade de nêutrons angular*, $n(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t)$, que corresponde ao número de nêutrons presentes na posição \vec{r} , com energia E , movendo-se na direção $\vec{\Omega}$, no tempo t . A segunda variável, *fluxo de nêutrons angular*, $\varphi(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t)$, é o produto da velocidade dos nêutrons, v , pela densidade de nêutrons angular, ou seja,

$$\varphi(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) = v n(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) \quad (1)$$

A equação de transporte de nêutrons é uma equação de balanço dos ganhos e perdas de nêutrons que podem ocorrer em um volume arbitrário, o qual será chamado "volume de controle", V . O número de nêutrons em V , com energia E e viajando na direção Ω é dado por

$$\left[\int_V n(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) d^3r \right] dE d\vec{\Omega}$$

Assim sendo, a variação temporal do número de nêutrons dentro do volume de controle, a qual podemos chamar taxa de nêutrons, é dada pela equação de balanço

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[\int_V n(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) d^3r \right] dE d\vec{\Omega} = \text{ganho de nêutrons em } V - \text{perda de nêutrons em } V \quad (2)$$

Os mecanismos de ganho e perda de nêutrons no volume de controle podem ser classificados como:

Fatores de ganho:

1. Fontes de nêutrons presentes dentro de V.
2. Nêutrons fluindo para dentro de V.
3. Nêutrons de diferentes energias e direções sofrendo espalhamento dentro de V que mudam suas energias e direções para aquelas de interesse.

Fatores de perda:

4. Nêutrons fluindo para fora de V.
5. Remoção de nêutrons dentro de V (absorção e espalhamento).

Matematicamente esses fatores podem ser escritos em termos da densidade de nêutrons angular como:

$$1 \rightarrow \left[\int_V s(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) d^3r \right] dE d\vec{\Omega} \quad (3)$$

$$5 \rightarrow \left[\int_V v \Sigma_f(\vec{r}, E) n(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) d^3r \right] dE d\vec{\Omega} \quad (4)$$

$$3 \rightarrow \left[\int_V d^3r \int_{4\pi} d\vec{\Omega}' \int_0^\infty dE' v' \Sigma_s(E' \rightarrow E, \vec{\Omega}' \rightarrow \vec{\Omega}) n(\vec{r}, E', \vec{\Omega}', t) \right] dE d\vec{\Omega} \quad (5)$$

$$2 - 4 \rightarrow - \left[\int_V d^3r v \vec{\Omega} \cdot \vec{\nabla} n(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) \right] dE d\vec{\Omega} \quad (6)$$

sendo, $s(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t)$, a densidade de nêutrons angular referente à fonte de nêutrons; $\Sigma_f(\vec{r}, E)$, a seção de choque macroscópica total; $\Sigma_s(E' \rightarrow E, \vec{\Omega}' \rightarrow \vec{\Omega})$ a seção de choque macroscópica de espalhamento da energia E' para energia E e direção $\vec{\Omega}'$ para $\vec{\Omega}$.

Assumindo que, o volume de controle é independente do tempo, o termo diferencial temporal na equação (2) pode ir para dentro da integral espacial e, a inserção de (3), (4), (5) e (6) em (2) produz

$$\begin{aligned} & \left[\int_V \frac{\partial n}{\partial t} d^3r \right] dE d\vec{\Omega} = \left[\int_V s(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) d^3r \right] dE d\vec{\Omega} + \\ & \left[\int_V d^3r \int_{4\pi} d\vec{\Omega}' \int_0^\infty dE' v' \Sigma_s(E' \rightarrow E, \vec{\Omega}' \rightarrow \vec{\Omega}) n(\vec{r}, E', \vec{\Omega}', t) \right] dE d\vec{\Omega} - \\ & \left[\int_V v \Sigma_f(\vec{r}, E) n(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) d^3r \right] dE d\vec{\Omega} - \left[\int_V d^3r v \vec{\Omega} \cdot \vec{\nabla} n(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) \right] dE d\vec{\Omega} \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\int_V d^3r \left[\frac{\partial n}{\partial t} + v \vec{\Omega} \cdot \vec{\nabla} n + v \Sigma_f n(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) - \int_{4\pi} d\vec{\Omega}' \int_0^\infty dE' v' \Sigma_s(E' \rightarrow E, \vec{\Omega}' \rightarrow \vec{\Omega}) n(\vec{r}, E', \vec{\Omega}', t) - s(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) \right]$$

$$= 0$$

Desde que o volume de controle, V , foi arbitrariamente escolhido a integral acima só se anula para qualquer volume se o integrando for igual a zero. Deste fato e da aplicação da equação (1) à equação acima obtém-se,

$$\frac{1}{v} \frac{\partial \varphi}{\partial t} + \vec{\Omega} \cdot \vec{\nabla} \varphi + \Sigma_t(\vec{r}, E) \varphi(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) = \int_{4\pi} d\vec{\Omega}' \int_0^\infty dE' \Sigma_s(E' \rightarrow E, \vec{\Omega}' \rightarrow \vec{\Omega}) \varphi(\vec{r}, E', \vec{\Omega}', t) + s(\vec{r}, E, \vec{\Omega}, t) \quad (7)$$

A equação (7) é conhecida como *Equação de Transporte de Nêutrons* (em função do fluxo). Esta é uma equação em que a variável dependente desconhecida, φ , tem sete variáveis independentes ($\vec{r} = x, y, z$; E ; $\vec{\Omega} = \theta, \phi$; t), além disso, contém termos com derivadas espaciais e temporais e termos com integrais de ângulo e energia (equação “integrodiferencial”). Portanto, vê-se que a solução dessa equação pode tornar-se bastante complexa ou até mesmo impossível. Em muitas situações é conveniente, pois, admitir simplificações para a equação de transporte de modo a facilitar sua solução.

A equação da difusão de nêutrons multigrupos pode ser obtida a partir da equação de transporte admitindo-se algumas simplificações. A primeira simplificação será retirar a dependência angular do fluxo de nêutrons (para a maioria dos cálculos de reatores os detalhes da dependência angular do fluxo não são necessários) e para isto basta integrar todos os termos da equação (7) sobre o ângulo sólido. Nas páginas 124 e 125 da referência [6] essa operação é mostrada em detalhes e resulta na chamada *equação da continuidade de nêutrons*, dada por

$$\frac{1}{v} \frac{\partial \phi}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \vec{J}(\vec{r}, E, t) + \Sigma_t(\vec{r}, E) \phi(\vec{r}, E, t) = \int_0^\infty dE' \Sigma_s(E' \rightarrow E) \phi(\vec{r}, E', t) + S(\vec{r}, E, t) \quad (8)$$

É importante notar que a equação (8) contém duas variáveis desconhecidas, o fluxo de nêutrons, $\phi(\vec{r}, E, t)$ e a densidade de corrente de nêutrons, $\vec{J}(\vec{r}, E, t)$, enquanto que a equação de transporte continha apenas uma variável desconhecida, o fluxo. Para resolver esse problema é necessário obter outra equação que relacione $\phi(\vec{r}, E, t)$ e $\vec{J}(\vec{r}, E, t)$. Contudo, não é possível expressar $\vec{J}(\vec{r}, E, t)$ em termos de $\phi(\vec{r}, E, t)$ de uma maneira geral e exata. Mas, se for assumido fonte isotrópica e definindo-se uma nova variável dependente da energia, o *coeficiente de difusão de nêutrons*, D , uma relação pode ser obtida, a saber

$$\vec{J}(\vec{r}, E, t) = -D(\vec{r}, E) \vec{\nabla} \phi(\vec{r}, E, t) \quad (9)$$

Admitindo-se espalhamento isotrópico o coeficiente de difusão de nêutrons pode ser definido por

$$D(\vec{r}, E) = \frac{1}{3\Sigma_t(\vec{r}, E)}$$

A substituição de (9) em (8) produz

$$\frac{1}{v} \frac{\partial \phi}{\partial t} - \vec{\nabla} \cdot D(\vec{r}, E) \vec{\nabla} \phi(\vec{r}, E, t) + \Sigma_t(\vec{r}, E) \phi(\vec{r}, E, t) = \int_0^\infty dE' \Sigma_s(E' \rightarrow E) \phi(\vec{r}, E', t) + S(\vec{r}, E, t) \quad (10)$$

A equação (10) é conhecida como *equação da difusão de nêutrons dependente da energia*. Essa equação desempenha um papel muito importante na análise de reatores nucleares pois ela é frequentemente tomada como ponto de partida para a obtenção das equações de difusão multigrupos. É importante ressaltar ainda que, a definição de coeficiente de difusão de

nêutrons como apresentado acima é muito fraca, pois, advém da hipótese de espalhamento isotrópico. Outras relações mais precisas para o cálculo do coeficiente de difusão podem ser encontradas nas referências [6-10].

A principal consideração a fazer para se obter a equação da difusão multigrupos é admitir a discretização do espectro de energia dos nêutrons em um número, G , de grupos de energia. Essa consideração, na prática substitui a integral de energia que aparece nas equações acima por um somatório. Obtém-se então

$$\frac{1}{v_g} \frac{\partial \phi_g}{\partial t} - \vec{\nabla} \cdot D_g(\vec{r}) \vec{\nabla} \phi + \Sigma_{tg} \phi_g(\vec{r}, t) - S_g = \sum_{g'=1}^G \Sigma_{sg'g} \phi_{g'} \quad g = 1, 2, \dots, G \quad (11)$$

onde os índices, g e g' , indicam a que grupo de energia se refere a variável. A equação (11) é conhecida como *equação da difusão de nêutrons multigrupos*.

A teoria multigrupo é a principal ferramenta para o cálculo de reatores e a obtenção das constantes de grupo (v_g , D_g , Σ_{tg} , $\Sigma_{sg'g}$, etc) leva à determinação da distribuição de nêutrons no reator. Para obter estas constantes e resolver as equações acima são utilizados códigos neutrônicos, que nada mais são do que programas de computador capazes de realizar a imensa quantidade de cálculos demandados para obter a solução destas equações. Neste trabalho foram empregados os códigos WIMSD4 e CITATION.

2.6 - MODELO FÍSICO DO CÁLCULO

A expressão *modelo físico* ou *modelo de cálculo* é normalmente usada para descrever a representação matemática de um determinado sistema físico, solucionado por meio de cálculos matemáticos. Esses modelos, são geralmente simplificados em relação à realidade, de forma a facilitar ou tornar possível a solução do problema.

Este cálculo neutrônico é realizado em duas etapas. A primeira, o *Cálculo das Células*, consiste na determinação das constantes de grupo efetivas homogeneizadas através de um cálculo de Transporte Multigrupos, realizado com o código WIMSD4. O cálculo do núcleo é efetuado na segunda etapa usando a Teoria da Difusão Multigrupos, pelo código CITATION.

O núcleo do reator é composto por diferentes "arranjos" de materiais, como por exemplo elementos combustíveis, barras de controle, dispositivos de irradiação, refletores, etc. Para cada um desses arranjos define-se uma célula representativa. Essas células podem ser formadas por diferentes materiais. Por exemplo: Uma célula de elemento combustível é formada pelo combustível (Urânio + Hidreto de Zircônio), pelo "gap" (espaçamento entre o combustível e o revestimento), pelo revestimento e pelo refrigerante (água) em torno do elemento. A célula barra de controle pode ser formada pelo material absorvedor, "gap" (espaçamento entre o material absorvedor e o revestimento), revestimento e refrigerante. No caso do TRIGA cada uma das 91 posições do núcleo é uma célula, bem como são células os revestimentos axial e radial de grafite e a água externa ao refletor. A determinação das constantes de grupo a dois grupos em cada uma dessas células é o objetivo da primeira etapa de cálculo.

A influência das células vizinhas, sobre a célula de interesse, pode ser levada em conta representando-se esta por um "cluster". Esse artifício é importante em dois casos: a célula central não contém combustível ou o combustível na célula central é muito diferente do das células em volta. O modelamento das células em forma de "clusters" apresenta também a vantagem de levar em conta as fugas de nêutrons da e para a célula central. Como será visto adiante as fugas exercem um papel importante no cálculo de pequenos reatores e não podem ser desprezadas.

O cálculo do refletor é muito importante em reatores de pesquisa. O refletor axial pode ser modelado exatamente como descrito acima, sendo a célula central formada por grafite, gap, revestimento e água e rodeada por seis células de elementos combustíveis. No caso do refletor radial os “clusters” de elementos combustíveis são circundados pela região anelar de grafite.

A estrutura dos grupos energéticos adotada no cálculo é uma característica importante e a idéia geral é que se use tantos grupos quantos forem aceitáveis do ponto de vista do tempo computacional demandado. Os cálculos de transporte com WIMS são todos realizados a 69 grupos. Para cálculos de difusão em pequenos reatores de pesquisa encontra-se na literatura recomendações para utilização de estruturas a quatro, seis, sete e até dez grupos [2, 11]. Cálculos que utilizem um número tão elevado de grupos demandam tempo de máquina muito grande, incompatível com a estrutura computacional disponível, formada basicamente por microcomputadores PENTIUM, e sem que, com isso se garanta a obtenção de resultados muito mais apurados. Por isto é adotada uma estrutura a dois grupos. Daqui a alguns anos certamente estarão disponíveis no mercado processadores mais rápidos (e de baixo custo) o que tornará viável utilizar uma estrutura com um número maior de grupos energéticos.

Outra característica do cálculo de reatores de pesquisa é que, os efeitos das ressonâncias do Urânio 238 no balanço de nêutrons não são dominantes, uma vez que estes reatores apresentam enriquecimento relativamente elevado. Assim, o modelamento do cálculo das ressonâncias para reatores de pesquisa não demanda grandes atenções (*fatores de Dancoff e Bell* por exemplo) como no caso de reatores de potência.

Como mencionado anteriormente, a contribuição das fugas no balanço de nêutrons consiste na principal fonte de erros do cálculo de reatores de pesquisa. Mesmo pequenos erros na determinação da fuga de nêutrons afetam significativamente o valor do k_{eff} . A aproximação por difusão do operador de fugas é falha devido ao grande gradiente do fluxo de nêutrons em reatores pequenos e altamente heterogêneos, como o TRIGA. Soma-se ainda o erro introduzido no cálculo e homogeneização do coeficiente de difusão. A referência [2] cita como 2% $\Delta k/k$ o erro absoluto típico no k_{eff} devido às fugas para cálculos de difusão multigrupo de pequenos reatores. Esse erro depende do tamanho do núcleo e da geometria do núcleo/refletor.

2.7 - WIMS

O programa WIMS [12] (Winfrith Improved Multigroup Scheme) inicialmente desenvolvido no Centro de Energia Atômica de Winfrith, na Inglaterra, é um código para cálculo de células que usa a Teoria de Transporte para calcular o fluxo de nêutrons como função da energia e posição na célula. A estrutura energética de sua biblioteca de dados nucleares permite sua utilização tanto para reatores rápidos quanto térmicos. Esta biblioteca trabalha com 69 grupos de energia, sendo 14 rápidos, 13 de ressonância e 42 térmicos.

WIMS primeiro calcula o espectro energético dos nêutrons em uma geometria simplificada, com poucas regiões espaciais, mas utilizando todos os 69 grupos energéticos. Depois usa este espectro para condensar as seções de choque eficazes básicas da biblioteca de 69 grupos para poucos grupos. Estas seções de choque a poucos grupos serão então utilizadas no cálculo de transporte central, agora em uma geometria detalhada. Os fluxos resultantes deste cálculo são então expandidos usando o espectro para 69 grupos, de modo que as taxas de reação para cada ponto espacial possam ser calculadas na estrutura de grupos desejada, incluindo a de 69 grupos.

O código lê as seções de choque microscópicas básicas direto da biblioteca (69 grupos). Destas, ele calcula as seções de choque macroscópicas para cada material, sendo a blindagem pelo efeito das ressonâncias automaticamente calculada. O primeiro cálculo de espectro (o a muitos grupos mas poucas regiões) é realizado utilizando métodos de Probabilidades de Colisão, enquanto que o cálculo de transporte principal (poucos grupos, muitas regiões) tem uma opção

para usar Probabilidade de Colisão ou o método DSN. No cálculo de fugas pode-se usar a teoria da difusão ou o método B1 [1, 6, 9, 10, 12].

Uma grande variedade de geometrias pode ser tratada, admitindo elementos cilíndricos ou de placas em um arranjo regular, homogêneos, “clusters” de varetas em geometria cilíndrica e cilindros finitos em geometria r-z. O programa pode ser usado também para cálculos de queima e problemas multicélulas. Uma descrição detalhada dos métodos de cálculo e do código pode ser encontrada nas referências [1, 12].

A versão do código WIMS empregada foi obtida do Centro de Tecnologia Nuclear de Cuba, CTN, e a partir deste momento será referenciada como WIMSD4C. As modificações realizadas pelos técnicos cubanos em relação à versão original do código são apresentadas no anexo 1.

2.8 - CITATION

O código CITATION [13] desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Oak Ridge, EUA, é um programa para análise do núcleo de reatores nucleares. Foi projetado para resolver problemas usando uma representação de Diferenças Finitas da Teoria da Difusão de nêutrons. Trata problemas com até três dimensões espaciais, com espalhamento arbitrário entre os grupos de energia, geometrias x-y-z, θ -r-z, hexagonal-z e trigonal-z. Problemas estáticos, de evolução e gerência do combustível para análise de ciclos múltiplos podem ser resolvidos. Fornece resultados para perturbação de primeira ordem, desde que sejam fornecidos os dados microscópicos e as concentrações dos núclídeos.

O programa utiliza a aproximação por diferenças finitas explícitas no espaço e tempo. Problemas de autovalores de fluxo neutrônico são resolvidos por iteração direta para determinar o k_{eff} ou as densidades dos núclídeos requeridas para um sistema crítico. Todo o código é escrito em FORTRAN IV.

2.9 – CRITÉRIOS DE PROJETO NEUTRÔNICO

É desejável ter vários diferentes sistemas de desligamento para o reator, de modo a tomar falhas simultâneas extremamente improváveis. Entretanto, em muitos projetos é difícil ter mais do que um sistema de desligamento de segurança e, dentre esses, o mais utilizado são simplesmente as barras de controle. Quando somente este dispositivo é usado, é necessário ter sempre mais de uma barra (ou banco de controle) com capacidade para desligar o reator, pois assume-se que uma qualquer pode emperrar ou sofrer algum tipo de mal funcionamento.

A fim de garantir não só o desligamento, mas também que a operação do reator se dará em condições seguras, alguns critérios de projeto neutrônico do núcleo devem ser respeitados. Estes visam garantir que: a operação do reator será segura e controlada; o reator pode ser desligado sempre que desejado; os limites de segurança não serão excedidos.

Das referências [34-36, 55] podem ser estabelecidos os seguintes critérios:

- No desligamento do reator, pelo menos duas barras de controle devem ser suficientes para fazê-lo, independentemente.
- A reatividade total das barras de controle deve ser tal que, com a barra de maior valor retirada, o total inserido garante uma margem mínima para desligamento de 200 pcm, considerando-se o núcleo frio e limpo.
- Os coeficientes de reatividade de temperatura e de vazio devem ser negativos.
- A taxa máxima de inserção de reatividade não deve ultrapassar 100 pcm/s.

Os dois primeiros critérios dizem respeito ao valor de reatividade das barras de controle, que são variáveis a serem determinadas no cálculo neutrônico. O primeiro, garante a disponibilidade de mais de um dispositivo de desligamento e ao mesmo tempo assegura a capacidade de inserir uma reatividade negativa no mínimo duas vezes maior do que o excesso de reatividade disponível. O segundo critério, além de assegurar o desligamento, garante a subcriticalidade após o resfriamento e decaimento do xenônio.

Talvez a característica mais marcante dos reatores TRIGA seja a que diz respeito ao atendimento do terceiro critério, pois estes reatores têm elevado coeficiente negativo de reatividade de temperatura instantâneo. Devido ainda à singular característica moderadora de seu combustível, a água exerce um papel secundário na moderação de nêutrons e o coeficiente de vazios é pouco significativo.

O quarto critério visa a impedir inserções muito rápidas de reatividade pelas barras de controle.

Uma característica desejável, ainda que não tenha caráter restritivo para a operação do reator, se refere à limitação do valor da reatividade da barra de regulação em até 790 pcm. Isso evitaria interferências significativas entre o sistema de segurança e o sistema automático de ajuste de potência, além de facilitar este ajuste.

2.10 - SIMULAÇÃO

A simulação matemática de sistemas físicos é uma poderosa ferramenta para solucionar problemas de engenharia e física. Em tais simulações, programas de computadores implementam as teorias matemáticas que descrevem os fenômenos físicos de interesse. Mais simples, baratos, rápidos e em muitas situações mais seguros do que a realização de experimentos, as simulações por computador são cada vez mais empregadas nas diversas áreas da ciência.

Para solucionar os problemas de Física de Reatores, as principais ferramentas matemáticas usadas são as Teorias da Difusão e de Transporte de nêutrons e os Métodos de Monte Carlo. Estas três teorias estão implementadas nas dezenas de programas (códigos neutrônicos) já desenvolvidos e testados, por diversos institutos, universidades e empresas.

Muitas vezes melhores resultados são obtidos quando se lança mão das duas ou até mesmo das três teorias. É o caso do cálculo de pequenos reatores, em que os códigos existentes não são isoladamente adequados, de modo que é necessário utilizar um código tal como WIMS, que é um código de transporte, e um segundo código, de difusão, para possibilitar cálculos reais de reatores, onde temperatura e queima desempenham um papel importante. Os códigos de Monte Carlo, que são geometricamente muito flexíveis, não são práticos para aplicações em que haja variações de temperatura e da composição isotópica. Além disso, cálculos de fluxo e distribuição de potência tornam-se muito trabalhosos.

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGIA

3.1 - METODOLOGIA DE CÁLCULO NEUTRÔNICO

A metodologia desenvolvida para o cálculo neutrônico do IPR – R1, baseia-se nos códigos WIMSD4C e CITATION para gerar as constantes de grupo e fazer o cálculo do núcleo, respectivamente. Todas as seções de choque empregadas nos cálculos, seja para o combustível, barras de controle, refletor, dispositivos de irradiação enfim, todas as regiões do núcleo, no início de vida ou nas várias fases de queima, são obtidas unicamente com WIMSD4C. No cálculo do núcleo, as seções de choque macroscópicas são então usadas no cálculo de difusão em três dimensões pelo CITATION.

3.2 – A BIBLIOTECA DE DADOS NUCLEARES

A biblioteca de dados nucleares usada nesse trabalho, à qual chamaremos de TRIGA.LIB, é uma versão da biblioteca padrão do WIMS distribuída pelo NEA Data Bank com o pacote WIMSD4. A biblioteca padrão foi modificada no Instituto Josef Stefan e otimizada no que concerne às características dos reatores TRIGA. Algumas das opções para materiais foram consideradas redundantes e por isso deletadas [2]. Os números identificadores dessas opções são:

4001	Hidrogênio ligado na molécula de água
4002	Deutério ligado na molécula de água
5002	Deutério ligado na molécula de água
8002	Deutério ligado na molécula de água
9002	Deutério ligado na molécula de água
1010	Boro 10
1011	Boro natural
232	Tório 232
233	Urânio 233
238	Urânio 238
1238	Urânio 238
239	Plutônio 239
1239	Plutônio 239
2239	Plutônio 239
240	Plutônio 240

Por outro lado, alguns materiais foram acrescentados. São os seguintes:

1001	Hidrogênio ligado na molécula de água
5001	Hidrogênio ligado na molécula de Hidreto de Zircônio
166	Érbio 166
1167	Érbio 167
1149	Samário 149

A matriz de espalhamento P1 do deutério foi trocada por uma para o Hidrogênio ligado no Hidreto de Zircônio. A seção de choque de transporte para os novos materiais 1001 e 5001, nos grupos rápidos, foram tomadas do material original 2001 (água). Os dados térmicos foram tabelados a 293, 400, 600 e 1000 Kelvin.

Os dados para outros núclídeos são independentes da temperatura e não incluem “upscattering” na faixa térmica.

Os novos dados para o Hidrogênio foram tirados das bibliotecas ENDF/B-V padrão e da ENDF/B-III (“Scattering Law”). Para o Samário, da ENDF/B-V (Produtos de Fissão). Para os isótopos do Érbio, da ENDF/B-IV (Produtos de Fissão). Todos os dados foram processados com o programa FEDGROUP-C [2].

3.3 - DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DE CÁLCULO NEUTRÔNICO

A Figura 3 mostra o esquema de cálculos. Inicialmente, são geradas as constantes de grupo com WIMSD4C a partir de um arquivo de entrada (*.I) com os dados para a célula em questão. O arquivo TRIGA.BIN contém os dados da biblioteca de dados nucleares para o WIMSD4C na forma binária. Esta biblioteca de dados foi descrita na seção anterior. O arquivo de saída (*.OUT) obtido após a execução de WIMSD4C será então a entrada para o programa auxiliar WTOC. WTOC, lê, extrai e escreve as constantes de grupo de interesse na formatação adequada para ser inserida no arquivo de entrada do CITATION. Os arquivos de saída de WTOC utilizam a extensão .CIT. Os valores constantes das saídas de WTOC serão por sua vez empregados na elaboração do arquivo de entrada do CITATION, chamado CITATION.INP. Após execução os resultados do cálculo são impressos no arquivo CITATION.PRN. Deste arquivo obtêm-se o valor do Fator de Multiplicação Efetivo de nêutrons, k_{eff} , distribuição de fluxo e potência, etc.

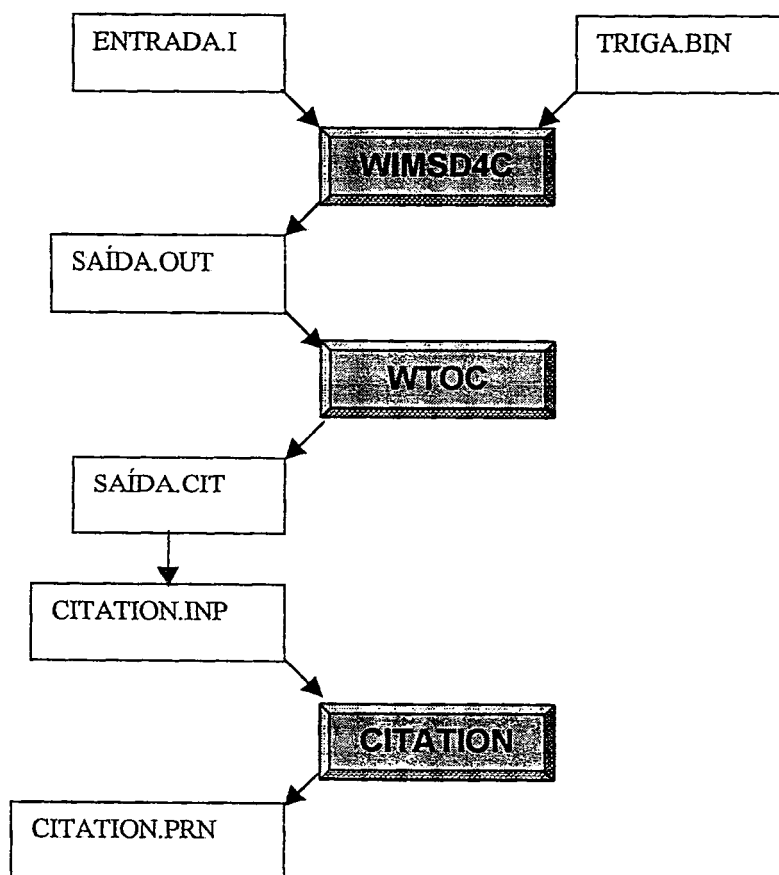


Figura 3 - Diagrama de Cálculo com WIMSD4C e CITATION

As opções de impressão dos resultados da distribuição do fluxo de nêutrons e da potência pelo código CITATION não são de fácil interpretação. O programa TRIGPOW, desenvolvido por Marcelo A. Veloso, da Supervisão de Reatores do CDTN, é utilizado para escrever a distribuição de potência para cada elemento que compõe o núcleo, a partir da distribuição pontual fornecida pelo CITATION. TRIGPOW não é representado na figura 3 porque ele apenas apresenta a distribuição de potência, calculada pelo CITATION, em um formato de fácil compreensão.

3.4 – VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA DE CÁLCULO NEUTRÔNICO

Para validar essa metodologia de cálculo, foram realizados cálculos para o reator TRIGA MARK II do Instituto Josef Stefan, de Ljubljana, bem como do excesso de reatividade do núcleo e do valor integral de reatividade das barras de controle do IPR – R1. Os cálculos para o reator esloveno se basearam nos dados publicados na referência [14]. Nessa referência, além dos resultados experimentais de excesso de reatividade, valor de reatividade de barras de controle, valor de reatividade de elementos combustíveis e coeficientes de reatividade de temperatura, constam todos os dados geométricos e de materiais necessários para a realização do cálculo “Benchmark”. Em seguida, foram efetuados cálculos para a configuração “Beginning of Life” (BOL) do IPR – R1. Os resultados, de excesso de reatividade e valor de reatividade de barras foram comparados com os valores experimentais medidos no início de sua operação em 1960. Finalmente, é simulada a queima dos elementos combustíveis e os resultados comparados com os valores medidos em determinadas fases da evolução do núcleo [37-41].

Para o cálculo da reatividade das barras de controle e dos elementos combustíveis, define-se reatividade como:

$$\rho = \left(\frac{1}{k_1} - \frac{1}{k_2} \right) \times 10^5 \quad (pcm)$$

onde k_1 é o fator de multiplicação efetivo de nêutrons com a barra na posição inicial (ou com elemento combustível inserido) e k_2 com a barra na posição final (ou com o elemento retirado).

Define-se ainda o Coeficiente de Reatividade de Temperatura do Combustível, α_T , como:

$$\alpha_T = \left[\left(\frac{1}{k_1} - \frac{1}{k_2} \right) \times 10^5 \right] / (T_2 - T_1) \quad (pcm / ^\circ C)$$

onde k_1 é o fator de multiplicação efetivo de nêutrons com o combustível à temperatura T_1 e k_2 à temperatura T_2 .

Nas seções a seguir são apresentados os dados geométricos e de materiais dos reatores TRIGA e é explicado como foram elaborados os arquivos de entrada de dados dos códigos.

3.4.1 - BENCHMARK DO TRIGA ESLOVENO

Essa é a primeira parte da validação dos cálculos, a simulação para o reator TRIGA MARK II do Instituto Josef Stefan. Uma descrição pormenorizada do reator e dos experimentos realizados pode ser obtida na referência [14], portanto será apresentado aqui apenas um resumo de suas principais características.

3.4.1.1 - Dados do Reator

Os valores dos parâmetros de interesse para o cálculo do reator TRIGA de Ljubljana são apresentados por meio de tabelas e figuras e serão utilizados mais adiante na elaboração dos dados de entrada, tanto de WIMSD4C quanto de CITATION. A figura 4 apresenta as dimensões

radiais da parte ativa do núcleo com as distâncias em centímetros do centro do reator ao centro de cada anel, o raio do núcleo e o raio do refletor radial. A figura 5 mostra a parte ativa e o refletor, indicando as dimensões axiais de interesse. O esquema do elemento combustível e das barras de controle (barras do tipo "fuelled follower") podem ser vistos na figura 6, com as dimensões axiais dos seus constituintes. As barras de controle desse reator são de um tipo misto, com a parte superior constituída por material absorvedor e a parte inferior por combustível. Quando estas barras estão inteiramente retiradas do núcleo, a parte superior, absorvedora, fica inteiramente fora do núcleo ativo e a parte combustível posiciona-se no núcleo ativo. As três barras nomeadas R, S e C; Reguladora, Segurança e Controle respectivamente, são deste tipo. A barra T, Transiente, apresenta uma pequena diferença. A parte inferior não contém combustível, é vazia. Barras como a transiente são conhecidas como tipo "air follower".

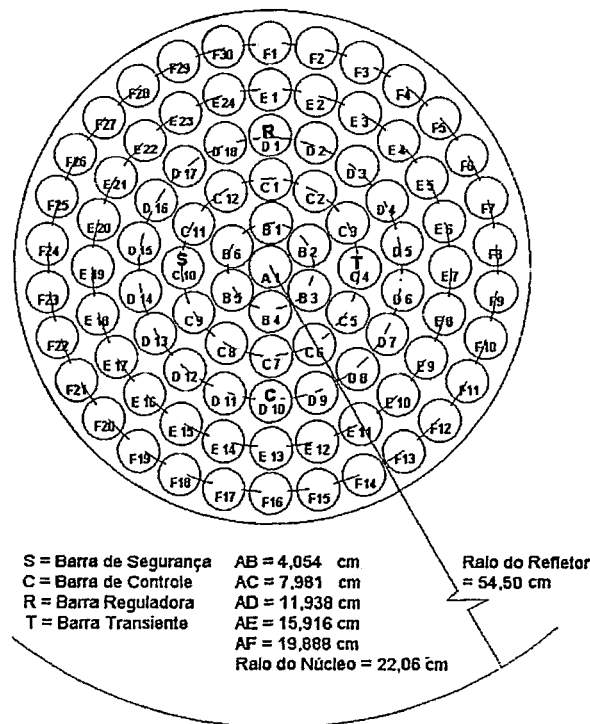


Figura 4 - Corte Radial do Núcleo do Reator Esloveno.

As figuras 7 e 8 mostram as configurações do núcleo do reator em que foram realizadas as medições e as quais serão simuladas no cálculo. Essas configurações foram chamadas “133” e “134”, diferindo apenas no número e posição dos elementos combustíveis situados no anel E, e na posição da fonte de nêutrons. A configuração 133 conta com sete elementos combustíveis no anel E, ocupando as posições E16 a E22. A figura 7 mostra a fonte de nêutrons posicionada em E12, mas também foram feitas medidas de excesso de reatividade do núcleo 133 com a fonte em E7 e com a fonte de nêutrons fora do núcleo. A configuração 134, mais reativa, contém doze elementos combustíveis no anel E e a fonte situa-se na posição E7. As barras de regulação, segurança, controle e transiente situam-se respectivamente, nas posições D1, C10, D10 e C4, para ambas as configurações de núcleo.

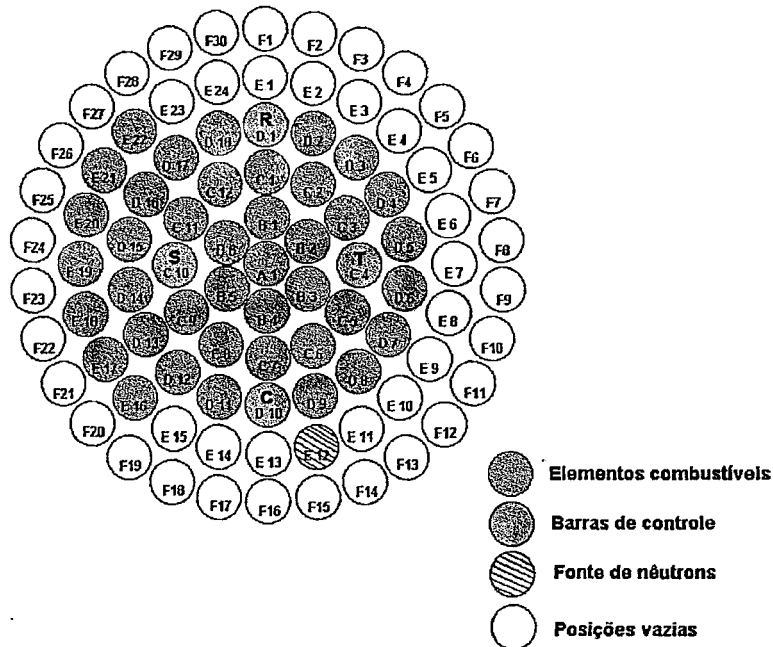


Figura 7 - Configuração ‘133’ do Núcleo do Reator TRIGA Esloveno

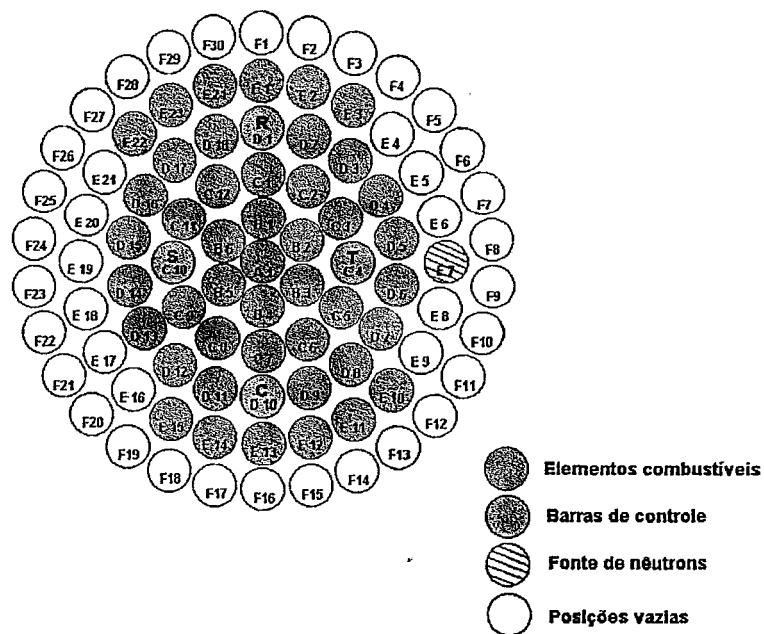


Figura 8 - Configuração ‘134’ do Núcleo do Reator TRIGA Esloveno

A tabela 1 apresenta os dados geométricos e a composição dos componentes do reator. A composição das barras de controle, dos elementos combustíveis e do combustível nos "fueled follower" é mostrada na tabela 2.

Tabela 1 - Dimensões e Materiais do Reator

Componente	Dimensão (cm)	Material
Refletor		
Espessura	30,5	Grafite
Altura	56,6	
Revestimento	0,6 e 1,3	Alumínio
Elemento Combustível		
Diâmetro externo	3,75412 + 0 a 0,01524	
Comprimento	72,06	
Diâmetro de combustível	3,6449 + 0,00762 a 0	U-ZrH
Espessura do revestimento	0,0508 ± 0,00254	Aço Inoxidável
Diâmetro do pino central	0,635	Zircônio
Altura de combustível	38,1	
Refletor axial inferior	8,814	Grafite
Refletor axial superior	8,738	Grafite
Barra de controle <i>Fueled-follower</i>		
Comprimento total	111,125	
Comprimento de combustível	38,1	U-ZRH
Comprimento de absorvedor	38,1	B4C
Diâmetro externo	3,4925	
Espessura do revestimento	0,0508b	aço inoxidável tipo 304
Diâmetro de combustível	3,3299 ^a	U-ZrH
Diâmetro de absorvedor	3,3299	B4C
Diâmetro do pino central	0,635	Zircônio
Tubo guia da barra transiente		
Diâmetro externo	3,8	Alumínio
Espessura	0,3	
Barra Transiente		
Diâmetro externo	3,175	
Espessura do revestimento	0,0711	Alumínio
Comprimento do absorvedor	38,1	B4C
Comprimento do seguidor de ar	38,1	Vazio
Fonte de nêutrons		
Diâmetro externo	Igual ao elemento combustível.	Vazio + Ra-Be(10^6 n/s)
Revestimento		Alumínio
Tubo central		
Raio do tubo central	1,694 cm	
Espessura da parede do tubo	0,211 cm	Alumínio

Tabela 2 – Composição do Elemento Combustível e das Barras de Controle *Fueled Follower*.

Composição	Combustível no elemento Combustível	Combustível no <i>Fueled follower</i>
Massa de U-ZrH (g)	2360	1957,55
Massa de urânio (g)	278,27 ± 1,90	235,66 ± 2,26
Massa de U235 (g)	55,39 ± 0,39	46,89 ± 0,45
Urânio (% em massa)	11,79 ± 0,08	11,99 ± 0,06
Enriquecimento (% massa)	19,9 ± 0,1	19,90 ± 0,0
Taxa Hidrogênio : zircônio	1,65	1,65
Composição	Barras absorvedoras	
Absorvedor	B4C	
Densidade (g/cm ³)	2,48	
Boro natural (% em massa)	78	

As Tabelas 1 e 2 foram extraídas da Ref.14.

3.4.1.2 - Cálculo das Densidades Atômicas

Descreve-se nessa seção como foram efetuados os cálculos para determinação das densidades atômicas. O valor desta variável para os diferentes materiais presentes no reator tem grande influência na determinação das seções de choque macroscópicas e deve ser fornecida na entrada do WIMS. As densidades específicas são encontradas na referência [8], com exceção da do combustível, para o qual se calcula com base nos dados fornecidos na seção 3.4.1.1.

Cálculo da densidade do combustível:

$$\begin{aligned} \text{Volume de U-ZrH} &= \pi (R_{\text{U-ZrH}}^2 - R_{\text{Zr}}^2) \times \text{Altura Ativa} = \\ &= \pi (1,82245^2 - 0,3175^2) \times 38,1 = 385,4788 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Densidade do combustível U-ZrH} &= (\text{Massa de U-ZrH}) / (\text{Volume de U-ZrH}) = \\ &= 2360 / 385,4788 = 6,12226 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

Cálculo das densidades atômicas:

As densidades atômicas podem ser obtidas da seguinte relação:

$$N_i = \frac{W_i \rho N_A}{M_i},$$

onde N_i , W_i , ρ , N_A , M_i são respectivamente, a densidade atômica do isótopo i , a fração de massa do isótopo i , a densidade do material, o número de Avogadro e a massa atômica do isótopo i . Estes valores são apresentados na Tabela 3, tanto para o combustível quanto para os demais materiais de interesse.

Tabela 3 - Propriedades dos Materiais

Região	Nuclídeo	Fração em Massa	Densidade (g/cm ³)	Massa Atômica [42]	Densidade Atômica x 10 ²⁴ (átom/cm ³)
Pino central	Zircônio	1,0000	6,5	91,22	4,291E-02
Combustível	Hidrogênio	0,0165	6,12	1,00797	6,0352E-02
	Zircônio	0,8635		91,22	3,4900E-02
	Urânio 235	0,0240		235,0439	3,7646E-04
	Urânio 238	0,0960		238,0508	1,4868E-03
Água	Hidrogênio	0,1119	0,997	1,00797	6,6653E-02
	Oxigênio	0,8881		15,9994	3,3327E-02
Barras de Controle	Boro	0,78	2,48	10,811	1,0775E-1
	Carbono	0,22		12,01115	2,7355E-2
Alumínio	Alumínio	1,0000	2,7	26,9815	6,0261E-2
Refletor	Carbono	1,0000	1,67	12,01115	8,3729E-2
Revestimento do combustível	Cromo	0,1902	7,89	51,998	1,7382E-02
	Manganês 55	0,0200		54,938	1,7314E-03
	Ferro *	0,6959		55,847	5,9202E-02
	Níquel	0,0939		58,71	7,5993E-03

* De acordo com orientação da referência [12] o valor da densidade atômica do ferro que compõe o aço inoxidável, na entrada do WIMS, é dividida em 30% para a identificação de isótopo 1056 e 70% para a identificação 56.

3.4.1.3. Cálculo dos Bucklings Radial e Axial

Uma estimativa do valor dos Bucklings radial e axial, que fornecem uma medida da fuga de nêutrons radial e axial no reator, também deve ser fornecida na entrada do WIMS, apesar do programa possuir opções de cálculo dos Bucklings críticos. Para reatores cilíndricos finitos tem-se:

$$B_r^2 = \left(\frac{2,405}{\tilde{R}} \right)^2$$

$$B_a^2 = \left(\frac{\pi}{\tilde{H}} \right)^2$$

Tomando o raio do núcleo da ordem da distância entre o anel A e o anel E, e a altura, da ordem do núcleo ativo mais os refletores radiais, tem-se, $\tilde{R} = 15,8 \text{ cm}$ e $\tilde{H} = 55,6 \text{ cm}$; logo,

$$B_r^2 = \left(\frac{2,405}{\tilde{R}} \right)^2 = 2,3169\text{E}-2 \text{ cm}^2$$

$$B_a^2 = \left(\frac{\pi}{\tilde{H}} \right)^2 = 3,1926\text{E}-3 \text{ cm}^2$$

3.4.1.4. Elaboração das Entradas de Dados

Utilizando os dados acima foram elaborados dez arquivos de entrada para WIMSD4C. Dos dez arquivos de saída resultantes foram retiradas as constantes de grupo (2 grupos) para as 24 zonas (áreas cujas propriedades são consideradas constantes) com que o núcleo foi modelado. Essas zonas, a identificação dos arquivos que as geraram, e o número da *homozone* (região em que os materiais são automaticamente homogeneizados pelo WIMSD4C) correspondente, são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Zonas do Reator, Nome do Arquivo de Saída do WIMSD4C e Número da *Homozone*.

Zona	Arquivo de saída	Homozone
Combustível nos anéis A, B, C, D, E, D "sombreado" por água.	FUELS.OUT	1
Água nos anéis E/F.	RADREF.OUT	3
Água após o refletor	RADREF.OUT	7
Refletor axial de grafite.	AXREF.OUT	1
<i>Fueled follower</i> nos anéis C e D	FFOL.OUT	1
<i>Air follower</i> /fonte de nêutrons	AIRFOL.OUT	1
Barras de controle R/C/S	CONTROD.OUT	1
Barra de controle T	TROD.OUT	1
Zona abaixo do <i>air follower</i>	AIRFODOW.OUT	1
Zona 1 do refletor radial de grafite	RADREF.OUT	4
Zona 2 do refletor radial de grafite	RADREF.OUT	5
Zona 3 do refletor radial de grafite	RADREF.OUT	6
Água ao se retirar elementos combustíveis dos anéis A, B, C, D e E	WATERHOL.OUT	1
Zona abaixo do <i>fueled follower</i> .	FFOLDOWN.OUT	1

As constantes de grupo assim geradas foram inseridas nos arquivos de entrada do CITATION. Foram elaborados 19 casos para CITATION; 5 casos referentes ao cálculo do excesso de reatividade no núcleo para diferentes configurações, 10 para o valor da reatividade dos elementos combustíveis em diferentes posições e 4 casos referentes ao cálculo do valor integral de reatividade das barras de controle. Os resultados destes cálculos constam no capítulo 4.

Para o cálculo do Coeficiente de Reatividade do Combustível, a temperatura foi modificada nos arquivos FUELS.I e FFOL.I, e os novos arquivos nomeados FUELS1.I a FUELS8.I, e FFOL1.I a FFOL8.I.

3.4.2 - CONFIGURAÇÃO INICIAL DO IPR – R1

A simulação *Beginning of Life* (BOL), do reator TRIGA IPR – R1 do CDTN também foi realizada. Sua geometria é idêntica à do TRIGA Esloveno, assim sendo, são utilizados os mesmos dados geométricos. As diferenças se resumem aos elementos constituintes (elementos combustíveis, barras de controle, elementos falsos de grafite e dispositivos de irradiação) e à distribuição dos elementos pelo núcleo. As características que diferem o IPR – R1 do reator esloveno são apresentadas a seguir [21, 32, 33, 44, 45].

3.4.2.1 Dados do Reator

Os valores dos parâmetros de interesse para o cálculo do reator TRIGA IPR – R1 são apresentados nas tabelas e figuras a seguir. Estes dados serão utilizados mais adiante na elaboração dos dados de entrada, tanto do WIMSD4C quanto do CITATION, de forma análoga à realizada na seção 3.4.1.

A figura 9 mostra esquematicamente o IPR – R1, que se encontra posicionado no fundo de um poço abaixo do nível do solo. Esta é a característica que distingue o reator TRIGA Mark I do Mark II. O Mark II situa-se em um tanque acima do nível do solo, o que permite dispositivos de irradiação com acesso lateral ao núcleo.

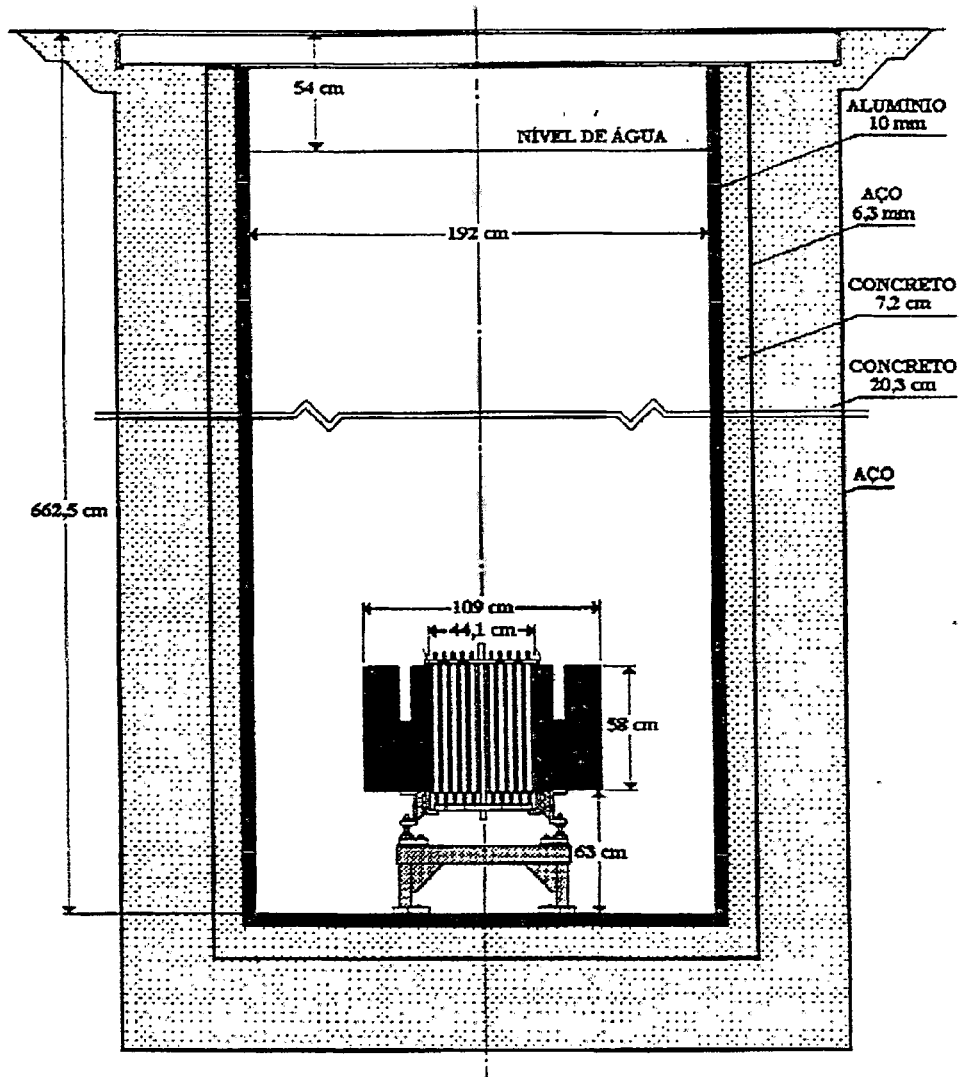


Figura 9 – Poço do Reator IPR – R1

A figura 10 mostra as características dos elementos combustíveis usados no IPR – R1. À esquerda é representado o elemento com revestimento de alumínio e à direita o revestido por aço inox. Na configuração de núcleo atual do reator somente elementos de alumínio estão sendo usados. Os de inox serão usados para elevar a potência.

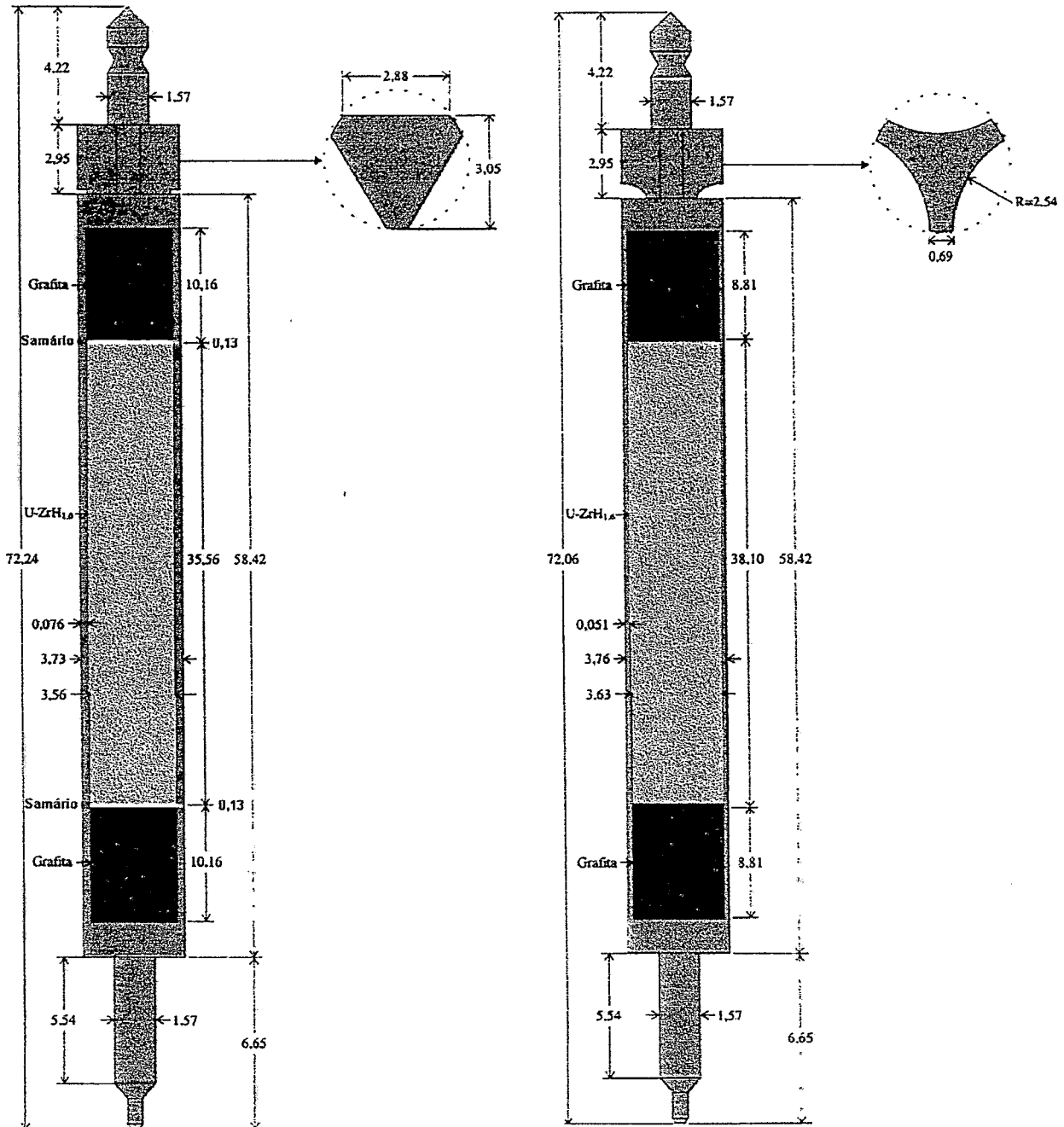


Figura 10 - Corte Axial do Elemento Combustível. O da esquerda tem revestimento de alumínio e o da direita de aço inoxidável (dimensões em cm)

A tabela 5 apresenta os dados geométricos e a composição dos componentes do reator. A composição dos elementos combustíveis é mostrada na tabela 6. A figura 11 mostra a configuração BOL do reator, na qual ele começou a operar em 1960.

Tabela 5 - Dimensões e Materiais do Reator IPR – R1

Componente	Dimensão (cm)	Material
Elemento Combustível revestido por Alumínio		
Diâmetro externo	3,73	
Comprimento	72,24	
Diâmetro de combustível	3,56	U-ZrH
Espessura do revestimento	0,076	Alumínio
Altura de combustível	35,56	
Refletor axial inferior	10,16	Grafite
Refletor axial superior	10,16	Grafite
Elemento Combustível revestido por Aço inoxidável		
Diâmetro externo	3,76	
Comprimento	72,06	
Diâmetro de combustível	3,63	U-ZrH
Espessura do revestimento	0,051	Aço inoxidável - 304
Altura de combustível	38,1	
Refletor axial inferior	8,81	Grafite
Refletor axial superior	8,81	Grafite
Elemento falso de grafite	Todas as dimensões iguais às do elemento combustível	Grafite
Barras de controle		
Comprimento total	51	
Comprimento de absorvedor	38,1	B4C
Diâmetro externo	2,22	
Espessura do revestimento	0,145b	Alumínio
Diâmetro de absorvedor	1,9	B4C
Veneno Queimável		
Diâmetro do disco	3,56	Samário
Espessura do disco	0,13	
Tubo guia das barras		
Diâmetro externo	3,8	Alumínio
Espessura	0,3	
Fonte de nêutrons		
Diâmetro externo	Igual ao elemento combustível.	Actínio - Berílio
Revestimento		Alumínio
Terminal Pneumático		
Raio interno	1,40 cm	Vazio
Espessura do tubo	0,21 cm	Alumínio
Tubo central		
Raio do tubo central	1,69 cm	
Espessura da parede do tubo	0,21 cm	Alumínio

Tabela 6 - Composição dos Elementos Combustíveis do IPR - R1

Composição	Elementos combustíveis revestidos por Alumínio	Elementos combustíveis revestidos por aço
Massa de U235 (g)	37	38
Urânio (% massa)	8	8,5
Enriquecimento (% massa)	20	20
Taxa Hidrogênio : zircônio	1,0	1,6

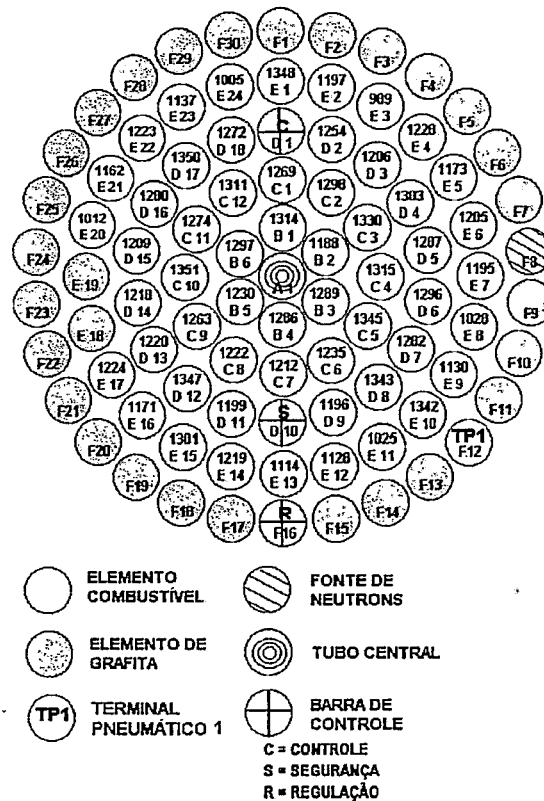


Figura 11 - Configuração Inicial do IPR–R1 (Configuração 1)

3.4.2.2. Cálculo das Densidades Atômicas

A Tabela 7 apresenta as propriedades dos materiais que interessam no cálculo do IPR – R1. O procedimento para calculá-las, em geral, é idêntico ao realizado na seção 3.4.1. As modificações se referem ao cálculo do veneno queimável e da densidade específica do combustível; para este último, preferimos utilizar a equação recomendada pelo fabricante [33], a saber:

$$\rho = 6,83 - 0,55n ,$$

onde n é a razão H:Zr. Para os elementos de alumínio, n=1,0; para os de aço inoxidável n=1,6; logo,

$$\begin{aligned} \rho &= 6,28 \text{ g/cm}^3 && \text{para elementos com revestimento de alumínio} \\ \rho &= 5,95 \text{ g/cm}^3 && \text{para elementos com revestimento de aço inoxidável} \end{aligned}$$

Essa relação não foi utilizada para o cálculo da densidade do combustível do reator esloveno por ser o combustível deste de fabricação recente, em que certamente algumas modificações devem ter sido introduzidas na sua fabricação, gerando assim dúvidas quanto à validade da sua aplicação.

Tabela 7 - Propriedades dos Materiais

Região	Nuclídeo	Fração em Massa	Densidade (g/cm ³)	Massa Atômica	Densidade Atômica x 10 ²⁴ (átom/cm ³)
Combustível "de Alumínio"	Hidrogênio	0,010	6,28	1,00797	3,7525E-02
	Zircônio	0,910		91,22	3,7727E-02
	Urânio 235	0,016		235,0439	2,5744E-04
	Urânio 238	0,064		238,0508	1,0167E-03
Combustível "de Aço inoxidável"	Hidrogênio	0,016	5,95	1,00797	5,6876E-02
	Zircônio	0,899		91,22	3,5312E-02
	Urânio 235	0,017		235,0439	2,5915E-04
	Urânio 238	0,068		238,0508	1,0235E-03
Água	Hidrogênio	0,1119	0,997	1,00797	6,6653E-02
	Oxigênio	0,8881		15,9994	3,3327E-02
Barras de Controle	Boro	0,78	2,48	10,811	1,0775E-1
	Carbono	0,22		12,01115	2,7355E-2
Revestimento de alumínio	Alumínio	1,0000	2,7	26,9815	6,0261E-2
Revestimento de aço inoxidável	Cromo	0,1902	7,89	51,998	1,7382E-02
	Manganês 55	0,0200		54,938	1,7314E-03
	Ferro *	0,6959		55,847	5,9202E-02
	Níquel	0,0939		58,71	7,5993E-03
Veneno queimável	Alumínio	0,4365	5,08	26,9815	4,9491E-02
	Samário 147	0,1497		146,9146	3,1172E-03
	Samário 149	0,1383		148,9169	2,8411E-03
	Samário 150	0,0744		149,9170	1,5182E-03
	Samário 152	0,2672		151,9195	5,3806E-03
Refletor/Elem. falsos	Carbono	1,0000	1,67	12,01115	8,3729E-2

* De acordo com orientação da referência [12] o valor da densidade atômica do ferro que compõe o aço inoxidável, na entrada do WIMS, é dividida em 30% para a identificação de isótopo 1056 e 70% para a identificação 56.

No cálculo das densidades do veneno queimável várias suposições tiveram que ser feitas por falta de informações mais precisas sobre o mesmo. Na referência [33] diz-se que cada disco de veneno queimável contém cerca de 3 gramas de Samário em uma matriz de Alumínio. A partir deste dado e da geometria dos discos foi realizada a seguinte aproximação:

- Massa de Samário = 3 gramas
- Volume do disco = $\pi R^2 H = \pi (1,78)^2 (0,13) = 1,29 \text{ cm}^3$
- Volume ocupado pelo Samário = $(m_{Sm}) / (\rho_{Sm}) = 3 / (6,93) = 0,43 \text{ cm}^3$
- Volume de Alumínio = $1,29 - 0,43 = 0,86 \text{ cm}^3$
- Massa de Alumínio = $2,7 \times 0,86 = 2,32 \text{ gramas}$
- Fração em massa para o Alumínio = $2,32 / 5,32 = 0,436$

- Fração em massa do Samário: Supôs-se a fração de cada isótopo do Samário igual à abundância natural dos isótopos Sm147, Sm149, Sm150 e Sm152.
- Densidade da liga SmAl = $(W_{iSm} \times \rho_{Sm}) + (W_{iAl} \times \rho_{Al}) =$
 $= (0,564 \times 6,93) + (0,436 \times 2,7) = 5,08 \text{ g/cm}^3$

3.4.2.3. Elaboração das Entradas de Dados

Utilizando os dados acima e obedecendo ao mesmo procedimento descrito na seção 3.4.1 foram elaborados onze arquivos de entrada para WIMSD4C. Dos onze arquivos de saída resultantes foram retiradas as constantes de grupo (2 grupos) para as 19 zonas com que o núcleo foi modelado. Essas zonas, os arquivos que as geraram e o número da *homozone* correspondente, são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 - Zonas do Reator, Nome do Arquivo de Saída do WIMSD4C e Número da *Homozone*

Zona	Arquivo de saída	Homozone
Tubo central	WTRI1A.OUT	1
Combustível nos anéis B, C, D, E, F, E'	WTRI2-5A.OUT	1
Refletor axial de grafite.	WTRIPRGA.OUT	1
Barras de controle e segurança	WTRIPRCO.OUT	1
Barra reguladora	WTRIPREG.OUT	1
Fonte de nêutrons	WTRIPRSO.OUT	1
Elementos falsos de grafite	WTRIEFAL.OUT	1
Zona 1 do refletor radial de grafite	WTRIREFA.OUT	3
Zona 2 do refletor radial de grafite	WTRIREFA.OUT	4
Zona 3 do refletor radial de grafite	WTRIREFA.OUT	5
Água após o refletor	WTRIREFA.OUT	6
Terminal pneumático	WTRITP1.OUT	1
Veneno queimável	WTRISAMA.OUT	1
Água sob as barras de controle	WTRIIWAHO.OUT	1

As constantes de grupo assim geradas foram então inseridas nos arquivos de entrada do CITATION. Foram elaborados quatro casos para CITATION; um referente ao cálculo do excesso de reatividade no núcleo e três casos referentes ao cálculo do valor integral das barras de controle. Os resultados são apresentados no capítulo 4.

3.4.3 - QUEIMA DO NÚCLEO DO IPR – R1

Essa seção complementa os trabalhos de validação da metodologia de cálculo. Foram simulados os excessos de reatividade do núcleo em determinadas épocas da “vida” do reator para as quais dados experimentais estão disponíveis para comparação [37]. Valores de reatividade de determinados elementos combustíveis também são simulados e comparados com valores recentemente medidos pela equipe de operação do reator [38], bem como valor de reatividade das barras de controle. As figuras 12 e 13 mostram as configurações 4 e 5, nas quais o IPR – R1 operou respectivamente de 1973 a 1996 e de 1996 até os dias atuais, sempre à máxima potência de 100 kW. A configuração 5 difere da 4 pela substituição do elemento de grafite da posição F24 pelo elemento combustível 1137. Esse elemento combustível ocupou a posição E23 de 06/11/1960 a 11/07/1967 quando foi retirado do núcleo devido a uma queda. A energia dissipada por todo o núcleo na data de retirada desse elemento somava 180 MWh. Em 1996 esse elemento combustível foi reinserido no núcleo, na posição F24, após ter sido restaurado.

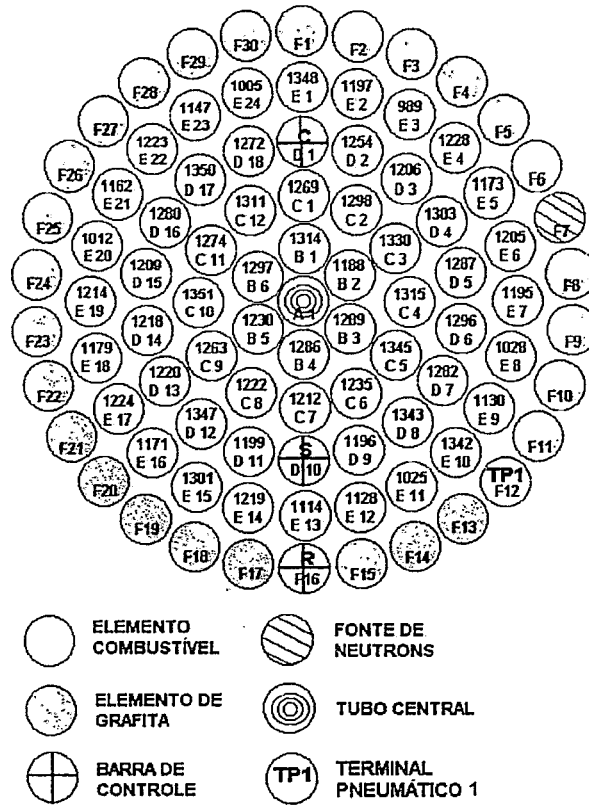


Figura 12 - Configuração 4 do Núcleo do IPR-R1

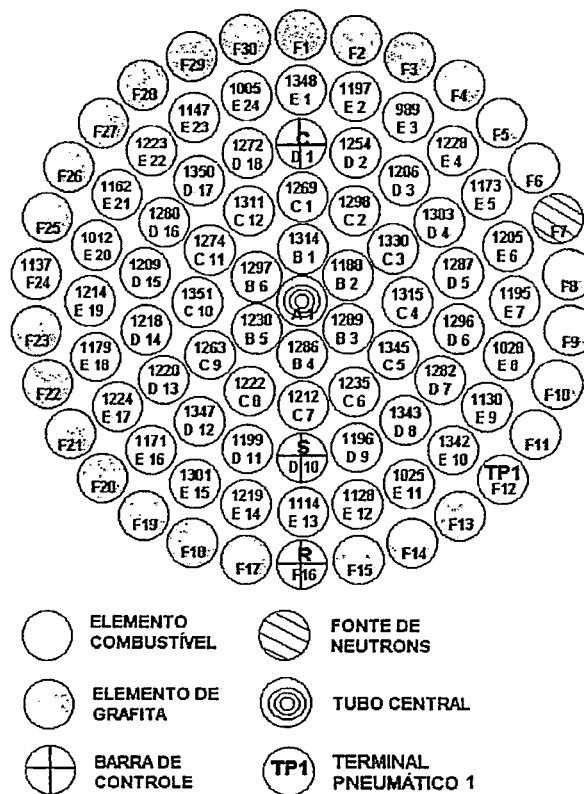


Figura 13 - Configuração Atual do Núcleo do IPR-R1 (Configuração 5)

3.4.3.1 Elaboração das Entradas de Dados

Obedecendo aos mesmos procedimentos anteriormente descritos e utilizando os dados das tabelas 5, 6 e 7 foram elaborados quatorze arquivos de entrada para WIMSD4C. Destes, quatro são utilizados para gerar as constantes de grupo dos elementos combustíveis, sendo dois deles, arquivos auxiliares para se efetuar a queima na versão cubana do WIMS (WTRIBUC.I e WTRIBIN.I), e os outros dois geram efetivamente as constantes de grupo - um para elemento combustível de alumínio e um para elemento de aço inox (WTRIBUCX.I e WTRIBINX.I). Os outros dez se referem às demais zonas com que foi modelado o núcleo e têm os mesmos nomes que os arquivos de entrada para o cálculo do núcleo em BOL, uma vez que a única modificação feita nestes arquivos se refere a mudanças na temperatura dos materiais. Essas zonas, os arquivos que as geraram, e o número da *homozone* correspondente, são mostrados na Tabela 9.

Tabela 9 - Zonas do Reator, Nome do Arquivo de Saída do WIMSD4C e Número da *Homozone*

Zona	Arquivo de saída	Homozone
Combustível com revestimento de Alumínio	WTRIBUCX.OUT	1
Combustível com revestimento de Aço inox	WTRIBINX.OUT	1
Tubo central	WTRI1A.OUT	1
Refletor axial de grafite.	WTRIPRGA.OUT	1
Barras de controle e segurança	WTRIPRCO.OUT	1
Barra reguladora	WTRIPREG.OUT	1
Fonte de nêutrons	WTRIPRSO.OUT	1
Elementos falsos de grafite	WTRIEFAL.OUT	1
Zona 1 do refletor radial de grafite	WTRIREFA.OUT	3
Zona 2 do refletor radial de grafite	WTRIREFA.OUT	4
Zona 3 do refletor radial de grafite	WTRIREFA.OUT	5
Água após o refletor	WTRIREFA.OUT	6
Terminal pneumático	WTRITP1.OUT	1
Veneno queimável	WTRISAMA.OUT	1
Água sob as barras de controle	WTRIWAHO.OUT	1

As constantes de grupo assim geradas foram inseridas nos arquivos de entrada do CITATION. No modelo adotado foi admitido queima igual em todos os elementos de um mesmo anel, de modo que as variações só ocorrem para elementos situados em anéis diferentes. Essa hipótese é válida se considerado, para efeitos de cálculo, que a queima é diretamente proporcional ao fluxo térmico, e este, é assumido ter uma distribuição radial simétrica em obediência a uma distribuição de Bessel.

Essa hipótese permite reduzir o número de células a serem calculadas pelo WIMS e conseqüentemente, reduz muito o número de zonas no cálculo de núcleo, pelo CITATION. Isso simplifica a elaboração dos "inputs" tanto de WIMS quanto de CITATION, além de reduzir o tempo de execução dos programas e a demanda por memória dos computadores. Por outro lado, essa aproximação pode proporcionar resultados insatisfatórios se aplicada a um núcleo que apresente uma queima elevada (o que não é o caso do IPR – R1) no qual o perfil de fluxo possa ter sofrido grandes alterações devido ao posicionamento das barras de controle, alterações no núcleo e à própria queima.

Determinação da Queima dos Elementos Combustíveis:

O valor de queima considerado nos cálculos foi atingido em 1996 [38], sendo a energia térmica dissipada até aquele ano igual a:

$$E_{1996}: 1604 \text{ MWh} = 66.83 \text{ MWd}$$

Dividindo este valor pela massa de urânio presente no núcleo (admitiu-se nesse cálculo a massa de urânio de 59 elementos = 11089 gramas) obtém-se a queima média dos elementos:

$$Q_{m1996} \approx 6026 \text{ MWd} / t_U.$$

Esta é a queima média dos elementos presentes no núcleo. Para determinar a queima dos elementos nos diferentes anéis adota-se uma ponderação baseada nas densidades de potência calculadas no início da vida do reator (caso CITIPR0). Desta forma tem-se os seguintes fatores para os diferentes anéis:

Anel B:	1,00
Anel C:	0,87
Anel D:	0,74
Anel E:	0,64

A queima máxima ocorre nos elementos situados no anel B, e pode ser calculada do seguinte modo:

$$Q_{\max} = \frac{Q_{m1996} \times N_T}{\sum N_{an} F_{an}} = \frac{6026 \times 58}{6 \times 1 + 12 \times 0,87 + 16 \times 0,74 + 24 \times 0,64} = 8009 \text{ MWd} / t_U \approx 8000 \text{ MWd} / t_U$$

sendo N_T , N_{an} e F_{an} o número total de elementos combustíveis, número de elementos por anel e o "fator do anel", respectivamente.

O valor da queima nos demais anéis pode ser encontrada multiplicando este valor máximo pelo "fator do anel". Estes valores serão:

Anel B:	8000 MWd / t_U .
Anel C:	7000 MWd / t_U .
Anel D:	6000 MWd / t_U .
Anel E:	5200 MWd / t_U .

Somente na simulação da queima até 1964 (caso CITIPR1) quando a energia dissipada era de 149 MWh, foram utilizados outros valores, calculados de forma análoga ao apresentado acima, a saber:

Anel B:	700 MWd / t_U .
Anel C:	600 MWd / t_U .
Anel D:	500 MWd / t_U .
Anel E:	400 MWd / t_U .

A queima considerada para o elemento combustível 1137, danificado em 1967 (energia liberada = 180 MWh), é:

Elemento 1137	600 MWd / t_U .
---------------	-------------------

As seções de choque para o combustível correspondentes a essas queimas foram extraídas do arquivo de saída WTRIBUCX.OUT. Dessa forma foram elaborados 13 casos para CITATION cujos resultados são apresentados no capítulo seguinte.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos dados e da metodologia apresentados no capítulo anterior os resultados dos cálculos realizados são neste capítulo apresentados, discutidos e comparados com os valores esperados.

4.1. - BENCHMARK DO TRIGA ESLOVENO

Os resultados do cálculo do reator esloveno, obtidos a 2 grupos de energia, são apresentados nas Tabelas 10 e 11. Pode-se observar na tabela 10 os resultados para o coeficiente de reatividade de temperatura. Na faixa de temperatura para a qual dados experimentais estão disponíveis há uma tendência de crescimento do valor absoluto do coeficiente de reatividade experimental com a temperatura. No caso dos valores calculados observa-se o efeito inverso até que sejam atingidas temperaturas mais elevadas, para as quais, infelizmente, resultados experimentais não estão disponíveis, devido a imprecisões de medida muito grandes. Uma análise para tal comportamento distinto passa pelo entendimento dos processos físicos que afetam o coeficiente de temperatura ao se elevar a temperatura do combustível e que são:

1. Alargamento Doppler das bandas de ressonância do urânio 238, aumentando as capturas pelo urânio 238.
2. Aumento da agitação térmica dos átomos de Hidrogênio no moderador sólido, aumentando a probabilidade dos nêutrons térmicos ganharem energia nas colisões, aumentando o livre caminho médio dos nêutrons e conseqüentemente a probabilidade de fuga dos nêutrons do combustível.
3. Como a temperatura do refrigerante (água) não aumenta imediatamente com o aumento de temperatura do combustível e maior número de nêutrons fogem do combustível, há uma maior captura de nêutrons pelo meio refrigerante.
4. Dilatação térmica do moderador sólido piorando a moderação e aumentando a probabilidade de fuga.

Desses quatro fenômenos, o modelo de cálculo pode não estar representando adequadamente o terceiro e o quarto. A simulação do terceiro efeito pode estar apresentando falhas devido à homogenização das células de combustível efetuada pelo WIMS. O quarto efeito, a dilatação térmica, por sua vez, nem sequer é considerada no cálculo. Cada um desses quatro efeitos altera o coeficiente de reatividade de temperatura com intensidades diferentes e, mesmo a proporção com que cada um desses efeitos modifica o coeficiente de reatividade pode mudar com a temperatura. Dessa forma, somente a temperaturas mais altas é que os efeitos que são satisfatoriamente simulados, primeiro e segundo, passariam a predominar, elevando o módulo do coeficiente de reatividade de temperatura calculado.

O exposto no parágrafo acima é apenas uma hipótese para tentar explicar qualitativamente os resultados obtidos. Os trabalhos realizados até o momento não permitem uma descrição quantitativa dos efeitos mencionados.

De qualquer modo, os resultados obtidos no cálculo do coeficiente de reatividade de temperatura são válidos, pois estão dentro da precisão das medidas dessa variável, que é de 25% para $T < 50$ °C e 40% para $T \approx 100$ °C. Além disso, os valores apresentados como experimentais

foram extraídos da figura 7 da referência [14], que é uma curva ajustada e não pontos discretos medidos. O terceiro critério de projeto neutrônico, apresentado no capítulo 2 – item 2.9 – estabelece apenas a necessidade do coeficiente de reatividade de temperatura ser negativo. Os cálculos mostram que esse critério é observado e os resultados são até mais conservativos do que os valores experimentais.

Tabela 10 - Coeficiente de Reatividade de Temperatura do Combustível

Caso	Coef. de Temperat. (pcm/°C). Experim. [14] *	Coef. de Temperat. (pcm/°C). Calculado	K _{eff} Calcul.	Reatividade $(\frac{1}{k_1} - \frac{1}{k_2}) \times 10^5$ (pcm)	(T2 – T1) °C	OBS.
CITC7341			1,040500			Núcleo 134. Combustível a 21,6 °C
CITC7342	-6,0	-6,0	1,039308	-110	18,4	Núcleo 134. Combustível a 40 °C
CITC7343	-7,1	-5,8	1,038066	-115	20,0	Núcleo 134. Combustível a 60 °C
CITC7344	-8,1	-5,7	1,036848	-113	20,0	Núcleo 134. Combustível a 80 °C
CITC7345	-8,9	-5,7	1,035639	-113	20,0	Núcleo 134. Combustível a 100°C
CITC7346	**	-5,6	1,034436	-112	20,0	Núcleo 134. Combustível a 120 °C
CITC7347	**	-6,8	1,032985	-136	20,0	Núcleo 134. Combustível a 140 °C
CITC7348	**	-7,5	1,031383	-150	20,0	Núcleo 134. Combustível a 160 °C

* Valores extraídos da Figura 7, pg. 49 da referência [14], assumindo-se $T = (T1 + T2)/2$

** Dados não constam da Figura 7 da referência [14] devido ao erro muito grande nas medidas.

Os resultados de excesso de reatividade, valor de reatividade de elementos combustíveis e valor de reatividade integral das barras de controle são mostrados na tabela 11. Pode-se verificar que o valor calculado do Fator de Multiplicação Efetivo para as cinco configurações para as quais foi simulado o excesso de reatividade do núcleo apresenta uma diferença inferior a 2% em relação ao valor medido, que é um erro aceitável no k_{eff} em cálculos de difusão multigrupo para pequenos reatores, segundo a referência [2]. Para a reatividade dos elementos combustíveis, a diferença é inferior a 20%, que é também um erro aceitável e comum para pequenos reatores heterogêneos [43]. Os valores calculados para as barras de controle apresentam diferenças inferiores a 10% em relação aos valores medidos, que é o valor do erro experimental.

Pode ser notado que os valores calculados para a reatividade dos elementos combustíveis nos anéis mais externos tornam-se muito próximos dos valores medidos, sendo no caso do anel mais externo (anel E) superior ao valor medido. Esta característica do modelo de cálculo trabalha a favor da segurança, uma vez que qualquer inserção de novos elementos para elevar o excesso de reatividade se dará nos anéis externos e os cálculos apresentarão resultados mais conservativos do que o valor real.

Tabela 11 - Resultados a 2 Grupos de Energia com WIMSD4C e CITATION

Caso	K_{eff} Experim. [14] *	K_{eff} Calculado	Dif. K_{eff} (%)	Reativi- dade Exper. [14] (pcm)	Reativi- dade Calcul. (pcm)	Dif. Reativi- dade (%)	OBSERVAÇÃO
Excesso de reatividade							
CITSF	1,003110	1,022777	1,96	310			Núcleo 133 sem fonte
CITCFE12	1,002667	1,022616	1,99	266			Núcleo 133 com fonte em E12
CITCFE07	1,002778	1,022576	1,97	277			Núcleo 133 com fonte em E7
CITCF734	1,021450	1,040482	1,86	2100 **			Núcleo 134
CIT34CR	1,000000	1,019361	1,94				Núcleo 134 com barra reguladora inserida 28.7 cm ("posição crítica")
Reatividade dos elementos combustíveis							
CITCFA1		1,010167		922	893	-3,15	Reatividade do elemento em A1
CITCFB02		1,010598		1040	851	-18,17	Reatividade do elemento em B2
CITCFB03		1,009502		1111	958	-13,77	Reatividade do elemento em B3
CITCFB04		1,009045		1194	1003	-16,00	Reatividade do elemento em B4
CITCFB05		1,009431		1163	965	-17,02	Reatividade do elemento em B5
CITCFC8		1,010513		1070	859	-19,72	Reatividade do elemento em C8
CITCFC9		1,011002		951	811	-14,72	Reatividade do elemento em C9
CITCFD11		1,012648		729	650	-10,84	Reatividade do elemento em D11
CITCFD13		1,011806		747	733	-1,87	Reatividade do elemento em D13
CITCFE14		1,013798		508	538	5,91	Reatividade do elemento em E14
Valor integral das barras de controle							
CITCF34R		1,016155		2552	2301	-9,84	Reatividade integral da barra Reguladora
CITCF34C		1,016318		2430	2285	-5,97	Reatividade integral da barra de controle (Shim)
CITCF34S		1,004630		3440	3430	-0,29	Reatividade integral da barra de segurança
CITCF34T		1,014814		2270	2431	7,09	Reatividade integral da barra transiente

* O valor do K_{eff} na literatura foi calculado a partir da reatividade pela fórmula: $K = \frac{-1}{\rho - 1}$

** Esse valor de reatividade foi encontrado admitindo na conversão de \$ para pcm, a fração de nêutrons atrasados igual a 0,00700. Este é o valor do β_{eff} , aplicável ao tipo de combustível considerado na referência [14].

4.2 - CONFIGURAÇÃO INICIAL DO IPR – R1

Os resultados do cálculo do excesso de reatividade e valor de reatividade das barras de controle, segurança e regulação para o IPR – R1 em sua configuração inicial (BOL), obtidos a 2 grupos de energia são apresentados na Tabela 12. O caso BOL foi calculado considerando-se o núcleo frio, 22,5 °C. As diferenças entre os valores calculados e medidos, da mesma forma que para o reator esloveno estão dentro dos valores esperados.

Tabela 12 - Resultados a 2 Grupos de Energia com WIMSD4C e CITATION

Caso	K_{eff} Medido	K_{eff} Calculado	Dif. K_{eff} (%)	Reatividade Medida (pcm)	Reatividade Calculada (pcm)	Dif.Reatividade (%)	OBS.
Excesso de reatividade							
CITIPR	1,01019	1,029502	1,91				Núcleo BOL do IPR-R1
Valor integral das barras de controle							
CITREG		1,025128		379	415	9,50	Reatividade integral da barra Reguladora
CITCON		1,011055		1841	1772	-3,75	Reatividade integral da barra de controle (Shim)
CITSEG		1,011943		1675	1686	0,66	Reatividade integral da barra de segurança

4.3. - QUEIMA DO NÚCLEO DO IPR – R1

Os resultados do cálculo de queima para o IPR – R1, obtidos a 2 grupos de energia são apresentados na Tabela 13. As diferenças entre os valores calculados e medidos estão dentro dos valores esperados para essa metodologia de cálculo, que são como já mencionado, até 20% para valor da reatividade dos elementos combustíveis e 10% para valor de reatividade de barras de controle [2, 43]. Pode ser notada leve variação nos valores das barras de controle para a configuração 1 em relação ao cálculo BOL (tabela 12), a qual pode ser atribuída à diferença nas temperaturas dos materiais, dados nas entradas do WIMS – anexo 2. O caso BOL foi calculado considerando o núcleo frio.

Os cálculos do valor de reatividade dos elementos combustíveis do IPR – R1 apresentam melhores resultados que os obtidos para os elementos do reator esloveno. O maior erro encontrado foi de -16,4% contra -19,7%, no caso do reator esloveno. Para as barras de controle as diferenças entre os valores medidos e calculados é inferior a 7%.

Ainda sobre o valor de reatividade dos elementos combustíveis, pode-se perceber que os elementos novos, com revestimento de aço inoxidável (casos CITIPB5I e CITIPC9I), estão superavaliados em reatividade quando comparados aos elementos com revestimento de alumínio. Os de alumínio posicionados em B5 e C9 apresentam diferenças entre os valores medidos e calculados superiores a -13%, enquanto que para os de inox essa diferença é da ordem de -1%. Esta observação permite acreditar que os elementos de inox, no cálculo, estejam superestimados em cerca de 100 pcm. Do ponto de vista da segurança, essa superavaliação é bem vinda, uma vez que os cálculos de excesso de reatividade para uma configuração de núcleo que opere a 250 kW (na qual obrigatoriamente esses elementos de inox serão acrescentados ao núcleo) apresentaria valor superior ao real. O fato de esses elementos estarem superavaliados no cálculo pode ser um indicativo da presença de uma vareta de Zircônio no centro dos elementos de inox, semelhante à encontrada nos elementos combustíveis do reator esloveno. Consultas ao fabricante dos elementos combustíveis, ou se necessário até mesmo exames de raios X serão realizados, futuramente, a fim de esclarecer esse fato.

Tabela 13 – Resultados para o núcleo queimado do IPR – R1

CASO	Keff Calculado	Reatividade de Exper. (pcm)	Reatividade de Calcul. (pcm)	Dif. Reatividade (%)	OBS.
CITIPRO	1,026374	ND *	--		Início de operação do IPR-R1, configuração 1 (1960)
CONT0	1,007724	1841	1803	- 2,06	Valor integral da barra de controle na configuração 1
SEG0	1,008614	1675	1716	2,45	Valor integral da barra de segurança na configuração 1
REG0	1,022100	379	407	7,39	Valor integral da barra reguladora na configuração 1
CITIPR1	1,022994	293	322	9,90	Fim de operação na configuração 1. A reatividade aqui representa a variação da reatividade em todo o núcleo devido à queima de 149 MWh (1960 a 1964)
CITIPR4A	1,015027	ND	--		Fim de operação na Configuração 4 (1996). Queima de 1604 MWh
CITIPR5	1,018305	308	317	2,92	Início de operação na configuração 5 (A reatividade aqui representa a variação da reatividade devido à inserção do 59 ^a elemento (1996) que só queimou 180 MWh, pois foi danificado em 1967. O excesso de reatividade medido é de 1059 pcm.
CITIPR5B	1,004442	ND	--		Configuração 5B (é a configuração 5 com barras R e C parcialmente inseridas para simular os experimentos de medida de reatividade dos elementos combustíveis
Valor de Reatividade dos Elementos Combustíveis					
CITIPRB5	0,995000	1122	945	- 15,78	Configuração 5B sem elemento em B5
CITIPRC9	0,997754	798	667	- 16,42	Configuração 5B sem elemento em C9
CITIPD13	0,999179	608	524	- 13,82	Configuração 5B sem elemento em D13
CITIPE17	0,999227	545	520	- 4,59	Configuração 5B sem elemento em E17
CITIPB5A	1,004997	1156	1000	- 13,49	Configuração 5B sendo o elemento em B5 o elemento danificado em 1967
CITIPC9A	1,004821	819	705	- 13,92	Configuração 5B sendo o elemento em C9 o elemento danificado em 1967
CITIPB5I	1,006457	1154	1144	- 0,87	Configuração 5B sendo o elemento em B5 um elemento novo de inox
CITIPC9I	1,006273	861	849	-1,39	Configuração 5B sendo o elemento em C9 um elemento novo de inox.
Valor integral de Reatividade das Barras de Controle					
CONT5	1,000789	1841	1719	- 6,63	Valor da barra de controle na configuração 5
SEG5	1,001349	1675	1663	-0,72	Valor da barra de segurança na conf. 5
REG5	1,014153	379	402	6,07	Valor da barra reguladora na config. 5

* ND = Não Disponível

4.4 - CÁLCULO DO NÚCLEO DO IPR – R1 A 250 KW

Na seção 3.4.3 foi apresentado o modelo utilizado para simular a evolução do núcleo até os dias atuais. Nessa seção serão simuladas algumas configurações para tentar encontrar uma configuração adequada para a realização de alguns testes com o reator operando a 250 kW. Os testes, propostos pela equipe de operação do reator, são descritos na referência [36]. Para operar nessa faixa de potência, a fim de compensar as perdas de reatividade devidas ao coeficiente negativo de temperatura, queima de combustível, envenenamento por produtos de fissão (Xenônio e Samário), irradiações de amostras, etc, será necessário um excesso de reatividade do núcleo da ordem de 2190 pcm, porém, não superior a este valor [36]. A fim de garantir que a operação do IPR – R1 à potência de 250 kW se dará em condições seguras este limite de excesso de reatividade não pode ser ultrapassado. Também os critérios de projeto neutrônico do núcleo, citados na seção 2.9, devem ser respeitados.

Foram calculadas diversas configurações do núcleo do IPR – R1. A tabela 14 apresenta valores para o excesso de reatividade do núcleo e reatividade integral das barras de controle para as configurações testadas. Aqui são apresentados os valores do excesso de reatividade levando em conta o excesso medido para a configuração 5, caso CITIPR5 da tabela 13 (é somado o excesso de reatividade medido no início de operação na configuração 5 – 1059 pcm – com a variação de reatividade provocada pela configuração testada em relação ao caso CITIPR5). Desse modo, o cálculo do excesso de reatividade é efetuado indiretamente por interação com resultados experimentais. Na referência [56] são propostos experimentos que permitirão ajustar a metodologia de cálculo de forma a se obter o valor do excesso de reatividade diretamente do cálculo.

Nas simulações realizadas nesta seção, as constantes de grupo para os elementos combustíveis com revestimento de inox são extraídas do arquivo WTRIBINX.OUT, considerando queima zero. Para os demais componentes do reator as constantes de grupo são as mesmas usadas nos cálculos da seção 3.4.3.

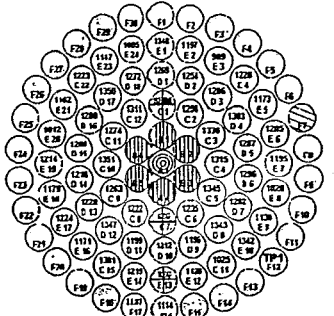
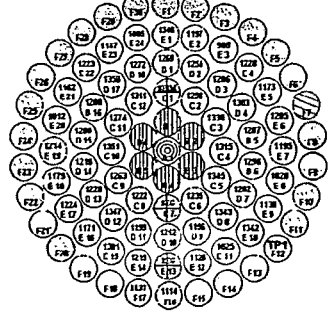
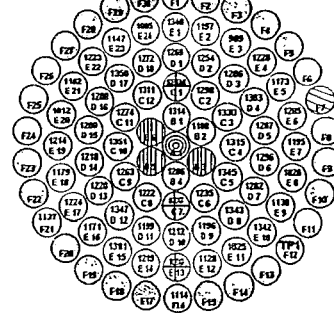
As simulações realizadas visaram testar o efeito da disposição dos elementos combustíveis sobre a reatividade das barras de controle, bem como determinar as configurações que atendem aos requisitos de projeto. Pode-se notar que a mudança de posição das barras de controle para o anel C aumenta o valor da reatividade das barras de Segurança e Controle para valores que variam de 2000 a 2600 pcm em função da disposição dos elementos combustíveis. Os máximos valores de barra parecem ser obtidos ao se posicionar os elementos do anel F no plano que passa pelas 3 barras de controle. Essa disposição no entanto não é desejável sob o ponto de vista da irradiação de amostras na mesa giratória, que muitas vezes opera "parada". As configurações que apresentam todo o anel B preenchido por elementos de aço inoxidável não são desejáveis (a despeito de se garantir que as posições de máximo fluxo seriam preenchidas por elementos novos, mais resistentes e que suportam temperaturas mais altas), pois torna necessário o armazenamento dos elementos de alumínio irradiados não aproveitados no anel F. Destas considerações depreende-se que a configuração CITIPR83 é a mais indicada dentre as testadas, para os testes de operação com o reator a 250 kW.

Essa metodologia de cálculo parte de pressupostos conservativos, o que implica em um cálculo do excesso de reatividade do núcleo maior que o valor real. Devido a essa característica pode-se inferir que, talvez, seja necessário acrescentar mais um elemento combustível no anel F para que o reator atinja o excesso de reatividade necessário para operação prolongada. Se os testes experimentais vierem a confirmar esta expectativa, é sugerida a configuração CITIPR84, em que mais um elemento combustível é acrescentado ao núcleo. Pelos cálculos aqui apresentados esta configuração não obedece aos critérios de projeto neutrônico. Entretanto, os testes com a configuração CITIPR83 servirão para determinar o valor experimental do seu excesso de reatividade e um novo cálculo baseado nos valores medidos poderá verificar se a configuração CITIPR84 pode ser utilizada nos testes.

Tabela 14 Excesso de Reatividade e Reatividade Integral das Barras de Controle calculados com WIMSD4C e CITATION

CASO	Keff 2 Gr	Reatividade (pcm)	OBS.	Figura
CITIPR6A	1,014615	702	Configuração 6A. Modificações em relação à conf. 5: As três barras de controle são movidas uma posição (para os anéis mais internos). Os elementos combustíveis que ocupavam estas posições vão para o lugar anteriormente ocupado pelas barras, exceto o elemento 1114, que ocupava E13 e passa para a posição F23.	<p> ○ ELEMENTO COMBUSTÍVEL ○ FONTE DE NEUTRONS ○ ELEMENTO DE GRAFITA ○ TUBO CENTRAL ⊕ BARRA DE CONTROLE TP1 TERMINAL PNEUMÁTICO 1 </p>
CONT6A	0,988353	2619	Reatividade integral da barra na conf. 6A	
SEG6A	0,990413	2408	Reatividade integral da barra na conf. 6A	
REG6A	1,006473	797	Reatividade integral da barra na conf. 6A	
CITIPR6I	1,024882	1689	Configuração 6I. Modificação em relação à conf. 6A: Os 6 elementos que ocupavam o anel B são substituídos por elementos novos, com revestimento de aço inoxidável.	<p> ○ ELEMENTO COMBUSTÍVEL ALUMÍNIO ○ FONTE DE NEUTRONS ○ ELEMENTO COMBUSTÍVEL INOX ○ ELEMENTO DE GRAFITA ○ TUBO CENTRAL ⊕ BARRA DE CONTROLE TP1 TERMINAL PNEUMÁTICO 1 </p>
CITIP6I2	1,031003	2269	Configuração 6I2. Modificação em relação à conf. 6I: Dois elementos “queimados” que anteriormente ocupavam posições no anel B, são colocados nas posições F22 e F25.	<p> ○ ELEMENTO COMBUSTÍVEL ALUMÍNIO ○ FONTE DE NEUTRONS ○ ELEMENTO COMBUSTÍVEL INOX ○ ELEMENTO DE GRAFITA ○ TUBO CENTRAL ⊕ BARRA DE CONTROLE TP1 TERMINAL PNEUMÁTICO 1 </p>

CASO	Keff 2 Gr	Reatividade (pcm)	OBS.	Figura
CITIP6I3	1,034159	2565	Configuração 6I3. Modificação em relação à conf. 6I2: Mais um elemento “queimado” que anteriormente ocupava posição no anel B, é colocado na posição F26.	
CONT6I3	1,009074	2404	Reatividade integral da barra na conf. 6I3	
SEG6I3	1,011588	2158	Reatividade integral da barra na conf. 6I3	
REG6I3	1,026743	698	Reatividade integral da barra na conf. 6I3	
CITI6I53	1,038319	2952	Configuração 6I53. Modificação em relação à conf. 6I3: O elementos “queimado” que ocupava a posição F26, e mais dois outros passam para as posições F8, F9 e F10.	
CONT6I53	1,013881	2321	Reatividade integral da barra na conf. 6I53	
SEG6I53	1,015575	2157	Reatividade integral da barra na conf. 6I53	
REG6I53	1,030807	702	Reatividade integral da barra na conf. 6I53	
CITIPR7I	1,025211	1721	Configuração 7I. Modificação em relação à conf. 6I: Os elementos 1137 e 1114 que ocupavam as posições F24 e F23, respectivamente passam para as posições F17 e F16.	

CASO	Keff 2 Gr	Reatividade (pcm)	OBS.	Figura
CITIP713	1,033467	2500	Configuração 713. Modificação em relação à conf. 71: Três elementos “queimados” que anteriormente ocupavam posições no anel B, são colocados nas posições F30, F1 e F2.	 <p> ○ ELEMENTO COMBUSTÍVEL ALUMÍNIO ⊗ FONTE DE NEUTRONS ⊗ ELEMENTO COMBUSTÍVEL INOX ○ ELEMENTO DE GRAFITA ⊗ TUBO CENTRAL ⊕ BARRA DE CONTROLE ⊗ TPA TERMINAL PNEUMÁTICO 1 </p>
CONT713	1,006832	2560	Reatividade integral da barra na conf. 713	
SEG713	1,009795	2268	Reatividade integral da barra na conf. 713	
REG713	1,023990	896	Reatividade integral da barra na conf. 713	
CITIP715	1,039472	3059	Configuração 715. Modificação em relação à conf. 71: Cinco elementos “queimados” que anteriormente ocupavam posições no anel B, são colocados nas posições F13, F14, F15, F18 e F19.	 <p> ○ ELEMENTO COMBUSTÍVEL ALUMÍNIO ⊗ FONTE DE NEUTRONS ⊗ ELEMENTO COMBUSTÍVEL INOX ○ ELEMENTO DE GRAFITA ⊗ TUBO CENTRAL ⊕ BARRA DE CONTROLE ⊗ TPA TERMINAL PNEUMÁTICO 1 </p>
CONT715	1,017651	2063	Reatividade integral da barra na conf. 715	
SEG715	1,011967	2615	Reatividade integral da barra na conf. 715	
REG715	1,026074	1256	Reatividade integral da barra na conf. 715	
CITIPR83	1,029255	2104	Configuração 83. Modificações em relação à conf. 5: As três barras de controle são movidas uma posição (para os anéis mais internos). Os elem. combustíveis que ocupavam estas posições vão para o lugar anteriormente ocupado pelas barras. O elem. 1137 que ocupava F24 vai para F21. Elem. de inox são inseridos em B3, B5 e B6, e os de Alumínio que ocupavam estas posições vão para F26, F1 e F11.	 <p> ○ ELEMENTO COMBUSTÍVEL ALUMÍNIO ⊗ FONTE DE NEUTRONS ⊗ ELEMENTO COMBUSTÍVEL INOX ○ ELEMENTO DE GRAFITA ⊗ TUBO CENTRAL ⊕ BARRA DE CONTROLE ⊗ TPA TERMINAL PNEUMÁTICO 1 </p>
CONT83	1,003806	2463	Reatividade integral da barra na conf. 83.	
SEG83	1,004915	2353	Reatividade integral da barra na conf. 83.	
REG83	1,019907	891	Reatividade integral da barra na conf. 83.	

CASO	Keff 2 Gr	Reatividade (pcm)	OBS.	Figura
CITIPR84	1,033723	2524	Configuração 84. Modificações em relação à conf. 83: Mais um elementos de inox é inserido em B2, e o de Alumínio que ocupava esta posição vai para F6. A fonte de nêutrons passa da posição F7 para F14.	<p> ○ ELEMENTO COMBUSTÍVEL ⊗ FONTE DE NÊUTRONS ⊕ ELEMENTO COMBUSTÍVEL INOX ⊙ ELEMENTO DE GRAFITA ⊕ TUBO CENTRAL ⊕ BARRA DE CONTROLE ⊕ TERMINAL PNEUMÁTICO 1 </p>
CONT84	1,008122	2457	Reatividade integral da barra na conf. 84.	
SEG84	1,010266	2246	Reatividade integral da barra na conf. 84.	
REG84	1,024867	836	Reatividade integral da barra na conf. 84.	

4.4.1 – A DISTRIBUIÇÃO DE POTÊNCIA

A determinação da distribuição dos valores de reatividade dos elementos combustíveis fornece uma boa indicação da distribuição de potência no núcleo. O valor de reatividade de elemento combustível para um núcleo pequeno, compacto, uniforme e bem termalizado é aproximadamente proporcional ao quadrado do fluxo de nêutrons térmicos integrado sobre todo o volume físsil do elemento combustível [14, 46, 47]. Desse modo, o exame do valor de reatividade dos elementos combustíveis nas diferentes posições do núcleo fornece informações sobre a distribuição do fluxo de nêutrons no núcleo e conseqüentemente da distribuição de potência, pois fluxo de nêutrons térmicos e potência relacionam-se em proporção direta. Pode-se então admitir que os erros nos cálculos dos valores de reatividade dos elementos combustíveis, inferiores a 20%, podem ser extrapolados para a potência dissipada por esses elementos.

O CITATION oferece a opção de imprimir a distribuição pontual da potência calculada. Esta opção, a princípio não é prática. A impressão dos valores pontuais da densidade de potência obedece à malha de diferenças finitas estabelecida para o cálculo, gerando um número enorme de dados que impossibilita a interpretação direta dos resultados. O programa TRIGPOW permite a determinação da potência dissipada em cada elemento combustível a partir da matriz bidimensional da densidade de potência fornecida pelo CITATION. Todos os cálculos até aqui foram realizados a três dimensões. Para obter a matriz bidimensional da densidade de potência pontual, basta fornecer o "Buckling axial" na entrada do CITATION que simule as fugas axiais, de modo a se obter o mesmo valor de k_{eff} tanto no cálculo bidimensional quanto no tridimensional.

Dois casos do CITATION a duas dimensões, nomeados CITPR832 e CITPR842, foram preparados a fim de se obter a distribuição bidimensional de potência pontual dos casos CITIPR83 e CITIPR84. As matrizes bidimensionais assim obtidas foram usadas pelo programa TRIGPOW, o qual forneceu a distribuição de potência apresentada nas tabelas 15 e 17. Essa distribuição de potência é apresentada, em função do fator de potência radial, em uma forma visualmente mais agradável nas figuras 14 e 15. As tabelas 16 e 18 mostram outras variáveis de interesse termohidráulico calculadas por TRIGPOW. O valor do "Buckling axial" para o qual o valor do k_{eff} apresenta-se o mais próximo do cálculo tridimensional foi:

$$B_a^2 = 3,743 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$$

Das tabelas 15 e 17 pode-se notar que é na posição B6, para ambas as configurações, onde ocorre a máxima dissipação de potência. Como era esperado os elementos combustíveis do anel B dissipam as maiores potências tendo os elementos novos, revestidos por aço inox, os maiores valores. Da potência total dissipada na configuração CITIPR83 os elementos combustíveis do anel B contribuem com cerca de 15,7%; os do anel C com 19,7%; anel D 29,3%; anel E 30,0%; anel F 5,3%. Na configuração CITIPR84 há uma leve alteração nestes valores, que passam para cerca de 16,0% no anel B; 19,5% no anel C; 28,8% anel D; 29,5% anel E; 6,2% anel F.

Pelos cálculos, o fator radial de potência dos elementos de inox no anel B é superior a 1,60. A recomendação do fabricante é de que os combustíveis não operem acima desse valor. Entretanto, como esse valor corresponde a uma recomendação e não a um critério de segurança, isso não impede a realização de testes com os elementos novos posicionados no anel B. Ademais, esses elementos parecem estar superavaliados. Mas futuramente, quando for determinada a configuração definitiva para operação a 250 kW e se esclarecer as dúvidas quanto aos elementos de inox, essa recomendação será seguida e se necessário os novos elementos serão colocados no anel C, mesmo que isso acarrete uma diminuição no excesso de reatividade do núcleo.

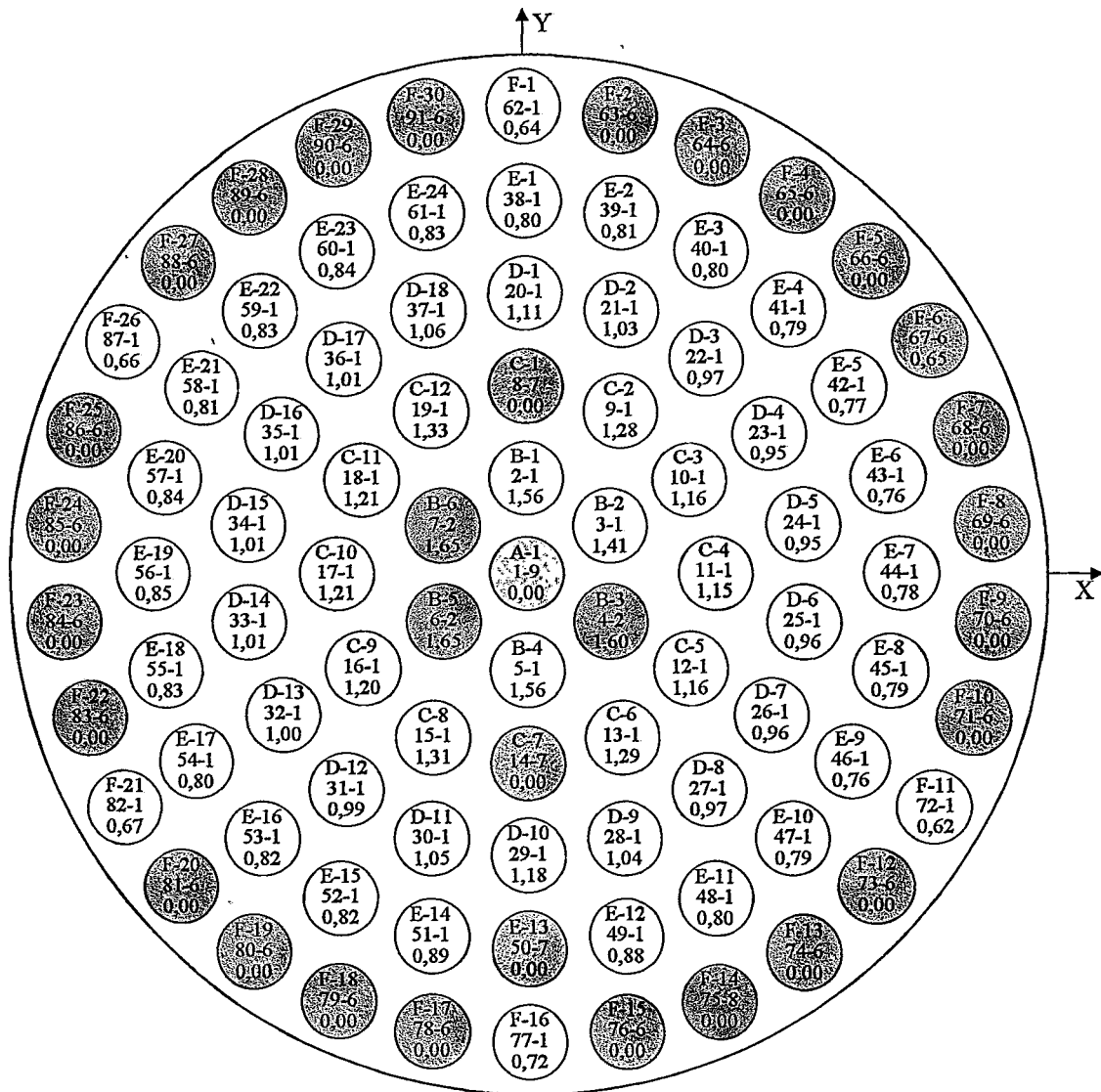
Tabela 15 – Distribuição de Potência por Elemento para Configuração CITIPR83

Posição do Elemento	Potência (W)	Densidade linear de potência (W/cm)	Fator de Potência Radial
A1	0	0	0
B1	6247,11	175.68	1.5613
B2	5624,65	158.17	1.4057
B3	6872,42	180.38	1.6030
B4	6242,84	175.56	1.5602
B5	7052,23	185.10	1.6450
B6	7079,14	185.80	1.6512
C1	0	0	0
C2	5110,86	143.72	1.2773
C3	4629,82	130.20	1.1571
C4	4613,98	129.75	1.1531
C5	4658,79	131.01	1.1643
C6	5150,53	144.84	1.2872
C7	0	0	0
C8	5229,22	147.05	1.3069
C9	4808,91	135.23	1.2018
C10	4827,29	135.75	1.2064
C11	4849,21	136.37	1.2119
C12	5306,78	149.23	1.3262
D1	4435,8	124.74	1.1086
D2	4139,48	116.41	1.0345
D3	3881,37	109.15	.9700
D4	3806,03	107.03	.9512
D5	3800,95	106.89	.9499
D6	3829,37	107.69	.9570
D7	3837,99	107.93	.9592
D8	3867,45	108.76	.9665
D9	4147,02	116.62	1.0364
D10	4714,94	132.59	1.1783
D11	4203,27	118.20	1.0505
D12	3980,46	111.94	.9948
D13	4001,65	112.53	1.0001
D14	4038,42	113.57	1.0093
D15	4052,77	113.97	1.0129
D16	4046,68	113.80	1.0113
D17	4055,78	114.05	1.0136
D18	4227,78	118.89	1.0566
E1	3193,34	89.80	.7981
E2	3239,04	91.09	.8095
E3	3214,63	90.40	.8034
E4	3165,43	89.02	.7911
E5	3098,8	87.14	.7744
E6	3056,19	85.94	.7638
E7	3135,73	88.18	.7837
E8	3143,04	88.39	.7855
E9	3059,2	86.03	.7645
E10	3160,46	88.88	.7898
E11	3201,62	90.03	.8001
E12	3527,42	99.20	.8816
E13	0	0	0

E14	3568,39	100.35	.8918
E15	3280,36	92.25	.8198
E16	3267,05	91.87	.8165
E17	3209,89	90.27	.8022
E18	3340,85	93.95	.8349
E19	3387,32	95.26	.8465
E20	3361,05	94.52	.8400
E21	3254,1	91.51	.8133
E22	3335,39	93.80	.8336
E23	3348,04	94.15	.8367
E24	3306,83	92.99	.8264
F1	2561,41	72.03	.6401
F2	0	0	0
F3	0	0	0
F4	0	0	0
F5	0	0	0
F6	0	0	0
F7	0	0	0
F8	0	0	0
F9	0	0	0
F10	0	0	0
F11	2492,56	70.09	.6229
F12	0	0	0
F13	0	0	0
F14	0	0	0
F15	0	0	0
F16	2891,91	81.32	.7227
F17	0	0	0
F18	0	0	0
F19	0	0	0
F20	0	0	0
F21	2675,91	75.25	.6688
F22	0	0	0
F23	0	0	0
F24	0	0	0
F25	0	0	0
F26	2636,56	74.14	.6589
F27	0	0	0
F28	0	0	0
F29	0	0	0
F30	0	0	0

Tabela 16 – Sumário das Variáveis Termohidráulicas para o Núcleo Ativo – Configuração CITIPR83

Variável	Valor
Área da seção transversal	1528,84 cm ²
Volume total	54553,31 cm ³
Área de transferência de calor	25935,28 cm ²
Potência de saída total	249,48 kW
Densidade de potência linear média	6976,47 W/cm
Fluxo de calor médio	9,6195 W/cm ²
Fator de potência radial médio	1,00



<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; flex-direction: column; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;"> a-i m-n f </div>	Tipo de Elemento	DESCRIÇÃO
	○ 1	Elemento combustível com alumínio
a – identificação do anel	⊗ 2	Elemento combustível com aço inox
i – número do elemento no anel	⊙ 6	Elemento de grafita
m – número do elemento no núcleo	⊕ 7	Elemento de controle
n – tipo de elemento	⊗ 8	Elemento com fonte de nêutrons
f – fator radial de potência	⊙ 9	Tubo central

Figura 14 – Distribuição de Potência (em função do fator de potência) para Configuração CITIPR83.

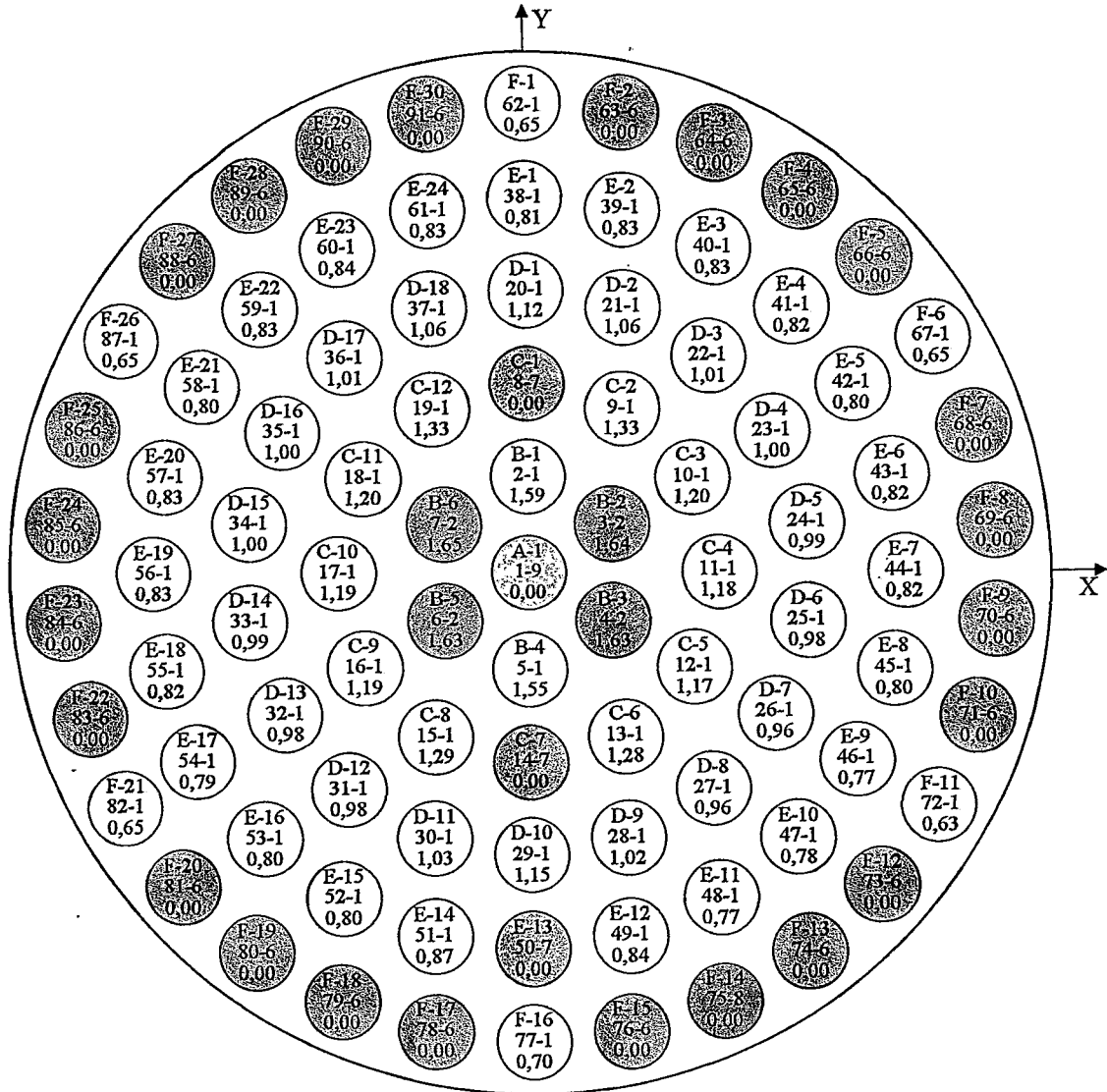
Tabela 17 – Distribuição de Potência por Elemento para Configuração CITIPR84

Posição do Elemento	Potência (W)	Densidade linear de potência (W/cm)	Fator de Potência Radial
A1	0	0	0
B1	6256,19	175.93	1.5886
B2	6939,9	182.15	1.6447
B3	6863,76	180.15	1.6267
B4	6123,41	172.20	1.5549
B5	6894,27	180.95	1.6339
B6	6960,96	182.70	1.6497
C1	0	0	0
C2	5219,72	146.79	1.3254
C3	4717,03	132.65	1.1977
C4	4658,8	131.01	1.1830
C5	4619,36	129.90	1.1729
C6	5043,43	141.83	1.2806
C7	0	0	0
C8	5073,7	142.68	1.2883
C9	4667,39	131.25	1.1851
C10	4696,6	132.08	1.1926
C11	4740,98	133.32	1.2038
C12	5231,06	147.11	1.3283
D1	4414,35	124.14	1.1209
D2	4164,31	117.11	1.0574
D3	3958,13	111.31	1.0050
D4	3918,44	110.19	.9950
D5	3897,48	109.60	.9896
D6	3857,84	108.49	.9796
D7	3798,98	106.83	.9646
D8	3766,95	105.93	.9565
D9	4001,88	112.54	1.0162
D10	4546,74	127.86	1.1545
D11	4057,41	114.10	1.0303
D12	3843,81	108.09	.9760
D13	3867,5	108.76	.9820
D14	3909,87	109.95	.9928
D15	3934,26	110.64	.9990
D16	3943,53	110.90	1.0013
D17	3973,7	111.75	1.0090
D18	4171,86	117.32	1.0593
E1	3182,58	89.50	.8081
E2	3263,39	91.77	.8286
E3	3277,78	92.18	.8323
E4	3242,53	91.18	.8233
E5	3142,87	88.38	.7980
E6	3226,84	90.74	.8194
E7	3234,09	90.95	.8212
E8	3168,15	89.09	.8045
E9	3027,69	85.14	.7688
E10	3067,58	86.26	.7789
E11	3016,26	84.82	.7659
E12	3320,1	93.37	.8430
E13	0	0	0

E14	3429,97	96.46	.8709
E15	3157,44	88.79	.8017
E16	3147,11	88.50	.7991
E17	3095,11	87.04	.7859
E18	3225,9	90.72	.8191
E19	3277,03	92.15	.8321
E20	3259,48	91.66	.8276
E21	3165,8	89.03	.8039
E22	3258,99	91.65	.8275
E23	3288,51	92.48	.8350
E24	3268,6	91.92	.8300
F1	2556,71	71.90	.6492
F2	0	0	0
F3	0	0	0
F4	0	0	0
F5	0	0	0
F6	2544,75	71.56	.6462
F7	0	0	0
F8	0	0	0
F9	0	0	0
F10	0	0	0
F11	2468,63	69.42	.6268
F12	0	0	0
F13	0	0	0
F14	0	0	0
F15	0	0	0
F16	2763,21	77.71	.7016
F17	0	0	0
F18	0	0	0
F19	0	0	0
F20	0	0	0
F21	2578,31	72.51	.6547
F22	0	0	0
F23	0	0	0
F24	0	0	0
F25	0	0	0
F26	2564,86	72.13	.6513
F27	0	0	0
F28	0	0	0
F29	0	0	0
F30	0	0	0

Tabela 18 – Sumário das Variáveis Termohidráulicas para o Núcleo Ativo – Configuração CITIPR84

Variável	Valor
Área da seção transversal	1528,84 cm ²
Volume total	54611,96 cm ³
Área de transferência de calor	26385,34 cm ²
Potência de saída total	249,95 kW
Densidade de potência linear média	6977,22 W/cm
Fluxo de calor médio	9,4732 W/cm ²
Fator de potência radial médio	1,00



<div style="text-align: center;"> a-i m-n f </div>	Tipo de Elemento	DESCRIÇÃO
	○ 1	Elemento combustível com alumínio
a – identificação do anel	⊗ 2	Elemento combustível com aço inox
i – número do elemento no anel	⊗ 6	Elemento de grafita
m – número do elemento no núcleo	⊗ 7	Elemento de controle
n – tipo de elemento	⊗ 8	Elemento com fonte de nêutrons
f – fator radial de potência	⊗ 9	Tubo central

Figura 15 – Distribuição de Potência (em função do fator de potência) para Configuração CITIPR84.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSÕES

Uma metodologia de cálculo neutrônico para o reator TRIGA IPR – R1 foi desenvolvida e utilizada para calcular o excesso de reatividade do núcleo, o valor de reatividade de barras de controle, o valor de reatividade de elementos combustíveis, o coeficiente de reatividade de temperatura e a distribuição de potência (ou do fluxo de nêutrons) no núcleo. A metodologia foi testada realizando-se o cálculo das variáveis acima citadas para o reator TRIGA do Instituto Josef Stefan, Eslovênia, semelhante ao IPR – R1, para o qual, resultados experimentais estão disponíveis na literatura. Também foram realizados cálculos para o reator IPR – R1 e comparados com resultados experimentais disponíveis. Essa metodologia pode ser empregada para subsidiar o processo de aumento da potência térmica do IPR - R1 de 100 kW para 250 kW.

Os resultados dos cálculos para o reator esloveno apresentam diferenças inferiores a 2% no Fator de Multiplicação Efetivo de nêutrons em relação ao valor medido, que é um erro aceitável no k_{eff} em cálculos de difusão multigrupo para pequenos reatores, segundo [2]. Para a reatividade dos elementos combustíveis, a diferença é inferior a 20%, que é também um erro aceitável e comum para pequenos reatores heterogêneos [43]. Os valores calculados para as barras de controle apresentam diferenças inferiores a 10% em relação aos valores medidos, que é o valor do erro experimental. Os valores calculados para o coeficiente de reatividade de temperatura também estão dentro do erro experimental, que é de 25% ($T < 50$ °C) a 40% ($T \approx 100$ °C), além de serem mais conservativos.

Pode ser notado que os valores calculados para a reatividade dos elementos combustíveis nos anéis mais externos tornam-se muito próximos dos valores medidos, sendo no caso do anel mais externo (anel E) superior ao valor medido. Esta característica do modelo de cálculo trabalha a favor da segurança, uma vez que qualquer inserção de novos elementos para a elevar o excesso de reatividade se dará nos anéis externos e os cálculos apresentarão resultados mais conservativos do que o valor real.

As diferenças nos resultados do cálculo em BOL do IPR – R1 para os valores medidos, da mesma forma que para o reator esloveno, estão dentro dos valores esperados. No cálculo de queima, ídem. Pode ser notada leve variação nos valores das barras de controle para a configuração 1 em relação ao cálculo BOL (tabela 10), a qual pode ser atribuída à diferença nas temperaturas dos materiais, dados nas entradas do WIMS. O caso BOL foi calculado considerando o núcleo frio.

As simulações realizadas para determinar uma configuração para testes de operação do reator a 250 kW testaram o efeito da disposição dos elementos combustíveis sobre a reatividade das barras de controle. A mudança de posição das barras de controle para o anel C aumenta o valor da reatividade das barras de Segurança e Controle para valores que variam de 2000 a 2600 pcm em função da disposição dos elementos combustíveis. Os máximos valores de barra parecem ser obtidos ao se posicionar os elementos do anel F no plano que passa pelas 3 barras de controle. Essa disposição no entanto não é desejável sob o ponto de vista da irradiação de amostras na mesa giratória, que muitas vezes opera “parada”. As configurações que apresentam todo o anel B preenchido por elementos de aço inoxidável não são desejáveis (a despeito de se garantir que as posições de máximo fluxo seriam preenchidas por elementos novos, mais resistentes e que suportam temperaturas mais altas) pois torna necessário o armazenamento dos elementos de alumínio irradiados não aproveitados no anel F. Destas considerações, conclui-se que a configuração CITIPR83 é a mais indicada, dentre as testadas, para os testes de operação com o reator a 250 kW. Ela obedece os critérios de projeto neutrônico e atende às expectativas da equipe de operação do reator.

Essa metodologia de cálculo parte de pressupostos conservativos, o que implica em um cálculo do excesso de reatividade do núcleo maior do que o valor real. Devido a essa característica pode-se inferir que talvez seja necessário acrescentar mais um elemento combustível no anel F para que o reator atinja o excesso de reatividade necessário para operação prolongada após os testes iniciais. Se os testes experimentais vierem a confirmar esta expectativa é sugerida a configuração CITIPR84, em que mais um elemento combustível é acrescentado ao núcleo. Pelos cálculos aqui apresentados esta configuração não obedece aos critérios de projeto neutrônico. Entretanto, os testes com a configuração CITIPR83 servirão para determinar o valor experimental do seu excesso de reatividade e um novo cálculo baseado nos valores medidos poderá verificar se a configuração CITIPR84 pode ser utilizada nos testes.

O cálculo da distribuição de potência para as configurações CITIPR83 e CITIPR84 mostra que os elementos combustíveis novos com revestimento de aço inox dissipam as maiores potências, ocorrendo o maior valor na posição B6. O erro esperado nos cálculos para a distribuição de potência é de até 20%.

Dando prosseguimento aos estudos relatados neste trabalho, serão realizados em breve, novas medidas no núcleo do IPR – R1. Medidas de excesso de reatividade para diferentes configurações darão suporte a mais um “*benchmark*” para o reator, o que permitirá ajustar o cálculo do k_{eff} de modo a se obter o excesso de reatividade do núcleo do IPR – R1 (e o erro associado à metodologia) diretamente do cálculo, e não por interação com os resultados experimentais, como tem sido realizado até o momento. Serão medidos também: a queima atual do núcleo, o tempo de retirada e o percurso de cada uma das três barras de controle, além da determinação das curvas de calibração das barras de controle, para as configurações propostas. A determinação da queima permitirá dispor de um dado mais recente para a realização de cálculos, tendo em vista que o último valor disponível para esta variável é de 1996. Das demais medidas será possível determinar o valor real da taxa de inserção de reatividade pelas barras de controle, de modo a fornecer um “*benchmark*” para esta variável [56].

A confirmação da presença, ou não, da vareta de zircônio nos novos elementos com revestimento de aço inoxidável, junto ao fabricante dos elementos combustíveis, ou por exame radiográfico, fornecerá informações sobre a possibilidade de se colocar os novos elementos no anel B ou não. Todos esses experimentos servirão para subsidiar um cálculo mais preciso de uma configuração para a operação permanente do IPR – R1 a 250 kW. Após a realização desses experimentos e dos cálculos que se seguirão, estes, juntamente com a metodologia e todos os cálculos aqui descritos serão submetidos à Supervisão de Licenciamento e Controle da CNEN a fim de subsidiar o processo de aumento da potência térmica do IPR – R1 para 250 kW.

CAPÍTULO 6

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-
- [1] KULIKOWSKA, TERESA; *Lattice Cell Calculations, Slowing Down Theory, Research Reactor Core Calculations - The WIMS Computer Code*; Proceedings of the workshop on nuclear reactors – Physics, Design and Safety; I.C.T.P., Trieste, Italy; April 11 – May 13, 1994.
- [2] RAVNIK, M.; *Principles and Physical Models of Research Reactor Calculations*; Proceedings of the workshop on nuclear reactors – Physics, Design and Safety; I.C.T.P., Trieste, Italy; April 11 – May 13, 1994.
- [3] CARNEIRO F. A. N.; *Cálculo para o TRIGA*; Nota Interna PMC-71; IPR 29/11/1972.
- [4] CARNEIRO F. A. N.; TERRA J. L.; *Dados para o Cálculo do TRIGA*; Nota Interna GARA-6; IPR 07/06/1973.
- [5] D'ALBUQUERQUE E. F.; *Cálculos para o TRIGA*; Nota Técnica PAR-T-74/61; CBTN-IPR 30/12/1974.
- [6] DUDERSTADT, J. J.; HAMILTON, L. J.; *Nuclear Reactor Analysis*; John Wiley & Sons.
- [7] LAMARSH, J. R., *Introduction to Nuclear Engineering*, 3° ed., Addison - Wesley Publishing Company, 1977.
- [8] LAMARSH, J. R., *Introduction to Nuclear Reactor Theory*, 3° ed., Addison - Wesley Publishing Company, 1977.
- [9] BELL G. I.; GLASSTONE S.; *Nuclear Reactor Theory*, Van Nostrand Reinhold Company; 1970
- [10] HENRY A. F.; *Nuclear-Reactor Analysis*; MIT Press; 1975.
- [11] REARDEN B. T.; *Engineering Analysis of a Power Upgrade for the Texas A&M Nuclear Science Center Reactor*, Master Thesis; Texas A&M University, 1995.
- [12] AHNERT, IGLESIAS, *Programa WIMS-TRACA para el calculo de elementos combustibles. Manual de usuario y datos de entrada*, Junta de Energia Nuclear; Madrid, 1980.
- [13] FOWLER ET ALI. *Nuclear Reactor Core Analysis Code: CITATION*. Oak Ridge National Laboratory. July 1969.
- [14] MELE, I.; RAVNIK M.; TRKOV, A. ; *TRIGA Mark II Benchmark Experiment, Part I: Steady State Operation*; Josef Stefan Institute; Nuclear Technology, vol. 105, Janeiro de 1994.
- [15] DALLE, H. M.; BARROS FILHO, J. A.; CARNEIRO, F. A. N.; ALDAMA, D. L.; *Validação da Metodologia de Cálculo Neutrônico do Reator TRIGA IPR – R1*; NI – CT4-008/98; CDTN/CNEN.
- [16] DALLE, H. M.; BARROS FILHO, J. A.; CARNEIRO, F. A. N.; *Cálculo de Excesso de Reatividade e Valor de Barras para Determinação de uma Configuração de Teste para o IPR – R1 a 250 kW*; NI – CT4-10/98; CDTN/CNEN.

- [17] HALLIDAY D.; RESNICK R.; *Fundamentos de Física 4 – Ótica e Física Moderna*; Livros Técnicos e Científicos Editora LTDA; 1991.
- [18] AKHTAR K. M.; *Nuclear Research Reactors – Status and Prospects*; Proceedings of the workshop on nuclear reactors – Physics, Design and Safety; I.C.T.P., Trieste, Italy; April 11 – May 13, 1994.
- [19] *Nuclear Research Reactors in the World – Reference Data Series N° 3*; IAEA; 1995.
- [20] *The Annual Report for 1997*; International Atomic Energy Agency – IAEA; 1997.
- [21] CTORP – *Curso de Treinamento de Operadores em Reatores de Pesquisa*; CDTN/CNEN; Vol. 1 - 5ª edição, 1998.
- [22] ANDRADE E SILVA, V. M.; *Anteprojeto de Ampliação da Potência do Reator IPR – R1*; Dissertação de Mestrado; IPR – UFMG – CNEN; Belo Horizonte, 1971.
- [23] RODRIGUES, C. W.; *Aspectos de Radioproteção e Segurança Nuclear Relativos à ampliação da Potência do Reator IPR – R1 para 250 kW*; Dissertação de Mestrado; IPR – UFMG – CNEN; Belo Horizonte, 1972.
- [24] YAMAGUCHI M.; *Projeto do Núcleo do IEA-R1 – 5MW*; RELT.001.R00; IPEN/CNEN; 1995.
- [25] YAMAGUCHI M.; *Análise Neutrônica do Núcleo do Reator IEA-R1 para 5MW*; RELT.002.R00; IPEN/CNEN; 1996.
- [26] YAMAGUCHI M.; *Validação da Metodologia de Cálculo Neutrônico do Reator IEA-R1*; RELT.011.R00; IPEN/CNEN; 1997.
- [27] RAZVI J.; Comunicação pessoal para Rose Mary G. P. Souza; 23/02/98.
- [28] IORGULIS C.; COSTESCU C.; *Tridimensional Neutronic Calculation Methods Used in Romanian 14-MW TRIGA-SSR Fuel Management and Irradiation Experiments Evaluation*; Eleventh European TRIGA Users' Conference; Setember 11-13, 1990.
- [29] BRETSCHER M. M.; SNELGROVE J. L.; *Transition from HEU to LEU Fuel in Romanias's 14-MW TRIGA Reactor*, XIV International Meeting on Reduced Enrichment for Research and Test Reactors; November 4-7 1991, Jakarta, Indonesia.
- [30] MELE I.; *TRIGA Computer Package*; Proceedings of the workshop on nuclear reactors – Physics, Design and Safety; I.C.T.P., Trieste, Italy; April 11 – May 13, 1994.
- [31] MELE I.; *Practical Applications of TRIGA Package*; Proceedings of the workshop on nuclear reactors – Physics, Design and Safety; I.C.T.P., Trieste, Italy; April 11 – May 13, 1994.
- [32] General Atomic; *TRIGA Mark I Reactor Mechanical Maintenance and Operating Manual*; San Diego, 1960 (GA-1544)
- [33] General Atomic; *Technical Foundation of Triga*; San Diego, 1958 (GA-471)
- [34] *Safe Operation of Research Reactors and Critical Assemblies*; IAEA Safety Standards; Safety Series No. 35; International Atomic Energy Agency, Viena, 1984.

- [35] IAEA Safety Series; N.º 35 – S1, S2, G1, G2; International Atomic Energy Agency, Viena, 1992/1994.
- [36] SOUZA, R. M. G. P.; RESENDE, M. F. R.; *Experimentos Propostos a 100 KW e a 250 KW para o Aumento de Potência do Reator IPR – R1*; NI-AT4-005/98; CDTN/CNEN.
- [37] PAIANO, M. C.; RESENDE, M. F. R.; *Planejamento de Medidas de Reatividade no Reator IPR-R1*; NI – AT4-017/95; CDTN/CNEN.
- [38] PRADO SOUZA, R. M. G. ; RESENDE, M. F. R.; *Medidas de Reatividade de Elementos Combustíveis do Reator TRIGA IPR-R1*, CDTN, Belo Horizonte, 1997.
- [39] SOUZA, R. M. G. P.; RESENDE, M. F. R.; *Medidas de Reatividade do Reator TRIGA IPR – R1*; NI-AT4-009/96; CDTN/CNEN.
- [40] PAIANO, M. C.; RESENDE, M. F. R.; *Medidas Necessárias para Validação de Cálculo do Reator IPR-R1*; NI – AT4-014/95; CDTN/CNEN.
- [41] POLASTRO L. C.; *Estimativa das Queimas Individuais e do Excesso de Reatividade do Núcleo do TRIGA IPR – R1*; Nota Técnica LABRE.PD 002; NUCLEBRAS/CDTN; 27/08/80.
- [42] EL-WAKIL, M. M.; *Nuclear Heat Transport*; International Textbook Company, 1971.
- [43] RAVNIK, M. Comunicação pessoal para Ivan Dionysio Arone – *TRIGA Calculations*; 19/12/97.
- [44] RAZVI J.; Comunicação pessoal para Hugo M. Dalle; 15/07/98.
- [45] General Atomic; *Hazard Report for 100 kW TRIGA Mark II Reactor*, GA-573; 23/10/1958.
- [46] JERAJ, R.; GLUMAC, B.; MAUCEC, M.; *Monte Carlo Simulation of the TRIGA MARK II Benchmark Experiment*; Josef Stefan Institute; Nuclear Technology, vol. 120, Dezembro de 1997.
- [47] MELE I.; *Some Experiments for Testing the Reactor Calculations*; Proceedings of the workshop on nuclear reactors – Physics, Design and Safety; I.C.T.P., Trieste, Italy; April 11 – May 13, 1994.
- [48] PERSIC A.; SLAVIC S.; *TRIGLAV - A Computer Program for Research Reactor Core Management Calculations*; Proceedings of the 2nd Regional Meeting on Nuclear Energy in Central Europe, Portoroz, Sep. 11-14 1995.
- [49] PERSIC A.; RAVNIK M.; SLAVIK S.; *Two Dimensional Burn-up Calculation of TRIGA Core*; Presented on the 3rd Regional Meeting on Nuclear Energy in Central Europe, 1996.
- [50] RUBY L.; DIPESO G.J.; *TRIGA Simulation Using DSNP*; Eleventh Biennial U.S. TRIGA Users' Conference; Washington, DC; April 10-13 1988.
- [51] BHUIYAN S.I.; KHAN A. R.; SARKER M. M.; RAHMAN M.; GULSHAN ARA Z.; MUSA M.; MANNAN M. A.; MELE I.; *Generation of a Library for Reactor Calculations and some Applications in Core and Safety Parameter Studies of the 3-MW TRIGA Mark II Research Reactor*; Nuclear Technology Vol. 97; March 1992.
- [52] SANTORO E.; *TRIGEN (TRIGA ORIGEN) Procedure: An ORIGEN Code Version for Compatible IBM Computer*; Eleventh European TRIGA Users' Conference; Setember 11-13, 1990.

- [53] MELE I.; SLAVIC S.; RAVNIK M.; DIMIC V.; *TRIGA Data Base for ORIGEN2*; Eleventh European TRIGA Users' Conference; Setember 11-13, 1990.
- [54] RAVNIK M; MELE I.; DIMIC V.; *PULSTRI-1 Computer Program for Mixed Core Pulse Calculation*; Eleventh European TRIGA Users' Conference; Setember 11-13, 1990.
- [55] CDTN / NUCLEBRÁS; *Relatório de Análise de Segurança do Reator TRIGA IPR - R1*; 1982.
- [56] DALLE, H. M.; *Medidas Adicionais Necessárias para Validação da Metodologia de Cálculo Neutrônico do Reator IPR – R1*; NI – CT4-01/99; CDTN/CNEN.

ANEXOS

ANEXO 1 – MODIFICAÇÕES NO CÓDIGO WIMSD4.

MODIFICAÇÕES NO CÓDIGO WIMSD4

A versão do código WIMSD4 usada neste trabalho foi desenvolvida no Centro de Tecnologia Nuclear (CTN), La Habana, Cuba. É uma modificação da versão do banco de dados NEA; *package NEA-0329/05*, para computadores IBM. Ele foi implementado em Computadores Pessoais IBM-compatíveis desde 1988 em cooperação com o especialista búlgaro Dr. P. Petkov. Esta versão foi desenvolvida e validada desde 1988 para cálculos de reticulado (*lattice*) para reatores VVER-440, mas pode ser usado para todos os cálculos de reticulado onde a versão original de WIMSD4 é aplicável. Esta versão tem sido utilizada no CTN em cálculos de célula de reatores PWR, MTR e TRIGA. Sua validação inclui a participação no “IAEA Coordinated Research Program: Safe Core Management with Burnable Absorbers in VVER” e no “WIMS Library Update Project” também conduzido pela AIEA. O fonte desta versão, WIMSD4C, tem sido usado e está disponível no CDTN.

Principais Extensões Acrescentadas ao Código Original

As principais extensões adicionadas à versão original do código são:

- a) Edição das seções de choque acrescentada na CADEIA 12. Elas são chamadas por novas opções de entrada descritas abaixo. O conjunto de seções de choque é satisfatório para uso em cálculos de difusão.
- b) O código permite mais de 10 isótopos com ressonâncias. O número máximo atual é 30, mas ele pode ser facilmente estendido modificando o parâmetro NRMAX nas subrotinas correspondentes.
- c) Cálculo de queima (burnup) local e inventário local.
- d) Geração de um arquivo de queima para permitir um cálculo de células para valores selecionados de queima.

Entradas Adicionais Necessárias na Versão Cubana

Para calcular seções de choque adequadas para cálculos de difusão na CADEIA 12 (modificada em Cuba) a seguinte série de dados de entrada é necessária:

POWERC 1 POW 0 0

1: indicativo de que POW é MW/t_{ep}

POW: Densidade de potência em MW/t_{ep}

0 0: Nenhum cálculo de burnup

PARAMETERS Tm p rhom Cb

Tm: Temperatura do moderador [K]

p: Pressão do moderador

rhom: Densidade do moderador (água): [g/cm³]

Cb: Concentração de Boro [(g de B)/(kg de H₂O)]

CGROUPS n1 n2... nn

n1, n2,..., nn: Grupos para “partir” as seções de choque que estiverem sendo colapsadas, referente a FEWGROUPS. O número de entradas dá o número de grupos n. Um número negativo indica condensação a 2 grupos. Valor “default” é n-1.

EOUT e1 e2 e3

e1: Controla a saída das seções de choque para códigos de transporte.

e2: Controla a saída das seções de choque para códigos de difusão.

e3: Controla a saída das seções de choque para materiais extras (não inteiramente validado).

e_i (i=1,2,3) podem assumir os valores seguintes:

0: não imprime, não grava.

- 1: imprime
 2: grava.
 3: imprime e grava.

As seções de choque são gravadas em formato binário pela subrotina SUBOUT.FOR, incluída no módulo W12C.FOR.

HOMO n1 n2 ... nm.

n1, n2, ... nm são os limites de malha de edição para homogeneização espacial. O número de entradas dá o número de diferentes zonas espaciais NMZ. Uma homogeneização de célula é sempre feita e é tratada como a zona NMZ+1 no arquivo de saída. Esta palavra chave trabalha usando as malhas do WIMS.

LHOMO n1 n2 ... nm.

n1, n2, ... nm são inteiros que identificam as zonas de homogeneização; normalmente os números 1, 2,... NMZ são dados. Se um dos números n1, n2, nm for negativo, o

Coefficiente de Difusão desta região é calculado como $\frac{1}{3\Sigma_{tr}}$ e não da forma normalizada,

derivada do cálculo de fugas B1.

Para gerar um arquivo de queima em um cálculo de queima é necessário ativar a palavra chave MATERIALS na edição de dados. Depois, é possível executar um cálculo de célula para qualquer queima calculada.

MATB Bn x

Bn: Valor de queima selecionado para executar o cálculo [MWd/t_{ep}].

x: Fator multiplicativo.

Este cartão assume a composição do material dos materiais queimáveis previamente armazenados em um arquivo de queima de um determinado reticulado e executa um cálculo novo. As densidades nucleares podem ser opcionalmente multiplicadas pelo fator x. O cartão MATERIAL da entrada de dados principais, foi ampliado para permitir mudanças de temperatura para os materiais usando o cartão MATB. O formato é, MATERIAL 100N -1 T k

A temperatura do material N será modificada para o valor T. O valor de k é o índice de espectro. Outras novas opções de entrada são:

EMAT n1 n2 ... ne

n1, n2, ... ne são os números dos materiais do WIMS que serão tratados como materiais extras. Esses materiais devem ter o número do tipo de espectro negativo (os tipos de espectro são definidos pelo cartão MATERIAL); eles não fazem parte do cálculo de reticulado, mas suas seções de choque podem ser condensadas usando o tipo de espectro positivo correspondente. As seções de choque de transporte serão impressas na CADEIA 12.

LEMAT m1 m2 ... me

m1, m2, ..., me são inteiros fornecidos pelo usuário para identificar os materiais extras. Normalmente os números 1, 2,... são dados.

LOCBRN b1 b2 ... bn bc

b1, b2, ..., bn são os valores de queima local dos n materiais queimáveis do problema, em MWd/t_{ep}. bc é a queima média na célula em MWd/t_{ep}.

LOCINV a1 a2 ... an ac

a_1, a_2, \dots, a_n são os valores de inventário locais dos n materiais do problema. Os últimos dois cartões só são requeridos se você precisar reiniciar um cálculo de queima. Os dados necessários a LOCBRN e LOCINV são fornecidos na CADEIA 12 da execução prévia.

ANEXO 2 – ENTRADAS DO WIMSD4C.

Todos os arquivos de entrada do WIMSD4C utilizados nesse cálculo são reproduzidos aqui, exceto os arquivos FUELS1.I a FUELS8.I e FFOL1.I a FFOL8.I, pois são idênticos a FUELS.I e FFOL.I à exceção do valor de temperatura no cartão MATERIAL.

AIRFODOW.I

```

*BENCHMARK TRIGA II
*PARTE DO AIR FOLLOWER QUE ESTA DEBAIXO DO NUCLEO
CELL 7
SEQUENCE 1
NGROUP 69
NMESH 30 30
NREGION 4 1 8
NMATERIAL 7 1
PREOUT
INITIATE
ANNULUS 1 1.60000 1 *AGUA
ANNULUS 2 1.90000 2 *ALUMINIO
ANNULUS 3 2.312161 3 *AGUA
ANNULUS 4 6.117402 4 *AGUA
MESH 15 5 5 5
ARRAY 1(1 6 4.2148 0)
RODSUB 1 1 0.31750 5 *CIRCONIO
RODSUB 1 2 1.82245 6 *FUEL
RODSUB 1 3 1.82626 0 *VOID
RODSUB 1 4 1.87706 7 *ACERO
MATERIAL 1 -1 295.65 4 $
    16 3.3327E-02 $
    1001 6.6653E-02
MATERIAL 2 -1 295.65 4 $
    27 6.0261E-02
MATERIAL 3 -1 295.65 4 $
    16 3.3327E-02 $
    1001 6.6653E-02
MATERIAL 4 -1 295.65 3 $
    16 3.3327E-02 $
    1001 6.6653E-02
MATERIAL 5 -1 295.65 1 $
    91 4.291E-02
MATERIAL 6 -1 295.65 1 $
    2238.4 1.4868E-03 $
    235.2 3.7646E-04 $
    3239.1 0.0 $
    1240 0.0 $
    5001 6.0352E-02 $
    91 3.4900E-02
MATERIAL 7 -1 295.65 2 $
    58 7.5993E-03 $
    55 1.7314E-03 $
    1056 1.7761E-02 $
    56 4.1441E-02 $
    52 1.7382E-02
REGULAR 1 6
FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 $
12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 $
23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 $
34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 $
45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 $
56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 $
67 68 69
S 8
TOLERANCE 1E-05
SUPPRESS 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
POWERC 1 1E-20 0 0
PARAMETERS 295.65 1.62 0.9976 0.0
EOUT 0 1 0
    
```

LHOMO -1 2
 HOMO 25 30
 CGROUP 45 69
 BEGINC
 THERMAL 24
 BEEONE 1
 BUCKLING 2.3169E-02 3.1926E-03
 DNB 1 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
 DNB 3 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
 DNB 4 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
 DNB 6 0.0 6.0352E-02 0.0 0.0
 LEAKAGE 6
 BEGINC

AIRFOLI

*BENCHMARK TRIGA II
 *AIR FOLLOWER
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 30 25
 NREGION 6 1 10
 NMATERIAL 6 1
 PREOUT
 INITIATE
 ANNULUS 1 1.5164 0 *VOID
 ANNULUS 2 1.5875 1 *ALUMINIO
 ANNULUS 3 1.6000 2 *AGUA
 ANNULUS 4 1.9000 1 *ALUMINIO
 ANNULUS 5 2.290948 2 *AGUA
 ANNULUS 6 6.080775 3 *AGUA
 MESH 1 2 2 10 5 10
 ARRAY 1(1 6 4.18586143 0)
 RODSUB 1 1 0.31750 4
 RODSUB 1 2 1.82245 5
 RODSUB 1 3 1.82626 0
 RODSUB 1 4 1.87706 6
 MATERIAL 1 -1 295.65 4 \$
 27 6.0261E-02
 MATERIAL 2 -1 295.65 4 \$
 16 3.3327E-02 \$
 1001 6.6653E-02
 MATERIAL 3 -1 295.65 3 \$
 16 3.3327E-02 \$
 1001 6.6653E-02
 MATERIAL 4 -1 295.65 1 \$
 91 4.291E-02
 MATERIAL 5 -1 295.65 1 \$
 2238.4 1.4868E-03 \$
 235.2 3.7646E-04 \$
 3239.1 0.0 \$
 1240 0.0 \$
 5001 6.0352E-02 \$
 91 3.4900E-02
 MATERIAL 6 -1 295.65 2 \$
 58 7.5993E-03 \$
 55 1.7314E-03 \$
 1056 1.7761E-02 \$
 56 4.1441E-02 \$
 52 1.7382E-02

REGULAR 1 6
 FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 \$
 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 \$
 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 \$
 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 \$
 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 \$
 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 \$
 67 68 69
 S 8
 TOLERANCE 1E-05
 SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
 POWERC 1 1E-20 0 0
 PARAMETERS 295.65 1.62 0.9976 0.0
 EOUT 0 1 0
 LHOMO 1 2
 HOMO 20 25
 CGROUPS 45 69
 BEGINC
 THERMAL 24
 BEEONE 1
 BUCKLINGS 2.3169E-02 3.1926E-03
 DNB 2 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
 DNB 3 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
 DNB 5 0.0 6.0352E-02 0.0 0.0
 LEAKAGE 6
 BEGINC

AXREF.I

*BENCHMARK TRIGA II
 *REFLECTOR AXIAL GRAFITA
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 37 27
 NREGION 4 1 8
 NMATERIAL 7 1
 PREOUT
 INITIATE
 ANNULUS 1 1.82626 1 *GRAFITO
 ANNULUS 2 1.87706 2 *ACERO
 ANNULUS 3 2.31216 3 *AGUA
 ANNULUS 4 6.11740 4 *AGUA
 MESH 10 2 10 15
 ARRAY 1 (1 6 4.21478 0)
 RODSUB 1 1 0.31750 5 *CIRCONIO
 RODSUB 1 2 1.82245 6 *FUEL
 RODSUB 1 3 1.82626 0 *GAP
 RODSUB 1 4 1.87706 7 *ACERO
 MATERIAL 1 -1 295.65 4 \$
 12 0.083729
 MATERIAL 2 -1 295.65 4 \$
 58 7.5993E-03 \$
 55 1.7314E-03 \$
 1056 1.7761E-02 \$
 56 4.1441E-02 \$
 52 1.7382E-02
 MATERIAL 3 -1 295.65 4 \$
 16 3.3327E-02 \$
 1001 6.6653E-02
 MATERIAL 4 -1 295.65 3 \$

16 3.3327E-02 \$
 1001 6.6653E-02
 MATERIAL 5 -1 295.65 1 \$
 91 4.291E-02
 MATERIAL 6 -1 295.65 1 \$
 2238.4 1.4868E-03 \$
 235.2 3.7646E-04 \$
 3239.1 0.0 \$
 1240 0.0 \$
 5001 6.0352E-02 \$
 91 3.4900E-02
 MATERIAL 7 -1 295.65 2 \$
 58 7.5993E-03 \$
 55 1.7314E-03 \$
 1056 1.7761E-02 \$
 56 4.1441E-02 \$
 52 1.7382E-02
 REGULAR 1 6
 FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 \$
 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 \$
 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 \$
 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 \$
 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 \$
 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 \$
 67 68 69
 S 8
 TOLERANCE 1E-05
 SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
 POWERC 1 1E-20 0 0
 PARAMETERS 295.65 1.62 0.9976 0.0
 EOUT 0 1 0
 LHOMO 1 2
 HOMO 22 27
 CGROUPS 45 69
 BEGINC
 THERMAL 24
 BEEONE 1
 BUCKLINGS 2.3169E-02 3.1926E-03
 DNB 1 0.0 0.0 0.0 8.3729E-02
 DNB 3 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
 DNB 4 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
 DNB 6 0.0 6.0352E-02 0.0 0.0
 LEAKAGE 6
 BEGINC

CONTROD.I

*BENCHMARK TRIGA II
 *BARRA DE CONTROLE
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 40 35
 NREGION 4 1 8
 NMATERIAL 7 1
 PREOUT
 INITIATE
 ANNULUS 1 1.61415 1 *ABSORBENTE
 ANNULUS 2 1.66495 2 *ACERO
 ANNULUS 3 2.29335 3 *AGUA
 ANNULUS 4 6.08213 4 *AGUA

```

MESH 15 5 10 10
ARRAY 1 (1 6 4.18834 0)
RODSUB 1 1 0.31750 5 *CIRCONIO
RODSUB 1 2 1.82245 6 *FUEL
RODSUB 1 3 1.82626 0 *GAP
RODSUB 1 4 1.87706 7 *ACERO
MATERIAL 1 -1 295.65 -1 $
    12 0.027355 $
    11 0.10775
MATERIAL 2 -1 295.65 4 $
    58 7.5993E-03 $
    55 1.7314E-03 $
    1056 1.7761E-02 $
    56 4.1441E-02 $
    52 1.7382E-02
MATERIAL 3 -1 295.65 4 $
    16 3.3327E-02 $
    1001 6.6653E-02
MATERIAL 4 -1 295.65 3 $
    16 3.3327E-02 $
    1001 6.6653E-02
MATERIAL 5 -1 295.65 1 $
    91 4.291E-02
MATERIAL 6 -1 295.65 1 $
    2238.4 1.4868E-03 $
    235.2 3.7646E-04 $
    3239.1 0.0 $
    1240 0.0 $
    5001 6.0352E-02 $
    91 3.4900E-02
MATERIAL 7 -1 295.65 2 $
    58 7.5993E-03 $
    55 1.7314E-03 $
    1056 1.7761E-02 $
    56 4.1441E-02 $
    52 1.7382E-02
REGULAR 1 6
FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 $
12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 $
23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 $
34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 $
45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 $
56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 $
67 68 69
S 8
TOLERANCE 1E-05
SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
POWERC 1 1E-20 0 0
PARAMETERS 295.65 1.6 0.997 0.0
EOUT 0 1 0
LHOMO -1 2
HOMO 30 35
CGROUPS 45 69
BEGINC
THERMAL 24
BEEONE 1
BUCKLINGS 2.3169E-02 3.1926E-03
DNB 3 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
DNB 4 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
DNB 6 0.0 6.0352E-02 0.0 0.0
LEAKAGE 6
BEGINC

```

FFOLI

```

* BENCHMARK TRIGA MARK II
* FUELED FOLLOWER
*
CELL 6
SEQUENCE 1
NGROUP 69
NMESH 25 25
NREGION 5 0 5
NMATERIAL 4 1
PREOUT
INITIATE
ANNULUS 1 0.31750 1
ANNULUS 2 1.66495 2
ANNULUS 3 1.69545 0
ANNULUS 4 1.74625 3
ANNULUS 5 2.29094 4
MESH 1 10 1 3 10
MATERIAL 1 -1 295.65 1 $
91 4.291E-02
MATERIAL 2 -1 295.65 1 $
 2238.4 1.4868E-03 $
  235.2 3.7646E-04 $
 3239.1 0.0 $
  1240 0.0 $
  5001 0.060352 $
91 0.034900
MATERIAL 3 -1 295.65 2 $
  58 7.5993E-03 $
  55 1.7314E-03 $
 1056 1.7761E-02 $
  56 4.1441E-02 $
  52 1.7382E-02
MATERIAL 4 -1 295.65 3 $
  16 3.3327E-02 $
1001 6.6653E-02
REGULAR 1 6
FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 $
14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 $
27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 $
40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 $
53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 $
66 67 68 69
S 8
TOLERANCE 1.0E-05
SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
POWERC 1 1E-20 0 0
PARAMETERS 295.65 1.6 0.997 0.0
EOUT 0 1 0
LHOMO -1
HOMO 25
CGROUP 45 69
BEGINC
BUCKLING 2.3169E-02 3.1926E-03
LEAKAGE 6
THERMAL 24
BEEONE 1
DNB 2 0.0 0.060352 0.0 0.0
DNB 4 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
BEGINC

```


*FUELED D
 ANNULUS 5 2.29455 4
 BEGINC
 BEGINC

FFOLDOWN.I

*BENCHMARK TRIGA II
 *PARTE DO FUELED FOLLOWER QUE ESTA DEBAIXO DO NUCLEO
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 30 30
 NREGION 4 1 8
 NMATERIAL 6 1
 PREOUT
 INITIATE
 ANNULUS 1 1.826260 0 *VOID
 ANNULUS 2 1.877060 1 *ACERO
 ANNULUS 3 2.296013 2 *AGUA
 ANNULUS 4 6.117380 3 *AGUA
 MESH 15 5 5 5
 ARRAY 1(1 6 4.2066965 0)
 RODSUB 1 1 0.31750 4 *CIRCONIO
 RODSUB 1 2 1.82245 5 *FUEL
 RODSUB 1 3 1.82626 0 *VOID
 RODSUB 1 4 1.87706 6 *ACERO
 MATERIAL 1 -1 295.65 4 \$
 58 7.5993E-03 \$
 55 1.7314E-03 \$
 1056 1.7761E-02 \$
 56 4.1441E-02 \$
 52 1.7382E-02
 MATERIAL 2 -1 295.65 4 \$
 16 3.3327E-02 \$
 1001 6.6653E-02
 MATERIAL 3 -1 295.65 3 \$
 16 3.3327E-02 \$
 1001 6.6653E-02
 MATERIAL 4 -1 295.65 1 \$
 91 4.291E-02
 MATERIAL 5 -1 295.65 1 \$
 2238.4 1.4868E-03 \$
 235.2 3.7646E-04 \$
 3239.1 0.0 \$
 1240 0.0 \$
 5001 6.0352E-02 \$
 91 3.4900E-02
 MATERIAL 6 -1 295.65 2 \$
 58 7.5993E-03 \$
 55 1.7314E-03 \$
 1056 1.7761E-02 \$
 56 4.1441E-02 \$
 52 1.7382E-02
 REGULAR 1 6
 FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 \$
 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 \$
 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 \$
 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 \$
 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 \$
 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 \$

67 68 69
 S 8
 TOLERANCE 1E-05
 SUPPRESS 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
 POWERC 1 1E-20 0 0
 PARAMETERS 295.65 1.6 0.997 0.0
 EOUT 0 1 0
 LHOMO -1 2
 HOMO 25 30
 CGROUPS 45 69
 BEGINC
 THERMAL 24
 BEEONE 1
 BUCKLINGS 2.3169E-02 3.1926E-03
 DNB 2 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
 DNB 3 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
 DNB 5 0.0 6.0352E-02 0.0 0.0
 LEAKAGE 6
 BEGINC

FUELS.I

* TRIGA BENCHMARK
 * TH20#.5
 * FUEL ARRAY A
 *
 CELL 6
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 25 25
 NREGION 5 0 5
 NMATERIAL 4 1
 PREOUT
 INITIATE
 ANNULUS 1 0.31750 1
 ANNULUS 2 1.82245 2
 ANNULUS 3 1.82626 0
 ANNULUS 4 1.87706 3
 ANNULUS 5 2.02700 4
 MESH 1 10 1 3 10
 MATERIAL 1 -1 295.65 1 \$
 91 4.291E-02
 MATERIAL 2 -1 295.65 1 \$
 2238.4 1.4868E-03 \$
 235.2 3.7646E-04 \$
 3239.1 0.0 \$
 1240 0.0 \$
 5001 6.0352E-02 \$
 91 3.4900E-02
 MATERIAL 3 -1 295.65 2 \$
 58 7.5993E-03 \$
 55 1.7314E-03 \$
 1056 1.7761E-02 \$
 56 4.1441E-02 \$
 52 1.7382E-02
 MATERIAL 4 -1 295.65 3 \$
 16 3.3327E-02 \$
 1001 6.6653E-02
 REGULAR 1 6
 FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 \$
 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 \$

25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 \$
 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 \$
 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 \$
 61 62 63 64 65 66 67 68 69
 S 8
 TOLERANCE 1.0E-5
 SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
 POWERC 1 1.0E-20 0 0
 PARAMETERS 295.65 1.6 0.997 0.0
 EOUT 0 1 0
 LHOMO 1
 HOMO 25
 CGROUP 45 69
 BEGINC
 BUCKLING 2.3169E-02 3.1926E-03
 LEAKAGE 6
 THERMAL 24
 BEEONE 1
 DNB 1 0.0 0.0 0.0 0.0
 DNB 2 0.0000 6.0352E-02 0.0000 0.0000
 DNB 3 0.0 0.0 0.0 0.0
 DNB 4 6.6653E-02 0.0000 3.3327E-02 0.0000
 BEGINC
 * ANNULUS B
 ANNULUS 5 2.31310 4
 BEGINC
 BEGINC
 * ANNULUS C
 ANNULUS 5 2.2909 4
 BEGINC
 BEGINC
 * ANNULUS D
 ANNULUS 5 2.2946 4
 BEGINC
 BEGINC
 * ANNULUS E
 ANNULUS 5 2.2960 4
 LHOMO -1
 BEGINC
 BEGINC
 * ANNULUS D com lhomo -1
 ANNULUS 5 2.2946 4
 LHOMO -1
 BEGINC
 BEGINC

RADREF.I

* TRIGA BENCHMARK
 * TH20#.5
 * CALCULO DE SECCIONES PARA EL REFLECTOR RADIAL
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 110 82
 NREGION 16 4 32
 NMATERIAL 8 2
 PREOUT
 INITIATE
 ANNULUS 1 0.31750 1 * CIRCONIO
 ANNULUS 2 1.82245 2 * FUEL

ANNULUS 3 1.82626 0 * GAP
 ANNULUS 4 1.87706 3 * CLADDING
 ANNULUS 5 2.02700 4 * WATER
 ANNULUS 6 6.01750 4 * WATER (6 FUEL ELEMENTS)
 ANNULUS 7 9.95950 4 * WATER (12 FUEL ELEMENTS)
 ANNULUS 8 13.9270 4 * WATER (18 FUEL ELEMENTS)
 ANNULUS 9 17.902 4 * WATER (24 FUEL ELEMENTS)
 ANNULUS 10 19.981 5 * WATER (WATER SORROUNDING CORE)
 ANNULUS 11 22.060 5 * WATER (WATER SORROUNDING CORE)
 ANNULUS 12 22.660 6 * ALUMINIO
 ANNULUS 13 33.273 7 * GRAPHITE ZONE 1
 ANNULUS 14 43.886 7 * GRAPHITE ZONE 2
 ANNULUS 15 54.500 7 * GRAPHITE ZONE 3
 ANNULUS 16 54.800 8 * WATER REFLECTOR
 MESH 4 5 3 2 7 12 12 12 12 6 6 4 8 8 8 1
 ARRAY 1 (1 6 4.02225 0.0) \$
 (1 12 7.9885 0.0) \$
 (1-18 11.9432 0.0) \$
 (1 24 15.9145 0.0)
 RODSUB 1 1 0.31750 1
 RODSUB 1 2 1.82245 2
 RODSUB 1 3 1.82626 0
 RODSUB 1 4 1.87706 3
 *MATERIAL COMPOSITION
 MATERIAL 1 -1 295.65 1 \$ *CIRCONIO
 91 4.291E-02
 MATERIAL 2 -1 295.65 1 \$
 2238.4 1.4868E-03 \$
 235.2 3.7646E-04 \$
 3239.1 0.0 \$
 1240 0.0 \$
 5001 6.0352E-02 \$
 91 3.4900E-02
 MATERIAL 3 -1 295.65 2 \$
 58 7.5993E-03 \$
 55 1.7314E-03 \$
 1056 1.7761E-02 \$
 56 4.1441E-02 \$
 52 1.7382E-02
 MATERIAL 4 -1 295.65 3 \$ *AGUA QUE RODEA A LOS ELEMENTOS COMBUSTIBLES
 16 3.3327E-02 \$
 1001 6.6653E-02
 MATERIAL 5 -1 295.65 -3 \$ *AGUA QUE RODEA AL NUCLEO
 16 3.3327E-02 \$
 1001 6.6653E-02
 MATERIAL 6 -1 295.65 -3 \$ *ALUMINIO
 27 6.0261E-02
 MATERIAL 7 -1 295.65 -3 \$ *GRAFITO
 12 0.083729
 MATERIAL 8 -1 295.65 -3 \$ *AGUA REFLECTOR
 16 3.3327E-02 \$
 1001 6.6653E-02
 REGULAR 1 6
 FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 \$
 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 \$
 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 \$
 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 \$
 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 \$
 61 62 63 64 65 66 67 68 69
 DBSQUARED-11 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$
 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$
 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$

9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$
 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$
 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$
 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$
 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$
 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$
 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$
 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$
 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$
 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$
 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 9.06E-3 \$

S 12
 FREE
 TOLERANCE 5.0E-5
 SUPPRESS 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
 POWERC 1 1.0E-20 0 0
 PARAMETERS 295.65 1.6 0.997 0.0
 EOUT 0 1 0
 LHOMO -1 -2 -3 -4 -5 -6 -7
 HOMO 41 47 53 65 73 81 82
 CGROUPS 45 69
 BEGINC
 BUCKLING 1E-20 1E-20
 LEAKAGE 5
 THERMAL 24
 BEGINC

TROD.I

*BENCHMARK TRIGA II
 *BARRA TRANSIENTE
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 36 31
 NREGION 6 1 10
 NMATERIAL 9 1
 PREOUT
 INITIATE
 ANNULUS 1 1.51640 1 *ABSORBENTE
 ANNULUS 2 1.58750 2 *ALUMINIO
 ANNULUS 3 1.60000 3 *AGUA
 ANNULUS 4 1.90000 4 *ALUMINIO
 ANNULUS 5 2.29095 5 *AGUA
 ANNULUS 6 6.08077 6 *AGUA
 MESH 15 5 2 2 2 10
 ARRAY 1 (1 6 4.1858615 0)
 RODSUB 1 1 0.31750 7 *CIRCONIO
 RODSUB 1 2 1.82245 8 *FUEL
 RODSUB 1 3 1.82626 0 *GAP
 RODSUB 1 4 1.87706 9 *ACERO
 MATERIAL 1 -1 295.65 -1 \$
 12 0.027355 \$
 11 0.10775
 MATERIAL 2 -1 295.65 4 \$
 27 6.0261E-02
 MATERIAL 3 -1 295.65 4 \$
 16 3.3327E-02 \$
 1001 6.6653E-02
 MATERIAL 4 -1 295.65 4 \$
 27 6.0261E-02

MATERIAL 5 -1 295.65 4 \$
 16 3.3327E-02 \$
 1001 6.6653E-02
 MATERIAL 6 -1 295.65 3 \$
 16 3.3327E-02 \$
 1001 6.6653E-02
 MATERIAL 7 -1 295.65 1 \$
 91 4.291E-02
 MATERIAL 8 -1 295.65 1 \$
 2238.4 1.4868E-03 \$
 235.2 3.7646E-04 \$
 3239.1 0.0 \$
 1240 0.0 \$
 5001 6.0352E-02 \$
 91 3.4900E-02
 MATERIAL 9 -1 295.65 2 \$
 58 7.5993E-03 \$
 55 1.7314E-03 \$
 1056 1.7761E-02 \$
 56 4.1441E-02 \$
 52 1.7382E-02
 REGULAR 1 6
 FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 \$
 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 \$
 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 \$
 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 \$
 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 \$
 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 \$
 67 68 69
 S 8
 TOLERANCE 1E-05
 SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
 POWERC 1 1E-20 0 0
 PARAMETERS 295.65 1.62 0.9976 0.0
 EOUT 0 1 0
 LHOMO -1 2
 HOMO 26 31
 CGROUPS 45 69
 BEGINC
 THERMAL 24
 BEEONE 1
 BUCKLINGS 2.3169E-02 3.1926E-03
 DNB 1 0.0 0.0 0.0 0.0
 DNB 3 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
 DNB 5 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
 DNB 6 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
 DNB 8 0.0 6.0352E-02 0.0 0.0
 LEAKAGE 6
 BEGINC

WATERHOLI

*BENCHMARK TRIGA II
 *WATER HOLES IN THE CORE PRODUCED WHEN I TAKE A FUEL ELEMENT FROM CORE
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 20 20
 NREGION 2 1 6
 NMATERIAL 5 1
 PREOUT

```

INITIATE
ANNULUS 1 2.027070 1 *WATER
ANNULUS 2 6.01745 2 *WATER CONTAINING FUEL ELEMENT
MESH 15 5
ARRAY 1(1 6 4.1441 0)
RODSUB 1 1 0.31750 3 *CIRCONIO
RODSUB 1 2 1.82245 4 *FUEL
RODSUB 1 3 1.82626 0 *VOID
RODSUB 1 4 1.87706 5 *ACERO
MATERIAL 1 -1 295.65 4 $
    16 3.3327E-02 $
    1001 6.6653E-02
MATERIAL 2 -1 295.65 3 $
    16 3.3327E-02 $
    1001 6.6653E-02
MATERIAL 3 -1 295.65 1 $
91 4.291E-02
MATERIAL 4 -1 295.65 1 $
2238.4 1.4868E-03 $
235.2 3.7646E-04 $
3239.1 0.0 $
1240 0.0 $
5001 6.0352E-02 $
91 3.4900E-02
MATERIAL 5 -1 295.65 2 $
58 7.5993E-03 $
55 1.7314E-03 $
1056 1.7761E-02 $
56 4.1441E-02 $
52 1.7382E-02
REGULAR 1 6
FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 $
12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 $
23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 $
34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 $
45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 $
56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 $
67 68 69
S 8
TOLERANCE 1E-05
SUPPRESS 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
POWERC 1 1E-20 0 0
PARAMETERS 295.65 1.6 0.997 0.0
EOUT 0 1 0
LHOMO -1 2
HOMO 15 20
CGROUPS 45 69
BEGINC
THERMAL 24
BEEONE 1
BUCKLINGS 2.3169E-02 3.1926E-03
DNB 1 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
DNB 2 6.6653E-02 0.0 3.3327E-02 0.0
DNB 4 0.0 6.0352E-02 0.0 0.0
LEAKAGE 6
BEGINC
*RING B
ANNULUS 1 2.31306 1 *WATER
ANNULUS 2 5.99206 2 *WATER
BEGINC
BEGINC
*RING C
    
```

ANNULUS 1 2.29095 1 *WATER
 ANNULUS 2 6.08077 2 *WATER
 BEGINC
 BEGINC
 *RING D
 ANNULUS 1 2.29455 1 *WATER
 ANNULUS 2 6.06920 2 *WATER
 BEGINC
 BEGINC
 *RING E
 ANNULUS 1 2.29601 1 *WATER
 ANNULUS 2 6.11738 2 *WATER
 BEGINC
 BEGINC

WTRI1A.I

* TRIGA IPR-R1
 * SUPERCELULA TUBO CENTRAL
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 37 21
 NREGION 4 1 7
 NMATERIAL 5 1
 PREOUT
 INITIATE
 ANNULUS 1 1.6900 1
 ANNULUS 2 1.9050 2
 ANNULUS 3 2.0270 1
 ANNULUS 4 6.0175 5
 MESH 10 2 5 20
 ARRAY 1 1 6 4.054 0.0
 RODSUB 1 1 1.7800 4 *UZrH
 RODSUB 1 2 1.7890 0 *GAP
 RODSUB 1 3 1.8650 3 *REVEST. Al
 MATERIAL 1 -1 306.15 4 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 2 -1 306.15 4 27 6.0261E-02
 MATERIAL 3 -1 326.15 2 27 6.0261E-02
 MATERIAL 4 -1 373.15 1 235.2 0.25744E-3 2238.4 1.0167E-3 \$
 5001 0.037525 91 0.037727 \$
 3239.1 0.0 1240 0.0
 MATERIAL 5 -1 306.15 3 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 REGULAR 1 6
 FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \$
 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 \$
 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 \$
 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 \$
 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 \$
 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 \$
 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69
 SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
 S 8
 TOLERANCE 1.0E-5
 * TO PRODUCE XS IN CHAIN 12 (Cuban version)
 POWERC 1 1.0E-20 0 0
 PARAMETERS 306.15 1.6 0.9971 0.0
 LHOMO 1 2
 HOMO 17 21
 CGROUPS 45 69
 EOUT 0 1 0


```

BEGINC
THERMAL 24
BEEONE 1
DNB 1 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
DNB 2 0.0 0.0 0.0 0.0
DNB 3 0.0 0.0 0.0 0.0
DNB 4 0.0 0.037525 0.0 0.0
DNB 5 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
BUCKLINGS 2.3169E-2 3.1926E-3
LEAKAGE 6
BEGINC
    
```

WTR12-5A.1

```

* TRIGA IPR-R1
* CELULA DO ALUMINIUM FUEL ELEMENT ANEIS B ATE E
CELL 6
SEQUENCE 1
NGROUP 69
NMESH 28 28
NREGION 4 0 4
NMATERIAL 3 1
PREOUT
INITIATE
ANNULUS 1 1.7800 1
ANNULUS 2 1.7890 0
ANNULUS 3 1.8650 2
ANNULUS 4 2.3131 3
MATERIAL 1 -1 373.15 1 235.2 0.25744E-3 2238.4 1.0167E-3 $
          5001 0.037525 91 0.037727 $
          3239.1 0.0 1240 0.0
MATERIAL 2 -1 326.15 2 27 6.0261E-02
MATERIAL 3 -1 306.15 3 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
REGULAR 1 6
FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 $
          10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 $
          20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 $
          30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 $
          40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 $
          50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 $
          60 61 62 63 64 65 66 67 68 69
MESH 12 2 2 12
SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
S 8
TOLERANCE 1.0E-5
* TO PRODUCE XS IN CHAIN 12 (Cuban version)
POWERC 1 1.0E-20 0 0
PARAMETERS 306.15 1.6 0.9971 0.0
LHOMO 1
HOMO 28
CGROUPS 45 69
EOUT 0 1 0
BEGINC
THERMAL 24
BEEONE 1
DNB 1 0.0 0.037525 0.0 0.0
DNB 2 0.0 0.0 0.0 0.0
DNB 3 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
BUCKLINGS 2.3169E-2 3.1926E-3
LEAKAGE 6
BEGINC
    
```

```

* ANNULUS C
ANNULUS 4 2.29095 3
BEGINC
BEGINC
* ANNULUS D
ANNULUS 4 2.29456 3
BEGINC
BEGINC
* ANNULUS E
ANNULUS 4 2.29601 3
BEGINC
BEGINC
* annulus f
annulus 4 2.3536 3
LHOMO -1
beginc
beginc
* annulus E COM LHOMO -1
annulus 4 2.29601 3
LHOMO -1
beginc
beginc
    
```

WTRIBIN.I

```

* Benchmark TRIGA CDTN ANEL C BURNUP CALCULATION
* CELULA DO STANDARD FUEL ELEMENT
* POWER 100KW TFUEL = 373 TMOD=33 TCLAD=53 CELSIUS
CELL 6
SEQUENCE 1
NGROUP 69
NMESH 23 23
NREGION 4 0 4
NMATERIAL 3 1
PREOUT
INITIATE
ANNULUS 1 1.8150 1
annulus 2 1.8660 0
ANNULUS 3 1.8800 2
ANNULUS 4 2.3131 3
MATERIAL 1 -1 373.15 1 235.2 2.5915E-4 2238.4 1.0235E-3 $
    5001 5.6876E-2 91 3.5312E-2 $
    3239.1 0.0 1240 0.0
MATERIAL 2 -1 326.15 2 58 7.5993E-03 55 1.7314E-03 $
    1056 1.7761E-02 56 4.1441E-02 $
    52 1.7382E-02
MATERIAL 3 -1 306.15 3 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
REGULAR 1 6
FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 $
    10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 $
    20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 $
    30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 $
    40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 $
    50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 $
    60 61 62 63 64 65 66 67 68 69
MESH 10 1 2 10
SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
S 8
* STEP 0
POWERC 1 9.4869 1.0E-20 1
BUCKLINGS 2.3169E-2 3.1926E-3
    
```

```

BEGINC
THERMAL 24
BEEONE 1
DNB 1 0.0 5.6876E-2 0.0 0.0
DNB 2 0.0 0.0 0.0 0.0
DNB 3 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
BUCKLINGS 2.3169E-2 3.1926E-3
LEAKAGE 6
MATERIALS
ALPHA 34 43
BEGINC
* BURNUP STEP 1 0 -> 100
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 2 100 -> 200
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 3 200 -> 300
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 4 300 -> 400
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 5 400 -> 500
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 6 500 -> 600
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 7 600 -> 700
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 8 700 -> 800
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 9 800 -> 900
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 900 -> 1000
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 6 1000 -> 1200
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 7 1200 -> 1400
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 8 1400 -> 1600
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC

```

```

BEGINC
* BURNUP STEP 9 1600 -> 1800
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 1800 -> 2000
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 2000 -> 2200
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 2200 -> 2400
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 2400 -> 2600
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 2600 -> 2800
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 2800 -> 3000
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 3000 -> 3200
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 3200 -> 3400
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 3400 -> 3600
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 3600 -> 3800
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 3800 -> 4000
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 4000 -> 4200
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 4200 -> 4400
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 4400 -> 4600
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 4600 -> 4800

```

```
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 4800 -> 5000
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 5000 -> 5200
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 5200 -> 5400
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 5400 -> 5600
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 5600 -> 5800
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 5800 -> 6000
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 6000 -> 6200
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 6200 -> 6400
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 6400 -> 6600
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 6600 -> 6800
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 6800 -> 7000
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 21 7000 -> 7500
POWERC 1 9.4869 1.756809 30
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 22 7500 -> 8000
POWERC 1 9.4869 1.756809 30
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 23 8000 -> 9000
POWERC 1 9.4869 2.635213 40
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 24 9000 -> 10000
POWERC 1 9.4869 2.635213 40
BEGINC
```

BEGINC
 * BURNUP STEP 25 10000-> 12000
 POWERC 1 9.4869 4.216340 50
 BEGINC
 BEGINC

WTRIBINX.I

* Benchmark TRIGA CDTN ANEL C MAIN XS CALCULATION
 * CELULA DO STANDARD FUEL ELEMENT
 * POWER 100KW TFUEL = 373 TMOD=33 TCLAD=53 CELSIUS
 CELL 6
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 23 23
 NREGION 4 0 4
 NMATERIAL 3 1
 PREOUT
 INITIATE
 ANNULUS 1 1.8150 1
 annulus 2 1.8660 0
 ANNULUS 3 1.8800 2
 ANNULUS 4 2.3131 3
 MATB 0.0 1
 MATERIAL 2 -1 326.15 2 58 7.5993E-03 55 1.7314E-03 \$
 1056 1.7761E-02 56 4.1441E-02 \$
 52 1.7382E-02
 MATERIAL 3 -1 306.15 3 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 REGULAR 1 6
 FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \$
 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 \$
 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 \$
 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 \$
 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 \$
 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 \$
 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69
 MESH 10 1 2 10
 SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
 S 8
 POWERC 1 9.4869 0 0
 PARAMETERS 306.15 1.6 0.99 0.0
 LHOMO 1
 HOMO 23
 CGROUPS 45 69
 EOUT 0 1 0
 BEGINC
 THERMAL 24
 BEEONE 1
 DNB 1 0.0 5.6876E-2 0.0 0.0
 DNB 2 0.0 0.0 0.0 0.0
 DNB 3 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 BUCKLINGS 2.3169E-2 3.1926E-3
 LEAKAGE 6
 BEGINC
 * 100 MWD/TE
 MATB 100.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 200 MWD/TE
 MATB 200.0 1
 BEGINC

BEGINC
* 300 MWD/TE
MATB 300.0 1
BEGINC
BEGINC
* 400 MWD/TE
MATB 400.0 1
BEGINC
BEGINC
* 500 MWD/TE
MATB 500.0 1
BEGINC
BEGINC
* 600 MWD/TE
MATB 600.0 1
BEGINC
BEGINC
* 700 MWD/TE
MATB 700.0 1
BEGINC
BEGINC
* 800 MWD/TE
MATB 800.0 1
BEGINC
BEGINC
* 900 MWD/TE
MATB 900.0 1
BEGINC
BEGINC
* 1000
MATB 1000.0 1
BEGINC
BEGINC
* 1200
MATB 1200.0 1
BEGINC
BEGINC
* 1400
MATB 1400.0 1
BEGINC
BEGINC
* 1600
MATB 1600.0 1
BEGINC
BEGINC
* 1800
MATB 1800.0 1
BEGINC
BEGINC
* 2000
MATB 2000.0 1
BEGINC
BEGINC
* 2200
MATB 2200.0 1
BEGINC
BEGINC
* 2400
MATB 2400.0 1
BEGINC
BEGINC
* 2600

MATB 2600.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 2800
 MATB 2800.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 3000
 MATB 3000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 3200
 MATB 3200.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 3400
 MATB 3400.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 3600
 MATB 3600.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 3800
 MATB 3800.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 4000
 MATB 4000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 4200
 MATB 4200.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 4400
 MATB 4400.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 4600
 MATB 4600.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 4800
 MATB 4800.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 5000
 MATB 5000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 5200
 MATB 5200.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 5400
 MATB 5400.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 5600
 MATB 5600.0 1
 BEGINC

BEGINC
 * 5800
 MATB 5800.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 6000
 MATB 6000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 6200
 MATB 6200.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 6400
 MATB 6400.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 6600
 MATB 6600.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 6800
 MATB 6800.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 7000
 MATB 7000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 7500
 MATB 7500.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 8000
 MATB 8000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 9000
 MATB 9000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 10000
 MATB 10000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 12000
 MATB 12000.0 1
 BEGINC
 BEGINC

WTRIBUC.I

* Benchmark TRIGA CDTN ANEL C BURNUP CALCULATION
 * CELULA DO FUEL ELEMENT
 * POWER 100KW TFUEL = 373 TMOD=33 TCLAD=53 CELSIUS
 CELL 6
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 23 23
 NREGION 4 0 4
 NMATERIAL 3 1

```

PREOUT
INITIATE
ANNULUS 1 1.7800 1
annulus 2 1.7890 0
ANNULUS 3 1.8650 2
ANNULUS 4 2.3131 3
MATERIAL 1 -1 373.15 1 235.2 2.5744E-4 2238.4 1.0167E-3 $
          5001 3.7525E-2 91 3.7727E-2 $
          3239.1 0.0 1240 0.0
MATERIAL 2 -1 326.15 2 27 6.02612E-2
MATERIAL 3 -1 306.15 3 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
REGULAR 1 6
FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 $
           10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 $
           20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 $
           30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 $
           40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 $
           50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 $
           60 61 62 63 64 65 66 67 68 69
MESH 10 1 2 10
SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
S 8
* STEP 0
POWERC 1 9.4869 1.0E-20 1
BUCKLINGS 2.3169E-2 3.1926E-3
BEGINC
THERMAL 24
BEEONE 1
DNB 1 0.0 3.7525E-2 0.0 0.0
DNB 2 0.0 0.0 0.0 0.0
DNB 3 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
BUCKLINGS 2.3169E-2 3.1926E-3
LEAKAGE 6
MATERIALS
ALPHA 34 43
BEGINC
* BURNUP STEP 1 0 -> 100
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 2 100 -> 200
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 3 200 -> 300
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 4 300 -> 400
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 5 400 -> 500
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 6 500 -> 600
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 7 600 -> 700
POWERC 1 9.4869 0.702723 15

```

```
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 8 700 -> 800
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 9 800 -> 900
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 900 -> 1000
POWERC 1 9.4869 0.702723 15
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 6 1000 -> 1200
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 7 1200 -> 1400
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 8 1400 -> 1600
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 9 1600 -> 1800
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 1800 -> 2000
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 2000 -> 2200
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 2200 -> 2400
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 2400 -> 2600
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 2600 -> 2800
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 2800 -> 3000
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 3000 -> 3200
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 3200 -> 3400
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
```

```

* BURNUP STEP 10 3400 -> 3600
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 3600 -> 3800
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 3800 -> 4000
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 4000 -> 4200
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 4200 -> 4400
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 4400 -> 4600
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 4600 -> 4800
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 4800 -> 5000
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 5000 -> 5200
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 5200 -> 5400
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 5400 -> 5600
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 5600 -> 5800
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 5800 -> 6000
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 6000 -> 6200
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 6200 -> 6400
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 6400 -> 6600
POWERC 1 9.4869 0.958259 22

```

```

BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 6600 -> 6800
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 10 6800 -> 7000
POWERC 1 9.4869 0.958259 22
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 21 7000 -> 7500
POWERC 1 9.4869 1.756809 30
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 22 7500 -> 8000
POWERC 1 9.4869 1.756809 30
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 23 8000 -> 9000
POWERC 1 9.4869 2.635213 40
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 24 9000 -> 10000
POWERC 1 9.4869 2.635213 40
BEGINC
BEGINC
* BURNUP STEP 25 10000-> 12000
POWERC 1 9.4869 4.216340 50
BEGINC
BEGINC

```

WTRIBUCX.I

```

* Benchmark TRIGA CDTN ANEL C MAIN XS CALCULATION
* CELULA DO FUEL ELEMENT
* POWER 100KW TFUEL = 373 TMOD=33 TCLAD=53 CELSIUS
CELL 6
SEQUENCE 1
NGROUP 69
NMESH 23 23
NREGION 4 0 4
NMATERIAL 3 1
PREOUT
INITIATE
ANNULUS 1 1.7800 1
annulus 2 1.7890 0
ANNULUS 3 1.8650 2
ANNULUS 4 2.3131 3
MATB 0.0 1
MATERIAL 2 -1 326.15 2 27 6.02612E-2
MATERIAL 3 -1 306.15 3 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
REGULAR 1 6
FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 $
  10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 $
  20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 $
  30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 $
  40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 $
  50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 $
  60 61 62 63 64 65 66 67 68 69
MESH 10 1 2 10
SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1

```

S 8
 POWERC 1 9.4869 0 0
 PARAMETERS 306.15 1.6 0.99 0.0
 LHOMO 1
 HOMO 23
 CGROUPS 45 69
 EOUT 0 1 0
 BEGINC
 THERMAL 24
 BEEONE 1
 DNB 1 0.0 3.7525E-2 0.0 0.0
 DNB 2 0.0 0.0 0.0 0.0
 DNB 3 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 BUCKLINGS 2.3169E-2 3.1926E-3
 LEAKAGE 6
 BEGINC
 * 100 MWD/TE
 MATB 100.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 200 MWD/TE
 MATB 200.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 300 MWD/TE
 MATB 300.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 400 MWD/TE
 MATB 400.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 500 MWD/TE
 MATB 500.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 600 MWD/TE
 MATB 600.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 700 MWD/TE
 MATB 700.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 800 MWD/TE
 MATB 800.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 900 MWD/TE
 MATB 900.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 1000
 MATB 1000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 1200
 MATB 1200.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 1400
 MATB 1400.0 1

BEGINC
BEGINC
* 1600
MATB 1600.0 1
BEGINC
BEGINC
* 1800
MATB 1800.0 1
BEGINC
BEGINC
* 2000
MATB 2000.0 1
BEGINC
BEGINC
* 2200
MATB 2200.0 1
BEGINC
BEGINC
* 2400
MATB 2400.0 1
BEGINC
BEGINC
* 2600
MATB 2600.0 1
BEGINC
BEGINC
* 2800
MATB 2800.0 1
BEGINC
BEGINC
* 3000
MATB 3000.0 1
BEGINC
BEGINC
* 3200
MATB 3200.0 1
BEGINC
BEGINC
* 3400
MATB 3400.0 1
BEGINC
BEGINC
* 3600
MATB 3600.0 1
BEGINC
BEGINC
* 3800
MATB 3800.0 1
BEGINC
BEGINC
* 4000
MATB 4000.0 1
BEGINC
BEGINC
* 4200
MATB 4200.0 1
BEGINC
BEGINC
* 4400
MATB 4400.0 1
BEGINC
BEGINC

* 4600
 MATB 4600.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 4800
 MATB 4800.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 5000
 MATB 5000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 5200
 MATB 5200.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 5400
 MATB 5400.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 5600
 MATB 5600.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 5800
 MATB 5800.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 6000
 MATB 6000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 6200
 MATB 6200.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 6400
 MATB 6400.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 6600
 MATB 6600.0 1
 BEGINC,
 BEGINC
 * 6800
 MATB 6800.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 7000
 MATB 7000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 7500
 MATB 7500.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 8000
 MATB 8000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 9000
 MATB 9000.0 1

BEGINC
 BEGINC
 * 10000
 MATB 10000.0 1
 BEGINC
 BEGINC
 * 12000
 MATB 12000.0 1
 BEGINC
 BEGINC

WTRIEFALI

* IPR-R1
 * SUPER-CELULA Dos elementos de grafita
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 30 19
 NREGION 5 1 9
 NMATERIAL 5 1
 PREOUT
 INITIATE
 *GEOMETRY
 ANNULUS 1 1.7800 1 * grafite
 ANNULUS 2 1.7890 0 * gap
 ANNULUS 3 1.8650 2 * clad
 ANNULUS 4 2.3536 3 * WATER
 ANNULUS 5 6.5116 4 * WATER OF 6 CELLS
 ARRAY 1 1 2 4.1580 0.0
 RODSUB 1 1 1.7800 5 * FUEL
 RODSUB 1 2 1.7890 0 * GAP
 RODSUB 1 3 1.8650 2 * AL-CLAD
 * COMPOSITION
 MATERIAL 1 -1 306.15 -1 12 8.3729e-2
 MATERIAL 2 -1 326.15 2 27 6.0261E-2
 MATERIAL 3 -1 306.15 4 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 4 -1 306.15 3 1001 6.657e-2 16 3.3285e-2
 MATERIAL 5 -1 373.15 1 235.2 0.25744E-3 2238.4 1.0167E-3 \$
 5001 0.037525 91 0.037727 \$
 3239.1 0.0 1240 0.0
 * MAIN TRANSPORT DATA
 REGULAR 1 6
 FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \$
 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 \$
 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 \$
 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 \$
 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 \$
 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 \$
 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69
 MESH 6 2 2 5 15
 S 8
 TOLERANCE 1.0E-05
 SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
 * EXTRACT XS IN CUBAN VERSION
 POWERC 1 1.0E-20 0 0
 LHOMO -1 2
 HOMO 15 19
 CGROUPS 45 69
 PARAMETERS 306.15 1.6 0.9971 0.0
 EOUT 0 1 0

BEGINC
 THERMAL 24
 BEEONE 1
 BUCKLINGS 2.3169E-2 3.1926E-3
 DNB 1 0.0 0.0 0.0 8.3729e-2
 DNB 2 0.0 0.0 0.0 0.0
 DNB 3 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 DNB 4 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 DNB 5 0.0 3.7525E-2 0.0 0.0
 LEAKAGE 6
 BEGINC

WTRIPRCO.I

* IPR-R1 CONTROL ROD (CONTROLE E SEGURANCA)
 * SUPER-CELULA DA SHIM E SAFETY CONTROL ROD
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 50 34
 NREGION 7 1 10
 NMATERIAL 8 2
 PREOUT
 INITIATE
 *GEOMETRY
 ANNULUS 1 0.9525 1 * B4C
 annulus 2 1.0600 0 * gap
 ANNULUS 3 1.1113 2 * AL
 ANNULUS 4 1.6000 3 * WATER
 ANNULUS 5 1.9000 4 * AL
 ANNULUS 6 2.2946 5 * WATER
 ANNULUS 7 6.1183 6 * WATER OF 6 CELLS
 ARRAY 1 1 6 4.1858615 0.0
 RODSUB 1 1 1.7800 7 * FUEL
 RODSUB 1 2 1.7890 0 * GAP
 RODSUB 1 3 1.8650 8 * AL-CLAD
 * COMPOSITION
 MATERIAL 1 -1 306.15 -1 11 0.10775 12 0.027355
 MATERIAL 2 -1 306.15 4 27 6.0261E-2
 MATERIAL 3 -1 306.15 4 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 4=2
 MATERIAL 5 -1 306.15 4 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 6 -1 306.15 3 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 7 -1 373.15 1 235.2 0.25744E-3 2238.4 1.0167E-3 \$
 5001 0.037525 91 0.037727 \$
 3239.1 0.0 1240 0.0
 MATERIAL 8 -1 326.15 2 27 6.0261E-2
 * MAIN TRANSPORT DATA
 REGULAR 1 6
 FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \$
 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 \$
 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 \$
 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 \$
 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 \$
 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 \$
 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69
 MESH 10 2 2 4 2 10 20
 S 8
 TOLERANCE 1.0E-05
 SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1
 * EXTRACT XS IN CUBAN VERSION

POWERC 1 1.0E-20 0 0
 LHOMO -1 2
 HOMO 30 34
 CGROUPS 45 69
 PARAMETERS 306.15 1.6 0.9971 0.0
 EOUT 0 1 0
 BEGINC
 THERMAL 24
 BEEONE 1
 BUCKLINGS 2.3169E-2 3.1926E-3
 DNB 1 0.0 0.0 0.0 0.027355
 DNB 2 0.0 0.0 0.0 0.0
 DNB 3 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 DNB 4 0.0 0.0 0.0 0.0
 DNB 5 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 DNB 6 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 DNB 7 0.0 0.037525 0.0 0.0
 DNB 8 0.0 0.0 0.0 0.0
 LEAKAGE 6
 BEGINC

WTRIPREG.I

* IPR-R1 CONTROL ROD (REGULADORA)
 * SUPER-CELULA DA REGULATING CONTROL ROD
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 50 34
 NREGION 7 1 10
 NMATERIAL 8 2
 PREOUT
 INITIATE
 *GEOMETRY
 ANNULUS 1 0.9525 1 * B4C
 annulus 2 1.0600 0 * gap
 ANNULUS 3 1.1113 2 * AL
 ANNULUS 4 1.6000 3 * WATER
 ANNULUS 5 1.9000 4 * AL
 ANNULUS 6 2.3536 5 * WATER
 ANNULUS 7 6.1183 6 * WATER OF 6 CELLS
 ARRAY 1 1 2 4.1858615 0.0
 RODSUB 1 1 1.7800 7 * FUEL
 RODSUB 1 2 1.7890 0 * GAP
 RODSUB 1 3 1.8650 8 * AL-CLAD
 * COMPOSITION
 MATERIAL 1 -1 306.15 -1 11 0.10775 12 0.027355
 MATERIAL 2 -1 306.15 4 27 6.0261E-2
 MATERIAL 3 -1 306.15 4 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 4=2
 MATERIAL 5 -1 306.15 4 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 6 -1 306.15 3 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 7 -1 373.15 1 235.2 0.25744E-3 2238.4 1.0167E-3 \$
 5001 0.037525 91 0.037727 \$
 3239.1 0.0 1240 0.0
 MATERIAL 8 -1 326.15 2 27 6.0261E-2
 * MAIN TRANSPORT DATA
 REGULAR 1 6
 FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \$
 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 \$
 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 \$

```

30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 $
40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 $
50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 $
60 61 62 63 64 65 66 67 68 69
MESH 10 2 2 4 2 10 20
S 8
TOLERANCE 1.0E-05
SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
* EXTRACT XS IN CUBAN VERSION
POWERC 1 1.0E-20 0 0
LHOMO -1 2
HOMO 30 34
CGROUPS 45 69
PARAMETERS 306.15 1.6 0.9971 0.0
EOUT 0 1 0
BEGINC
THERMAL 24
BEEONE 1
BUCKLINGS 2.3169E-2 3.1926E-3
DNB 1 0.0 0.0 0.0 0.027355
DNB 2 0.0 0.0 0.0 0.0
DNB 3 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
DNB 4 0.0 0.0 0.0 0.0
DNB 5 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
DNB 6 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
DNB 7 0.0 0.037525 0.0 0.0
DNB 8 0.0 0.0 0.0 0.0
LEAKAGE 6
BEGINC

```

WTRIPRGA.I

```

* IPR-R1 GRAPHITE AXIAL (bgrax.i)
* SUPER-CELULA DO REFLECTOR AXIAL
CELL 7
SEQUENCE 1
NGROUP 69
NMESH 42 26
NREGION 4 1 8
NMATERIAL 6 1
PREOUT
INITIATE
ANNULUS 1 1.7800 1
ANNULUS 2 1.8650 2
ANNULUS 3 2.3125 3
ANNULUS 4 6.1183 4
ARRAY 1 1 6 4.21478 0.0
RODSUB 1 1 1.7800 5
RODSUB 1 2 1.7890 0
RODSUB 1 3 1.8650 6
MATERIAL 1 -1 306.15 4 12 0.083729
MATERIAL 2 -1 306.15 4 27 6.0261E-02
MATERIAL 3 -1 306.15 4 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
MATERIAL 4 -1 306.15 3 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
MATERIAL 5 -1 373.15 1 235.2 0.25744E-3 2238.4 1.0167E-3 $
          5001 0.037525 91 0.037727 $
          3239.1 0.0 1240 0.0
MATERIAL 6 -1 326.15 2 27 6.0261E-02
REGULAR 1 6
FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 $
          10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 $

```

20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 \$
 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 \$
 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 \$
 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 \$
 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69
 MESH 10 2 10 20
 S 8
 TOLERANCE 1E-05
 SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
 POWERC 1 1.0E-20 0 0
 LHOMO 1 2
 HOMO 22 26
 CGROUPS 45 69
 PARAMETERS 306.15 1.6 0.9971 0.0
 EOUT 0 1 0
 BEGINC
 THERMAL 24
 BEEONE 1
 DNB 1 0.0 0.0 0.0 0.083729
 DNB 2 0.0 0.0 0.0 0.0
 DNB 3 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 DNB 4 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 DNB 5 0.0 0.037525 0.0 0.0
 DNB 6 0.0 0.0 0.0 0.0
 BUCKLINGS 2.3169E-2 3.1926E-3
 LEAKAGE 6
 BEGINC

WTRIPRSO.I

*TRIGA IPR R1
 *FONTE, SUPOSTA COMO AIR FOLLOWER
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 30 24
 NREGION 6 1 10
 NMATERIAL 5 1
 PREOUT
 INITIATE
 ANNULUS 1 1.5164 0 *VOID
 ANNULUS 2 1.5875 1 *ALUMINIO
 ANNULUS 3 1.6000 2 *AGUA
 ANNULUS 4 1.9000 1 *ALUMINIO
 ANNULUS 5 2.290948 2 *AGUA
 ANNULUS 6 6.080775 3 *AGUA
 MESH 1 2 2 10 5 10
 ARRAY 1(1 2 4.18586143 0)
 RODSUB 1 1 1.7800 4 *UZRH
 RODSUB 1 2 1.7890 0 *GAP
 RODSUB 1 3 1.8650 5 *REV. AL
 MATERIAL 1 -1 306.15 4 27 6.0261E-02
 MATERIAL 2 -1 306.15 4 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 3 -1 306.15 3 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 4 -1 373.15 1 235.2 0.25744E-3 2238.4 1.0167E-3 \$
 5001 0.037525 91 0.037727 \$
 3239.1 0.0 1240 0.0
 MATERIAL 5 -1 326.15 2 27 6.0261E-02
 REGULAR 1 6
 FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 \$
 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 \$

23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 \$
 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 \$
 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 \$
 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 \$
 67 68 69
 S 8
 TOLERANCE 1E-05
 SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
 POWERC 1 1E-20 0 0
 PARAMETERS 306.15 1.6 0.9971 0.0
 EOUT 0 1 0
 LHOMO 1 2
 HOMO 20 24
 CGROUPS 45 69
 BEGINC
 THERMAL 24
 BEEONE 1
 BUCKLINGS 2.3169E-02 3.1926E-03
 DNB 1 0.0 0.0 0.0 0.0
 DNB 2 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 DNB 3 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 DNB 4 0.0 3.7525E-02 0.0 0.0
 DNB 5 0.0 0.0 0.0 0.0
 LEAKAGE 6
 BEGINC

WTRIREFA.I

* TRIGA IPR , 69 GROUPS, USING ANNULUS AVERAGED DATA
 * REFLETOR RADIAL
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUPS 69
 NMESH 116 72
 NREGION 13 4 25
 NMATERIAL 8 1
 PREOUT
 INITIATE
 * MAIN DATA
 *
 * GEOMETRY DATA
 *
 ANNULUS 1 1.6900 8 * AGUA DO TUBO CENTRAL
 ANNULUS 2 1.9050 6 * ALUM.
 ANNULUS 3 2.027 3 * AGUA DO ANILLO A
 ANNULUS 4 6.0175 3 * ANILLO B
 ANNULUS 5 9.9595 3 * ANILLO C
 ANNULUS 6 13.9270 3 * ANILLO D
 ANNULUS 7 17.9020 4 * ANILLO E
 ANNULUS 8 22.060 5 * ANILLO F
 ANNULUS 9 22.660 6 * ALUMINIUM
 ANNULUS 10 33.273 7 * GRAPHITE ZONE 1
 ANNULUS 11 43.886 7 * GRAPHITE ZONE 2
 ANNULUS 12 54.500 7 * GRAPHITE ZONE 3
 ANNULUS 13 54.800 8 * AGUA EXTERNA AO REFLETOR
 MESH 5 2 5 15 15 15 15 10 2 10 10 10 2
 ARRAY 1 (1 6 4.02225 0.0) (1 12 7.9885 0.0) (1 18 11.9432 0.0) \$
 (1 24 15.9145 0.0)
 RODSUB 1 1 1.7800 1 * MEAT STANDARD
 RODSUB 1 2 1.7890 0 * GAP
 RODSUB 1 3 1.8650 2 * CLAD


```

SEQUENCE 1
NGROUP 69
NMESH 38 27
NREGION 5 1 8
NMATERIAL 5 2
PREOUT
INITIATE
ANNULUS 1 1.7800 1 *DISCO DE SAMARIO/ALUMINIO
ANNULUS 2 1.7890 0 *GAP
ANNULUS 3 1.8650 2 *REVEST. AL
ANNULUS 4 2.3131 3 *AGUA
ANNULUS 5 5.99206 4 *AGUA
MESH 12 2 4 5 15
ARRAY 1 (1 6 4.1441 0)
RODSUB 1 1 1.7800 5 * UZRH
RODSUB 1 2 1.7890 0 *GAP
RODSUB 1 3 1.8650 2 *REVEST.
MATERIAL 1 -1 326.15 -1 27 4.9491E-02 2147 3.1172E-03 $
149 2.8411E-03 150 1.5182E-03 152 5.3806E-03
MATERIAL 2 -1 326.15 2 27 6.0261E-02
MATERIAL 3 -1 306.15 3 1001 6.657E-02 16 3.3285E-02
MATERIAL 4 -1 306.15 4 1001 6.657E-02 16 3.3285E-02
MATERIAL 5 -1 373.15 1 235.2 0.25744E-3 2238.4 1.0167E-3 $
5001 0.037525 91 0.037727 $
3239.1 0.0 1240 0.0
REGULAR 1 6
FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 $
12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 $
23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 $
34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 $
45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 $
56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 $
67 68 69
S 8
TOLERANCE 1E-05
SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
POWERC 1 1E-20 0 0
PARAMETERS 306.15 1.6 0.9971 0.0
EOUT 0 1 0
LHOMO -1 2
HOMO 23 27
CGROUPS 45 69
BEGINC
THERMAL 24
BEEONE 1
BUCKLINGS 2.3169E-02 3.1926E-03
DNB 1 0.0 0.0 0.0 0.0
DNB 2 0.0 0.0 0.0 0.0
DNB 3 6.657E-02 0.0 3.3285E-02 0.0
DNB 4 6.657E-02 0.0 3.3285E-02 0.0
DNB 5 0.0 3.7525E-02 0.0 0.0
LEAKAGE 6
BEGINC
*RING C
*ANNULUS 4 2.29095 3 *WATER
*ANNULUS 5 6.08077 4 *WATER
*BEGINC
*BEGINC
*RING D
*ANNULUS 4 2.29455 3 *WATER
*ANNULUS 5 6.06920 4 *WATER
*BEGINC

```


*BEGINC
 *RING E
 *ANNULUS 4 2.29601 3 *WATER
 *ANNULUS 5 6.11738 4 *WATER
 *BEGINC
 *BEGINC
 *RING F
 *ANNULUS 4 2.3536 3
 *ANNULUS 5 6.1174 4
 *BEGINC
 *BEGINC

WTRITP1.I

* IPR-R1
 * SUPER-CELULA DO TP1
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 42 26
 NREGION 4 1 7
 NMATERIAL 5 1
 PREOUT
 INITIATE
 *GEOMETRY
 ANNULUS 1 1.40 0 * VAZIO
 ANNULUS 2 1.60 1 * AL
 ANNULUS 3 2.3536 2 * WATER
 ANNULUS 4 6.1183 3 * WATER OF 6 CELLS
 ARRAY 1 1 2 4.054 0.0
 RODSUB 1 1 1.7800 4 * FUEL
 RODSUB 1 2 1.7890 0 * GAP
 RODSUB 1 3 1.8650 5 * AL-CLAD
 * COMPOSITION
 MATERIAL 1 -1 306.15 4 27 6.0261E-2
 MATERIAL 2 -1 306.15 4 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 3 -1 306.15 3 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 4 -1 373.15 1 235.2 0.25744E-3 2238.4 1.0167E-3 \$
 5001 0.037525 91 0.037727 \$
 3239.1 0.0 1240 0.0
 MATERIAL 5 -1 326.15 2 27 6.0261E-2
 * MAIN TRANSPORT DATA
 REGULAR 1 6
 FEWGROUPTS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 \$
 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 \$
 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 \$
 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 \$
 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 \$
 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 \$
 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69
 MESH 10 2 10 20
 S 8
 SUPPRESS 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
 * EXTRACT XS IN CUBAN VERSION
 POWERC 1 1.0E-10 0 0
 LHOMO 1 2
 HOMO 22 26
 CGROUPS 45 69
 PARAMETERS 306.15 1.6 0.9971 0.0
 EOUT 0 1 0
 BEGINC

THERMAL 24
 BEEONE 1
 BUCKLINGS 2.3169E-2 3.1926E-3
 DNB 1 0.0 0.0 0.0 0.0
 DNB 2 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 DNB 3 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 DNB 4 0.0 0.037525 0.0 0.0
 DNB 5 0.0 0.0 0.0 0.0
 LEAKAGE 6
 BEGINC

WTRIWAHO.I

*TRIGA IPR R1
 *WATER HOLES IN THE CORE PRODUCED WHEN I TAKE A FUEL ELEMENT FROM CORE
 CELL 7
 SEQUENCE 1
 NGROUP 69
 NMESH 25 19
 NREGION 2 1 5
 NMATERIAL 4 1
 PREOUT
 INITIATE
 ANNULUS 1 2.0270 1 *WATER
 ANNULUS 2 6.0175 2 *WATER CONTAINING FUEL ELEMENT
 MESH 15 10
 ARRAY 1 (1 6 4.1441 0)
 RODSUB 1 1 1.7800 3 *UZrH
 RODSUB 1 2 1.7890 0 *GAP
 RODSUB 1 3 1.8650 4 *REVEST. Al
 MATERIAL 1 -1 306.15 4 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 2 -1 306.15 3 1001 6.657E-2 16 3.3285E-2
 MATERIAL 3 -1 373.15 1 235.2 0.25744E-3 2238.4 1.0167E-3 \$
 5001 0.037525 91 0.037727 \$
 3239.1 0.0 1240 0.0
 MATERIAL 4 -1 326.15 2 27 6.0261E-02
 REGULAR 1 6
 FEWGROUPS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 \$
 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 \$
 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 \$
 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 \$
 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 \$
 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 \$
 67 68 69
 S 8
 TOLERANCE 1E-05
 SUPPRESS 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 1
 POWERC 1 1E-20 0 0
 PARAMETERS 306.15 1.6 0.9971 0.0
 EOUT 0 1 0
 LHOMO -1 2
 HOMO 15 19
 CGROUPS 45 69
 BEGINC
 THERMAL 24
 BEEONE 1
 BUCKLINGS 2.3169E-02 3.1926E-03
 DNB 1 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 DNB 2 6.657E-2 0.0 3.3285E-2 0.0
 DNB 3 0.0 0.037525 0.0 0.0
 DNB 4 0.0 0.0 0.0 0.0

LEAKAGE 6
BEGINC
*RING B
ANNULUS 1 2.31306 1 *WATER
ANNULUS 2 5.99206 2 *WATER
BEGINC
BEGINC
*RING C
ANNULUS 1 2.29095 1 *WATER
ANNULUS 2 6.08077 2 *WATER
BEGINC
BEGINC
*RING D
ANNULUS 1 2.29455 1 *WATER
ANNULUS 2 6.06920 2 *WATER
BEGINC
BEGINC
*RING E
ANNULUS 1 2.29601 1 *WATER
ANNULUS 2 6.11738 2 *WATER
BEGINC
BEGINC

ANEXO 3 – ENTRADAS DO CITATION

Alguns arquivos de entrada para o CITATION utilizados nesse cálculo são listados neste anexo. Foram escolhidos aqueles considerados mais representativos de cada tipo de cálculo – excesso de reatividade, valor de reatividade de barras de controle, valor de reatividade de elementos combustíveis e coeficiente de reatividade de temperatura – para situações envolvendo a validação da metodologia de cálculo e o cálculo do IPR – R1.

CITCF734.INP

TRIGA BENCHMARK 1 NUCLEO 134 C/ FONTE EM E7; FONTE DE AIR FOLL.
CITATION R-TETA-Z

001

1 1 1 1 1 6
800 990 500 990

003

12 -1 1 -1 0 0 0

250.E-3

004

3 0.26180 4 0.3927 8 0.74176 4 0.34907 5 0.47997 7 0.65449
2 0.1309 3 0.2618 2 0.1309 4 0.3927 8 0.74177 4 0.34907
5 0.47996 7 0.6545 3 0.2618
2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0
10 10. 9 8.738 38 38.1 9 8.814 10 10.

005

7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
12 7 7 7 7 7 13 13 13 7 7 7 7 7 12
7 7 7 12 7 7 7 7 7 7 7 12 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
12 8 8 8 8 8 13 13 13 8 8 8 8 8 12
8 8 8 12 8 8 8 8 8 8 8 12 8 8 8
6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
9 3 3 3 3 3 11 11 11 3 3 3 3 3 9
24 24 4 10 4 24 24 24 24 4 10 4 24 24
6 6 5 5 5 6 6 11 6 6 5 5 5 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
23 8 8 8 8 8 14 14 14 8 8 8 8 8 23
8 8 8 23 8 8 8 8 8 8 8 23 8 8 8
6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7

7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 23 7 7 7 7 7 14 14 14 7 7 7 7 7 23
 7 7 7 23 7 7 7 7 7 7 7 23 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7

008

2 1 1
 1 1 0.79042E+00 0.86261E-02 0.61351E-02 0.00000E+00 0.78769E-13
 0.00000E+00 0.33882E-01
 1 2 0.25250E+00 0.13478E+00 0.22859E+00 0.00000E+00 0.29821E-11
 0.37790E-03 0.00000E+00
 2 1 0.84838E+00 0.68741E-02 0.48029E-02 0.00000E+00 0.61629E-13
 0.00000E+00 0.36693E-01
 2 2 0.23861E+00 0.10620E+00 0.17194E+00 0.00000E+00 0.22433E-11
 0.26059E-03 0.00000E+00
 3 1 0.84436E+00 0.69907E-02 0.48897E-02 0.00000E+00 0.62747E-13
 0.00000E+00 0.36499E-01
 3 2 0.23971E+00 0.10819E+00 0.17588E+00 0.00000E+00 0.22946E-11
 0.26788E-03 0.00000E+00
 4 1 0.84503E+00 0.69711E-02 0.48751E-02 0.00000E+00 0.62558E-13
 0.00000E+00 0.36532E-01
 4 2 0.23952E+00 0.10786E+00 0.17522E+00 0.00000E+00 0.22860E-11
 0.26664E-03 0.00000E+00
 5 1 0.99426E+00 0.69636E-02 0.48695E-02 0.00000E+00 0.62487E-13
 0.00000E+00 0.36543E-01
 5 2 0.22180E+00 0.10773E+00 0.17497E+00 0.00000E+00 0.22827E-11
 0.26618E-03 0.00000E+00
 6 1 0.13426E+01 0.61015E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.60188E-01
 6 2 0.18221E+00 0.17649E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.56386E-04 0.00000E+00
 7 1 0.10260E+01 0.59286E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.69500E-01
 7 2 0.17173E+00 0.18405E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.53742E-04 0.00000E+00
 8 1 0.11862E+01 0.34956E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.16472E-01
 8 2 0.41558E+00 0.11761E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.17391E-03 0.00000E+00
 9 1 0.10597E+01 0.59677E-02 0.41093E-02 0.00000E+00 0.52716E-13
 0.00000E+00 0.37190E-01
 9 2 0.22049E+00 0.91803E-01 0.14348E+00 0.00000E+00 0.18720E-11
 0.21449E-03 0.00000E+00
 10 1 0.10606E+01 0.59515E-02 0.40974E-02 0.00000E+00 0.52562E-13
 0.00000E+00 0.37222E-01
 10 2 0.22033E+00 0.91526E-01 0.14293E+00 0.00000E+00 0.18649E-11
 0.21356E-03 0.00000E+00
 11 1 0.25011E+01 0.25902E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.14088E-01
 11 2 0.69084E+00 0.72273E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.58565E-04 0.00000E+00
 12 1 0.11807E+01 0.56184E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.17159E-01
 12 2 0.18524E+00 0.33434E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.23259E-03 0.00000E+00
 13 1 0.12696E+01 0.51874E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.11432E-01
 13 2 0.25693E+00 0.34806E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00

0.17931E-03 0.00000E+00
 14 1 0.15188E+01 0.47202E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.38642E-01
 14 2 0.24266E+00 0.15425E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87130E-04 0.00000E+00
 15 1 0.13154E+01 0.76933E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23108E-02
 15 2 0.89199E+00 0.94255E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78716E-04 0.00000E+00
 16 1 0.11559E+01 0.58808E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.26806E-02
 16 2 0.84210E+00 0.22781E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78998E-04 0.00000E+00
 17 1 0.11019E+01 0.63976E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.29688E-02
 17 2 0.84078E+00 0.23195E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.74388E-04 0.00000E+00
 18 1 0.14844E+01 0.46530E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48370E-01
 18 2 0.19738E+00 0.16772E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.93117E-04 0.00000E+00
 19 1 0.14806E+01 0.46803E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48873E-01
 19 2 0.19522E+00 0.16907E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.88602E-04 0.00000E+00
 20 1 0.14826E+01 0.46900E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48953E-01
 20 2 0.19487E+00 0.16925E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87330E-04 0.00000E+00
 21 1 0.14823E+01 0.46889E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48944E-01
 21 2 0.19491E+00 0.16923E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87483E-04 0.00000E+00
 22 1 0.14832E+01 0.46954E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49011E-01
 22 2 0.19461E+00 0.16939E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.86589E-04 0.00000E+00
 23 1 0.39063E+01 0.34450E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.14661E-01
 23 2 0.60577E+00 0.11438E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.70317E-04 0.00000E+00
 24 1 0.99389E+00 0.69711E-02 0.48751E-02 0.00000E+00 0.62558E-13
 0.00000E+00 0.36532E-01
 24 2 0.22186E+00 0.10786E+00 0.17522E+00 0.00000E+00 0.22860E-11
 0.26664E-03 0.00000E+00

1.
 012

- 1 1 -1 ANEL A
- 2 2 -1 ANEL B
- 3 3 -1 ANEL C
- 4 4 -1 ANEL D
- 5 5 -1 ANEL E
- 6 6 -1 AGUA DOS ANEIS E, F
- 7 7 -1 AGUA DEPOIS DO REFLETOR RADIAL
- 8 8 -1 GRAFITAX
- 9 9 -1 F. FOLL. EM C
- 10 10 -1 F. FOLL. EM D
- 11 11 -1 AIRFOLL.
- 12 12 -1 CONTROL.
- 13 13 -1 TRANSIENT ROD
- 14 14 -1 AIR FOLL. DOWN

15 15 -1 ZONA 1 DO REFLETOR RADIAL
 16 16 -1 ZONA 2 DO REFLETOR RADIAL
 17 17 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
 18 18 -1 WATER HOLE EM A
 19 19 -1 WATER HOLE EM B
 20 20 -1 WATER HOLE EM C
 21 21 -1 WATER HOLE EM D
 22 22 -1 WATER HOLE EM E
 23 23 -1 FFOLL. DOWN
 24 24 -1 d lhomo -1

999

CIT34CR.INP

TRIGA BENCHMARK 1 NUCLEO 134 C/ FONTE EM E7; FONTE DE AIR FOLL.
 CITATION R-TETA-Z

001

1 1 1 1 1 6
 800 990 500 990

003

12 -1 1 -1 0 0 0

250.E-3

004

3 0.26180 4 0.3927 8 0.74176 4 0.34907 5 0.47997 7 0.65449
 2 0.1309 3 0.2618 2 0.1309 4 0.3927 8 0.74177 4 0.34907
 5 0.47996 7 0.6545 3 0.2618
 2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
 10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0
 10 10. 9 8.738 29 28.70 10 9.40 9 8.814 10 10.

005

7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 12 7 7 7 7 7 13 13 13 7 7 7 7 7 12
 7 7 7 23 7 7 7 7 7 7 7 12 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 12 8 8 8 8 8 13 13 13 8 8 8 8 8 12
 8 8 8 12 8 8 8 8 8 8 8 12 8 8 8
 6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6
 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
 9 3 3 3 3 3 11 11 11 3 3 3 3 3 9
 24 24 4 12 4 24 24 24 24 24 4 10 4 24 24
 6 6 5 5 5 6 6 11 6 6 5 5 5 6 6
 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6

15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
 9 3 3 3 3 3 11 11 11 3 3 3 3 3 9
 24 24 4 10 4 24 24 24 24 4 10 4 24 24
 6 6 5 5 5 6 6 11 6 6 5 5 5 6 6
 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 23 8 8 8 8 8 14 14 14 8 8 8 8 8 23
 8 8 8 10 8 8 8 8 8 8 8 23 8 8 8
 6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6
 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 23 7 7 7 7 7 14 14 14 7 7 7 7 7 23
 7 7 7 10 7 7 7 7 7 7 7 23 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7

008

2 1 1
 1 1 0.79042E+00 0.86261E-02 0.61351E-02 0.00000E+00 0.78769E-13
 0.00000E+00 0.33882E-01
 1 2 0.25250E+00 0.13478E+00 0.22859E+00 0.00000E+00 0.29821E-11
 0.37790E-03 0.00000E+00
 2 1 0.84838E+00 0.68741E-02 0.48029E-02 0.00000E+00 0.61629E-13
 0.00000E+00 0.36693E-01
 2 2 0.23861E+00 0.10620E+00 0.17194E+00 0.00000E+00 0.22433E-11
 0.26059E-03 0.00000E+00
 3 1 0.84436E+00 0.69907E-02 0.48897E-02 0.00000E+00 0.62747E-13
 0.00000E+00 0.36499E-01
 3 2 0.23971E+00 0.10819E+00 0.17588E+00 0.00000E+00 0.22946E-11
 0.26788E-03 0.00000E+00
 4 1 0.84503E+00 0.69711E-02 0.48751E-02 0.00000E+00 0.62558E-13
 0.00000E+00 0.36532E-01
 4 2 0.23952E+00 0.10786E+00 0.17522E+00 0.00000E+00 0.22860E-11
 0.26664E-03 0.00000E+00
 5 1 0.99426E+00 0.69636E-02 0.48695E-02 0.00000E+00 0.62487E-13
 0.00000E+00 0.36543E-01
 5 2 0.22180E+00 0.10773E+00 0.17497E+00 0.00000E+00 0.22827E-11
 0.26618E-03 0.00000E+00
 6 1 0.13426E+01 0.61015E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.60188E-01
 6 2 0.18221E+00 0.17649E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.56386E-04 0.00000E+00
 7 1 0.10260E+01 0.59286E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.69500E-01

7 2 0.17173E+00 0.18405E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.53742E-04 0.00000E+00
 8 1 0.11862E+01 0.34956E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.16472E-01
 8 2 0.41558E+00 0.11761E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.17391E-03 0.00000E+00
 9 1 0.10597E+01 0.59677E-02 0.41093E-02 0.00000E+00 0.52716E-13
 0.00000E+00 0.37190E-01
 9 2 0.22049E+00 0.91803E-01 0.14348E+00 0.00000E+00 0.18720E-11
 0.21449E-03 0.00000E+00
 10 1 0.10606E+01 0.59515E-02 0.40974E-02 0.00000E+00 0.52562E-13
 0.00000E+00 0.37222E-01
 10 2 0.22033E+00 0.91526E-01 0.14293E+00 0.00000E+00 0.18649E-11
 0.21356E-03 0.00000E+00
 11 1 0.25011E+01 0.25902E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.14088E-01
 11 2 0.69084E+00 0.72273E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.58565E-04 0.00000E+00
 12 1 0.11807E+01 0.56184E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.17159E-01
 12 2 0.18524E+00 0.33434E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.23259E-03 0.00000E+00
 13 1 0.12696E+01 0.51874E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.11432E-01
 13 2 0.25693E+00 0.34806E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.17931E-03 0.00000E+00
 14 1 0.15188E+01 0.47202E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.38642E-01
 14 2 0.24266E+00 0.15425E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87130E-04 0.00000E+00
 15 1 0.13154E+01 0.76933E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23108E-02
 15 2 0.89199E+00 0.94255E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78716E-04 0.00000E+00
 16 1 0.11559E+01 0.58808E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.26806E-02
 16 2 0.84210E+00 0.22781E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78998E-04 0.00000E+00
 17 1 0.11019E+01 0.63976E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.29688E-02
 17 2 0.84078E+00 0.23195E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.74388E-04 0.00000E+00
 18 1 0.14844E+01 0.46530E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48370E-01
 18 2 0.19738E+00 0.16772E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.93117E-04 0.00000E+00
 19 1 0.14806E+01 0.46803E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48873E-01
 19 2 0.19522E+00 0.16907E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.88602E-04 0.00000E+00
 20 1 0.14826E+01 0.46900E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48953E-01
 20 2 0.19487E+00 0.16925E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87330E-04 0.00000E+00
 21 1 0.14823E+01 0.46889E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48944E-01
 21 2 0.19491E+00 0.16923E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87483E-04 0.00000E+00
 22 1 0.14832E+01 0.46954E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49011E-01
 22 2 0.19461E+00 0.16939E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.86589E-04 0.00000E+00

23 1 0.39063E+01 0.34450E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.14661E-01
 23 2 0.60577E+00 0.11438E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.70317E-04 0.00000E+00
 24 1 0.99389E+00 0.69711E-02 0.48751E-02 0.00000E+00 0.62558E-13
 0.00000E+00 0.36532E-01
 24 2 0.22186E+00 0.10786E+00 0.17522E+00 0.00000E+00 0.22860E-11
 0.26664E-03 0.00000E+00

1.
 012
 1 1 -1 ANEL A
 2 2 -1 ANEL B
 3 3 -1 ANEL C
 4 4 -1 ANEL D
 5 5 -1 ANEL E
 6 6 -1 AGUA DOS ANEIS E, F
 7 7 -1 AGUA DEPOIS DO REFLETOR RADIAL
 8 8 -1 GRAFITAX
 9 9 -1 F. FOLL. EM C
 10 10 -1 F. FOLL. EM D
 11 11 -1 AIRFOLL.
 12 12 -1 CONTROL.
 13 13 -1 TRANSIENT ROD
 14 14 -1 AIR FOLL. DOWN
 15 15 -1 ZONA 1 DO REFLETOR RADIAL
 16 16 -1 ZONA 2 DO REFLETOR RADIAL
 17 17 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
 18 18 -1 WATER HOLE EM A
 19 19 -1 WATER HOLE EM B
 20 20 -1 WATER HOLE EM C
 21 21 -1 WATER HOLE EM D
 22 22 -1 WATER HOLE EM E
 23 23 -1 FFOLL. DOWN
 24 24 -1 anel d com lhomo -1

999

CITCFA1.INP

TRIGA BENCHMARK 1 NUCLEO 134 C/ FONTE EM E7; FONTE DE AIR FOLL.
 CITATION R-TETA-Z

001

1 1 1 1 6
 800 990 500 990

003

12 -1 1 -1 0 0 0

250.E-3

004

3 0.26180 4 0.3927 8 0.74176 4 0.34907 5 0.47997 7 0.65449
 2 0.1309 3 0.2618 2 0.1309 4 0.3927 8 0.74177 4 0.34907
 5 0.47996 7 0.6545 3 0.2618
 2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
 10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0
 10 10. 9 8.738 29 28.70 10 9.40 9 8.814 10 10.

005

7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7

7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
12 7 7 7 7 7 13 13 13 7 7 7 7 7 12
7 7 7 23 7 7 7 7 7 7 7 12 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
12 8 8 8 8 8 13 13 13 8 8 8 8 8 12
8 8 8 12 8 8 8 8 8 8 8 12 8 8 8
6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
9 3 3 3 3 3 11 11 11 3 3 3 3 3 9
24 24 4 12 4 24 24 24 24 4 10 4 24 24
6 6 5 5 5 6 6 11 6 6 5 5 5 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
9 3 3 3 3 3 11 11 11 3 3 3 3 3 9
24 24 4 10 4 24 24 24 24 4 10 4 24 24
6 6 5 5 5 6 6 11 6 6 5 5 5 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
23 8 8 8 8 8 14 14 14 8 8 8 8 8 23
8 8 8 10 8 8 8 8 8 8 8 23 8 8 8
6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
23 7 7 7 7 7 14 14 14 7 7 7 7 7 23
7 7 7 10 7 7 7 7 7 7 7 23 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7

008

2 1 1

1 1 0.79042E+00 0.86261E-02 0.61351E-02 0.00000E+00 0.78769E-13

0.00000E+00 0.33882E-01
 1 2 0.25250E+00 0.13478E+00 0.22859E+00 0.00000E+00 0.29821E-11
 0.37790E-03 0.00000E+00
 2 1 0.84838E+00 0.68741E-02 0.48029E-02 0.00000E+00 0.61629E-13
 0.00000E+00 0.36693E-01
 2 2 0.23861E+00 0.10620E+00 0.17194E+00 0.00000E+00 0.22433E-11
 0.26059E-03 0.00000E+00
 3 1 0.84436E+00 0.69907E-02 0.48897E-02 0.00000E+00 0.62747E-13
 0.00000E+00 0.36499E-01
 3 2 0.23971E+00 0.10819E+00 0.17588E+00 0.00000E+00 0.22946E-11
 0.26788E-03 0.00000E+00
 4 1 0.84503E+00 0.69711E-02 0.48751E-02 0.00000E+00 0.62558E-13
 0.00000E+00 0.36532E-01
 4 2 0.23952E+00 0.10786E+00 0.17522E+00 0.00000E+00 0.22860E-11
 0.26664E-03 0.00000E+00
 5 1 0.99426E+00 0.69636E-02 0.48695E-02 0.00000E+00 0.62487E-13
 0.00000E+00 0.36543E-01
 5 2 0.22180E+00 0.10773E+00 0.17497E+00 0.00000E+00 0.22827E-11
 0.26618E-03 0.00000E+00
 6 1 0.13426E+01 0.61015E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.60188E-01
 6 2 0.18221E+00 0.17649E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.56386E-04 0.00000E+00
 7 1 0.10260E+01 0.59286E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.69500E-01
 7 2 0.17173E+00 0.18405E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.53742E-04 0.00000E+00
 8 1 0.11862E+01 0.34956E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.16472E-01
 8 2 0.41558E+00 0.11761E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.17391E-03 0.00000E+00
 9 1 0.10597E+01 0.59677E-02 0.41093E-02 0.00000E+00 0.52716E-13
 0.00000E+00 0.37190E-01
 9 2 0.22049E+00 0.91803E-01 0.14348E+00 0.00000E+00 0.18720E-11
 0.21449E-03 0.00000E+00
 10 1 0.10606E+01 0.59515E-02 0.40974E-02 0.00000E+00 0.52562E-13
 0.00000E+00 0.37222E-01
 10 2 0.22033E+00 0.91526E-01 0.14293E+00 0.00000E+00 0.18649E-11
 0.21356E-03 0.00000E+00
 11 1 0.25011E+01 0.25902E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.14088E-01
 11 2 0.69084E+00 0.72273E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.58565E-04 0.00000E+00
 12 1 0.11807E+01 0.56184E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.17159E-01
 12 2 0.18524E+00 0.33434E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.23259E-03 0.00000E+00
 13 1 0.12696E+01 0.51874E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.11432E-01
 13 2 0.25693E+00 0.34806E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.17931E-03 0.00000E+00
 14 1 0.15188E+01 0.47202E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.38642E-01
 14 2 0.24266E+00 0.15425E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87130E-04 0.00000E+00
 15 1 0.13154E+01 0.76933E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23108E-02
 15 2 0.89199E+00 0.94255E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78716E-04 0.00000E+00
 16 1 0.11559E+01 0.58808E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.26806E-02
 16 2 0.84210E+00 0.22781E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00

0.78998E-04 0.00000E+00
 17 1 0.11019E+01 0.63976E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.29688E-02
 17 2 0.84078E+00 0.23195E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.74388E-04 0.00000E+00
 18 1 0.14844E+01 0.46530E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48370E-01
 18 2 0.19738E+00 0.16772E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.93117E-04 0.00000E+00
 19 1 0.14806E+01 0.46803E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48873E-01
 19 2 0.19522E+00 0.16907E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.88602E-04 0.00000E+00
 20 1 0.14826E+01 0.46900E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48953E-01
 20 2 0.19487E+00 0.16925E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87330E-04 0.00000E+00
 21 1 0.14823E+01 0.46889E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48944E-01
 21 2 0.19491E+00 0.16923E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87483E-04 0.00000E+00
 22 1 0.14832E+01 0.46954E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49011E-01
 22 2 0.19461E+00 0.16939E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.86589E-04 0.00000E+00
 23 1 0.39063E+01 0.34450E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.14661E-01
 23 2 0.60577E+00 0.11438E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.70317E-04 0.00000E+00
 24 1 0.99389E+00 0.69711E-02 0.48751E-02 0.00000E+00 0.62558E-13
 0.00000E+00 0.36532E-01
 24 2 0.22186E+00 0.10786E+00 0.17522E+00 0.00000E+00 0.22860E-11
 0.26664E-03 0.00000E+00

1.

012

1 1 -1 ANEL A
 2 2 -1 ANEL B
 3 3 -1 ANEL C
 4 4 -1 ANEL D
 5 5 -1 ANEL E
 6 6 -1 AGUA DOS ANEIS E, F
 7 7 -1 AGUA DEPOIS DO REFLETOR RADIAL
 8 8 -1 GRAFITAX
 9 9 -1 F. FOLL. EM C
 10 10 -1 F. FOLL. EM D
 11 11 -1 AIRFOLL.
 12 12 -1 CONTROL.
 13 13 -1 TRANSIENT ROD
 14 14 -1 AIR FOLL. DOWN
 15 15 -1 ZONA 1 DO REFLETOR RADIAL
 16 16 -1 ZONA 2 DO REFLETOR RADIAL
 17 17 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
 18 18 -1 WATER HOLE EM A
 19 19 -1 WATER HOLE EM B
 20 20 -1 WATER HOLE EM C
 21 21 -1 WATER HOLE EM D
 22 22 -1 WATER HOLE EM E
 23 23 -1 FFOLL. DOWN
 24 24 -1 d lhomo-1

999

CITCFD13.INP

TRIGA BENCHMARK 1 NUCLEO 134 C/ FONTE EM E7; FONTE DE AIR FOLL.
CITATION R-TETA-Z

001

1 1 1 1 1 6
800 990 500 990

003

12 -1 1 -1 0 0 0

250.E-3

004

3 0.26180 4 0.3927 8 0.74176 4 0.34907 5 0.47997 7 0.65449
2 0.1309 3 0.2618 2 0.1309 4 0.3927 8 0.74177 4 0.34907
5 0.47996 2 0.21816 4 0.34907 1 0.08727 3 0.2618
2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0
10 10. 9 8.738 29 28.70 10 9.40 9 8.814 10 10.

005

7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
12 7 7 7 7 7 13 13 13 7 7 7 7 7 7 7 12
7 7 7 23 7 7 7 7 7 7 7 12 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
12 8 8 8 8 8 13 13 13 8 8 8 8 8 8 8 12
8 8 8 12 8 8 8 8 8 8 8 12 8 8 6 8 8
6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
9 3 3 3 3 3 11 11 11 3 3 3 3 3 3 3 9
24 24 4 12 4 24 24 24 24 24 4 10 4 24 21 24 24
6 6 5 5 5 6 6 11 6 6 5 5 5 6 6 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
9 3 3 3 3 3 11 11 11 3 3 3 3 3 3 3 9
24 24 4 10 4 24 24 24 24 24 4 10 4 24 21 24 24
6 6 5 5 5 6 6 11 6 6 5 5 5 6 6 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17

7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 23 8 8 8 8 8 14 14 14 8 8 8 8 8 8 8 23
 8 8 8 10 8 8 8 8 8 8 8 23 8 8 6 8 8
 6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6 6 6
 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 23 7 7 7 7 7 14 14 14 7 7 7 7 7 7 7 23
 7 7 7 10 7 7 7 7 7 7 7 23 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7

008

2 1 1
 1 1 0.79042E+00 0.86261E-02 0.61351E-02 0.00000E+00 0.78769E-13
 0.00000E+00 0.33882E-01
 1 2 0.25250E+00 0.13478E+00 0.22859E+00 0.00000E+00 0.29821E-11
 0.37790E-03 0.00000E+00
 2 1 0.84838E+00 0.68741E-02 0.48029E-02 0.00000E+00 0.61629E-13
 0.00000E+00 0.36693E-01
 2 2 0.23861E+00 0.10620E+00 0.17194E+00 0.00000E+00 0.22433E-11
 0.26059E-03 0.00000E+00
 3 1 0.84436E+00 0.69907E-02 0.48897E-02 0.00000E+00 0.62747E-13
 0.00000E+00 0.36499E-01
 3 2 0.23971E+00 0.10819E+00 0.17588E+00 0.00000E+00 0.22946E-11
 0.26788E-03 0.00000E+00
 4 1 0.84503E+00 0.69711E-02 0.48751E-02 0.00000E+00 0.62558E-13
 0.00000E+00 0.36532E-01
 4 2 0.23952E+00 0.10786E+00 0.17522E+00 0.00000E+00 0.22860E-11
 0.26664E-03 0.00000E+00
 5 1 0.99426E+00 0.69636E-02 0.48695E-02 0.00000E+00 0.62487E-13
 0.00000E+00 0.36543E-01
 5 2 0.22180E+00 0.10773E+00 0.17497E+00 0.00000E+00 0.22827E-11
 0.26618E-03 0.00000E+00
 6 1 0.13426E+01 0.61015E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.60188E-01
 6 2 0.18221E+00 0.17649E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.56386E-04 0.00000E+00
 7 1 0.10260E+01 0.59286E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.69500E-01
 7 2 0.17173E+00 0.18405E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.53742E-04 0.00000E+00
 8 1 0.11862E+01 0.34956E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.16472E-01
 8 2 0.41558E+00 0.11761E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.17391E-03 0.00000E+00
 9 1 0.10597E+01 0.59677E-02 0.41093E-02 0.00000E+00 0.52716E-13
 0.00000E+00 0.37190E-01
 9 2 0.22049E+00 0.91803E-01 0.14348E+00 0.00000E+00 0.18720E-11
 0.21449E-03 0.00000E+00
 10 1 0.10606E+01 0.59515E-02 0.40974E-02 0.00000E+00 0.52562E-13
 0.00000E+00 0.37222E-01
 10 2 0.22033E+00 0.91526E-01 0.14293E+00 0.00000E+00 0.18649E-11

0.21356E-03 0.00000E+00
 11 1 0.25011E+01 0.25902E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.14088E-01
 11 2 0.69084E+00 0.72273E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.58565E-04 0.00000E+00
 12 1 0.11807E+01 0.56184E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.17159E-01
 12 2 0.18524E+00 0.33434E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.23259E-03 0.00000E+00
 13 1 0.12696E+01 0.51874E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.11432E-01
 13 2 0.25693E+00 0.34806E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.17931E-03 0.00000E+00
 14 1 0.15188E+01 0.47202E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.38642E-01
 14 2 0.24266E+00 0.15425E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87130E-04 0.00000E+00
 15 1 0.13154E+01 0.76933E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23108E-02
 15 2 0.89199E+00 0.94255E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78716E-04 0.00000E+00
 16 1 0.11559E+01 0.58808E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.26806E-02
 16 2 0.84210E+00 0.22781E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78998E-04 0.00000E+00
 17 1 0.11019E+01 0.63976E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.29688E-02
 17 2 0.84078E+00 0.23195E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.74388E-04 0.00000E+00
 18 1 0.14844E+01 0.46530E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48370E-01
 18 2 0.19738E+00 0.16772E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.93117E-04 0.00000E+00
 19 1 0.14806E+01 0.46803E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48873E-01
 19 2 0.19522E+00 0.16907E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.88602E-04 0.00000E+00
 20 1 0.14826E+01 0.46900E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48953E-01
 20 2 0.19487E+00 0.16925E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87330E-04 0.00000E+00
 21 1 0.14823E+01 0.46889E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48944E-01
 21 2 0.19491E+00 0.16923E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87483E-04 0.00000E+00
 22 1 0.14832E+01 0.46954E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49011E-01
 22 2 0.19461E+00 0.16939E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.86589E-04 0.00000E+00
 23 1 0.39063E+01 0.34450E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.14661E-01
 23 2 0.60577E+00 0.11438E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.70317E-04 0.00000E+00
 24 1 0.99389E+00 0.69711E-02 0.48751E-02 0.00000E+00 0.62558E-13
 0.00000E+00 0.36532E-01
 24 2 0.22186E+00 0.10786E+00 0.17522E+00 0.00000E+00 0.22860E-11
 0.26664E-03 0.00000E+00

1.
 012
 1 1 -1 ANEL A
 2 2 -1 ANEL B

- 3 3 -1 ANEL C
- 4 4 -1 ANEL D
- 5 5 -1 ANEL E
- 6 6 -1 AGUA DOS ANEIS E, F
- 7 7 -1 AGUA DEPOIS DO REFLETOR RADIAL
- 8 8 -1 GRAFITAX
- 9 9 -1 F. FOLL. EM C
- 10 10 -1 F. FOLL. EM D
- 11 11 -1 AIRFOLL.
- 12 12 -1 CONTROL.
- 13 13 -1 TRANSIENT ROD
- 14 14 -1 AIR FOLL. DOWN
- 15 15 -1 ZONA 1 DO REFLETOR RADIAL
- 16 16 -1 ZONA 2 DO REFLETOR RADIAL
- 17 17 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
- 18 18 -1 WATER HOLE EM A
- 19 19 -1 WATER HOLE EM B
- 20 20 -1 WATER HOLE EM C
- 21 21 -1 WATER HOLE EM D
- 22 22 -1 WATER HOLE EM E
- 23 23 -1 FFOLL. DOWN
- 24 24 -1 d lhomo -1

999

CITCF34R.INP

TRIGA BENCHMARK 1 NUCLEO 134 C/ FONTE EM E7; FONTE DE AIR FOLL.
CITATION R-TETA-Z

001

1 1 1 1 6
800 990 500 990

003

12 -1 1 -1 0 0 0

250.E-3

004

3 0.26180 4 0.3927 8 0.74176 4 0.34907 5 0.47997 7 0.65449
2 0.1309 3 0.2618 2 0.1309 4 0.3927 8 0.74177 4 0.34907
5 0.47996 7 0.6545 3 0.2618
2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0
10 10. 9 8.738 38 38.1 9 8.814 10 10.

005

7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
12 7 7 7 7 7 13 13 13 7 7 7 7 7 12
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 12 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
12 8 8 8 8 8 13 13 13 8 8 8 8 8 12
8 8 8 23 8 8 8 8 8 8 8 12 8 8 8
6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6

6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
 9 3 3 3 3 3 11 11 11 3 3 3 3 3 9
 24 24 4 12 4 24 24 24 24 24 4 10 4 24 24
 6 6 5 5 5 6 6 11 6 6 5 5 5 6 6
 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 23 8 8 8 8 8 14 14 14 8 8 8 8 8 23
 8 8 8 10 8 8 8 8 8 8 8 23 8 8 8
 6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6
 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 23 7 7 7 7 7 14 14 14 7 7 7 7 7 23
 7 7 7 10 7 7 7 7 7 7 7 23 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7

008

- 2 1 1
- 1 1 0.79042E+00 0.86261E-02 0.61351E-02 0.00000E+00 0.78769E-13
0.00000E+00 0.33882E-01
- 1 2 0.25250E+00 0.13478E+00 0.22859E+00 0.00000E+00 0.29821E-11
0.37790E-03 0.00000E+00
- 2 1 0.84838E+00 0.68741E-02 0.48029E-02 0.00000E+00 0.61629E-13
0.00000E+00 0.36693E-01
- 2 2 0.23861E+00 0.10620E+00 0.17194E+00 0.00000E+00 0.22433E-11
0.26059E-03 0.00000E+00
- 3 1 0.84436E+00 0.69907E-02 0.48897E-02 0.00000E+00 0.62747E-13
0.00000E+00 0.36499E-01
- 3 2 0.23971E+00 0.10819E+00 0.17588E+00 0.00000E+00 0.22946E-11
0.26788E-03 0.00000E+00
- 4 1 0.84503E+00 0.69711E-02 0.48751E-02 0.00000E+00 0.62558E-13
0.00000E+00 0.36532E-01
- 4 2 0.23952E+00 0.10786E+00 0.17522E+00 0.00000E+00 0.22860E-11
0.26664E-03 0.00000E+00
- 5 1 0.99426E+00 0.69636E-02 0.48695E-02 0.00000E+00 0.62487E-13
0.00000E+00 0.36543E-01
- 5 2 0.22180E+00 0.10773E+00 0.17497E+00 0.00000E+00 0.22827E-11
0.26618E-03 0.00000E+00
- 6 1 0.13426E+01 0.61015E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.60188E-01
- 6 2 0.18221E+00 0.17649E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.56386E-04 0.00000E+00
- 7 1 0.10260E+01 0.59286E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00

0.00000E+00 0.69500E-01
 7 2 0.17173E+00 0.18405E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.53742E-04 0.00000E+00
 8 1 0.11862E+01 0.34956E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.16472E-01
 8 2 0.41558E+00 0.11761E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.17391E-03 0.00000E+00
 9 1 0.10597E+01 0.59677E-02 0.41093E-02 0.00000E+00 0.52716E-13
 0.00000E+00 0.37190E-01
 9 2 0.22049E+00 0.91803E-01 0.14348E+00 0.00000E+00 0.18720E-11
 0.21449E-03 0.00000E+00
 10 1 0.10606E+01 0.59515E-02 0.40974E-02 0.00000E+00 0.52562E-13
 0.00000E+00 0.37222E-01
 10 2 0.22033E+00 0.91526E-01 0.14293E+00 0.00000E+00 0.18649E-11
 0.21356E-03 0.00000E+00
 11 1 0.25011E+01 0.25902E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.14088E-01
 11 2 0.69084E+00 0.72273E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.58565E-04 0.00000E+00
 12 1 0.11807E+01 0.56184E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.17159E-01
 12 2 0.18524E+00 0.33434E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.23259E-03 0.00000E+00
 13 1 0.12696E+01 0.51874E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.11432E-01
 13 2 0.25693E+00 0.34806E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.17931E-03 0.00000E+00
 14 1 0.15188E+01 0.47202E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.38642E-01
 14 2 0.24266E+00 0.15425E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87130E-04 0.00000E+00
 15 1 0.13154E+01 0.76933E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23108E-02
 15 2 0.89199E+00 0.94255E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78716E-04 0.00000E+00
 16 1 0.11559E+01 0.58808E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.26806E-02
 16 2 0.84210E+00 0.22781E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78998E-04 0.00000E+00
 17 1 0.11019E+01 0.63976E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.29688E-02
 17 2 0.84078E+00 0.23195E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.74388E-04 0.00000E+00
 18 1 0.14844E+01 0.46530E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48370E-01
 18 2 0.19738E+00 0.16772E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.93117E-04 0.00000E+00
 19 1 0.14806E+01 0.46803E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48873E-01
 19 2 0.19522E+00 0.16907E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.88602E-04 0.00000E+00
 20 1 0.14826E+01 0.46900E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48953E-01
 20 2 0.19487E+00 0.16925E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87330E-04 0.00000E+00
 21 1 0.14823E+01 0.46889E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48944E-01
 21 2 0.19491E+00 0.16923E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87483E-04 0.00000E+00
 22 1 0.14832E+01 0.46954E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49011E-01
 22 2 0.19461E+00 0.16939E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00

7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 12 7 7 7 7 7 13 13 13 7 7 7 7 7 12
 7 7 7 12 7 7 7 7 7 7 7 12 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 12 8 8 8 8 8 13 13 13 8 8 8 8 8 12
 8 8 8 12 8 8 8 8 8 8 8 12 8 8 8
 6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6
 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
 9 3 3 3 3 3 11 11 11 3 3 3 3 3 9
 24 24 4 10 4 24 24 24 24 24 4 10 4 24 24
 6 6 5 5 5 6 6 11 6 6 5 5 5 6 6
 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 23 8 8 8 8 8 14 14 14 8 8 8 8 8 23
 8 8 8 23 8 8 8 8 8 8 8 23 8 8 8
 6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6
 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 23 7 7 7 7 7 14 14 14 7 7 7 7 7 23
 7 7 7 23 7 7 7 7 7 7 7 23 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7

008

2 1 1
 1 1 0.79042E+00 0.86249E-02 0.61351E-02 0.00000E+00 0.78769E-13
 0.00000E+00 0.33882E-01
 1 2 0.25247E+00 0.13483E+00 0.22866E+00 0.00000E+00 0.29831E-11
 0.37585E-03 0.00000E+00
 2 1 0.84838E+00 0.68731E-02 0.48029E-02 0.00000E+00 0.61629E-13
 0.00000E+00 0.36692E-01
 2 2 0.23856E+00 0.10624E+00 0.17201E+00 0.00000E+00 0.22442E-11
 0.25898E-03 0.00000E+00
 3 1 0.84436E+00 0.69897E-02 0.48897E-02 0.00000E+00 0.62747E-13
 0.00000E+00 0.36498E-01
 3 2 0.23965E+00 0.10824E+00 0.17595E+00 0.00000E+00 0.22956E-11

0.26624E-03 0.00000E+00
 4 1 0.84503E+00 0.69700E-02 0.48751E-02 0.00000E+00 0.62558E-13
 0.00000E+00 0.36531E-01
 4 2 0.23947E+00 0.10790E+00 0.17529E+00 0.00000E+00 0.22869E-11
 0.26501E-03 0.00000E+00
 5 1 0.99427E+00 0.69626E-02 0.48695E-02 0.00000E+00 0.62487E-13
 0.00000E+00 0.36543E-01
 5 2 0.22174E+00 0.10778E+00 0.17504E+00 0.00000E+00 0.22837E-11
 0.26454E-03 0.00000E+00
 6 1 0.13426E+01 0.61015E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.60188E-01
 6 2 0.18221E+00 0.17649E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.56386E-04 0.00000E+00
 7 1 0.10260E+01 0.59286E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.69500E-01
 7 2 0.17173E+00 0.18405E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.53742E-04 0.00000E+00
 8 1 0.11862E+01 0.34956E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.16472E-01
 8 2 0.41558E+00 0.11761E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.17391E-03 0.00000E+00
 9 1 0.10597E+01 0.59669E-02 0.41093E-02 0.00000E+00 0.52716E-13
 0.00000E+00 0.37190E-01
 9 2 0.22040E+00 0.91845E-01 0.14354E+00 0.00000E+00 0.18728E-11
 0.21311E-03 0.00000E+00
 10 1 0.10606E+01 0.59506E-02 0.40974E-02 0.00000E+00 0.52562E-13
 0.00000E+00 0.37222E-01
 10 2 0.22025E+00 0.91568E-01 0.14299E+00 0.00000E+00 0.18657E-11
 0.21218E-03 0.00000E+00
 11 1 0.25011E+01 0.25902E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.14088E-01
 11 2 0.69084E+00 0.72273E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.58565E-04 0.00000E+00
 12 1 0.11807E+01 0.56184E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.17159E-01
 12 2 0.18524E+00 0.33434E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.23259E-03 0.00000E+00
 13 1 0.12696E+01 0.51874E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.11432E-01
 13 2 0.25693E+00 0.34806E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.17931E-03 0.00000E+00
 14 1 0.15188E+01 0.47202E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.38642E-01
 14 2 0.24266E+00 0.15425E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87130E-04 0.00000E+00
 15 1 0.13154E+01 0.76933E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23108E-02
 15 2 0.89199E+00 0.94255E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78716E-04 0.00000E+00
 16 1 0.11559E+01 0.58808E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.26806E-02
 16 2 0.84210E+00 0.22781E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78998E-04 0.00000E+00
 17 1 0.11019E+01 0.63976E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.29688E-02
 17 2 0.84078E+00 0.23195E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.74388E-04 0.00000E+00
 18 1 0.14844E+01 0.46530E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48370E-01
 18 2 0.19738E+00 0.16772E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.93117E-04 0.00000E+00
 19 1 0.14806E+01 0.46803E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00

0.00000E+00 0.48873E-01
 19 2 0.19522E+00 0.16907E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.88602E-04 0.00000E+00
 20 1 0.14826E+01 0.46900E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48953E-01
 20 2 0.19487E+00 0.16925E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87330E-04 0.00000E+00
 21 1 0.14823E+01 0.46889E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48944E-01
 21 2 0.19491E+00 0.16923E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87483E-04 0.00000E+00
 22 1 0.14832E+01 0.46954E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49011E-01
 22 2 0.19461E+00 0.16939E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.86589E-04 0.00000E+00
 23 1 0.39063E+01 0.34450E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.14661E-01
 23 2 0.60577E+00 0.11438E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.70317E-04 0.00000E+00
 24 1 0.99389E+00 0.69700E-02 0.48751E-02 0.00000E+00 0.62558E-13
 0.00000E+00 0.36531E-01
 24 2 0.22179E+00 0.10790E+00 0.17529E+00 0.00000E+00 0.22869E-11
 0.26501E-03 0.00000E+00

1.

012

- 1 1 -1 ANEL A
- 2 2 -1 ANEL B
- 3 3 -1 ANEL C
- 4 4 -1 ANEL D
- 5 5 -1 ANEL E
- 6 6 -1 AGUA DOS ANEIS E, F
- 7 7 -1 AGUA DEPOIS DO REFLETOR RADIAL
- 8 8 -1 GRAFITAX
- 9 9 -1 F. FOLL. EM C
- 10 10 -1 F. FOLL. EM D
- 11 11 -1 AIRFOLL.
- 12 12 -1 CONTROL.
- 13 13 -1 TRANSIENT ROD
- 14 14 -1 AIR FOLL. DOWN
- 15 15 -1 ZONA 1 DO REFLETOR RADIAL
- 16 16 -1 ZONA 2 DO REFLETOR RADIAL
- 17 17 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
- 18 18 -1 WATER HOLE EM A
- 19 19 -1 WATER HOLE EM B
- 20 20 -1 WATER HOLE EM C
- 21 21 -1 WATER HOLE EM D
- 22 22 -1 WATER HOLE EM E
- 23 23 -1 FFOLL. DOWN
- 24 24 -1 d lhomo -1

999

CITC7342.INP

TRIGA BENCHMARK 1 NUCLEO 134 C/ FONTE EM E7; FONTE DE AIR FOLL.
 CITATION R-TETA-Z

001

1 1 1 1 6
 800 990 500 990

003

12 -1 1-1 0 0 0

250.E-3

004

3 0.26180 4 0.3927 8 0.74176 4 0.34907 5 0.47997 7 0.65449
2 0.1309 3 0.2618 2 0.1309 4 0.3927 8 0.74177 4 0.34907
5 0.47996 7 0.6545 3 0.2618
2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0
10 10. 9 8.738 38 38.1 9 8.814 10 10.

005

7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
12 7 7 7 7 7 13 13 13 7 7 7 7 7 12
7 7 7 12 7 7 7 7 7 7 7 12 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
12 8 8 8 8 8 13 13 13 8 8 8 8 8 12
8 8 8 12 8 8 8 8 8 8 8 12 8 8 8
6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
9 3 3 3 3 3 11 11 11 3 3 3 3 3 9
24 24 4 10 4 24 24 24 24 4 10 4 24 24
6 6 5 5 5 6 6 11 6 6 5 5 5 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
23 8 8 8 8 8 14 14 14 8 8 8 8 8 23
8 8 8 23 8 8 8 8 8 8 8 23 8 8 8
6 6 8 8 8 6 6 8 6 6 8 8 8 6 6
6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6 6
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
23 7 7 7 7 7 14 14 14 7 7 7 7 7 23
7 7 7 23 7 7 7 7 7 7 7 23 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7

```

7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
008
2 1 1
1 1 0.79045E+00 0.86509E-02 0.61349E-02 0.00000E+00 0.78767E-13
0.00000E+00 0.33884E-01
1 2 0.25283E+00 0.13408E+00 0.22731E+00 0.00000E+00 0.29655E-11
0.41105E-03 0.00000E+00
2 1 0.84844E+00 0.68942E-02 0.48029E-02 0.00000E+00 0.61630E-13
0.00000E+00 0.36697E-01
2 2 0.23891E+00 0.10568E+00 0.17100E+00 0.00000E+00 0.22311E-11
0.27935E-03 0.00000E+00
3 1 0.84442E+00 0.70112E-02 0.48897E-02 0.00000E+00 0.62747E-13
0.00000E+00 0.36503E-01
3 2 0.24001E+00 0.10767E+00 0.17492E+00 0.00000E+00 0.22821E-11
0.28746E-03 0.00000E+00
4 1 0.84509E+00 0.69915E-02 0.48751E-02 0.00000E+00 0.62559E-13
0.00000E+00 0.36536E-01
4 2 0.23983E+00 0.10733E+00 0.17426E+00 0.00000E+00 0.22735E-11
0.28609E-03 0.00000E+00
5 1 0.99420E+00 0.69840E-02 0.48695E-02 0.00000E+00 0.62487E-13
0.00000E+00 0.36547E-01
5 2 0.22223E+00 0.10721E+00 0.17401E+00 0.00000E+00 0.22703E-11
0.28557E-03 0.00000E+00
6 1 0.13426E+01 0.61015E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.60188E-01
6 2 0.18221E+00 0.17649E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.56386E-04 0.00000E+00
7 1 0.10260E+01 0.59286E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.69500E-01
7 2 0.17173E+00 0.18405E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.53742E-04 0.00000E+00
8 1 0.11862E+01 0.34956E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.16472E-01
8 2 0.41558E+00 0.11761E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.17391E-03 0.00000E+00
9 1 0.10597E+01 0.59852E-02 0.41094E-02 0.00000E+00 0.52717E-13
0.00000E+00 0.37195E-01
9 2 0.22086E+00 0.91375E-01 0.14270E+00 0.00000E+00 0.18618E-11
0.22805E-03 0.00000E+00
10 1 0.10605E+01 0.59690E-02 0.40975E-02 0.00000E+00 0.52563E-13
0.00000E+00 0.37227E-01
10 2 0.22071E+00 0.91099E-01 0.14216E+00 0.00000E+00 0.18547E-11
0.22701E-03 0.00000E+00
11 1 0.25011E+01 0.25902E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.14088E-01
11 2 0.69084E+00 0.72273E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.58565E-04 0.00000E+00
12 1 0.11807E+01 0.56184E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.17159E-01
12 2 0.18524E+00 0.33434E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.23259E-03 0.00000E+00
13 1 0.12696E+01 0.51874E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.11432E-01
13 2 0.25693E+00 0.34806E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.17931E-03 0.00000E+00
14 1 0.15188E+01 0.47202E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.38642E-01
14 2 0.24266E+00 0.15425E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.87130E-04 0.00000E+00
15 1 0.13154E+01 0.76933E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.23108E-02
15 2 0.89199E+00 0.94255E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00

```

0.78716E-04 0.00000E+00
 16 1 0.11559E+01 0.58808E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.26806E-02
 16 2 0.84210E+00 0.22781E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78998E-04 0.00000E+00
 17 1 0.11019E+01 0.63976E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.29688E-02
 17 2 0.84078E+00 0.23195E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.74388E-04 0.00000E+00
 18 1 0.14844E+01 0.46530E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48370E-01
 18 2 0.19738E+00 0.16772E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.93117E-04 0.00000E+00
 19 1 0.14806E+01 0.46803E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48873E-01
 19 2 0.19522E+00 0.16907E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.88602E-04 0.00000E+00
 20 1 0.14826E+01 0.46900E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48953E-01
 20 2 0.19487E+00 0.16925E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87330E-04 0.00000E+00
 21 1 0.14823E+01 0.46889E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.48944E-01
 21 2 0.19491E+00 0.16923E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.87483E-04 0.00000E+00
 22 1 0.14832E+01 0.46954E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49011E-01
 22 2 0.19461E+00 0.16939E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.86589E-04 0.00000E+00
 23 1 0.39063E+01 0.34450E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.14661E-01
 23 2 0.60577E+00 0.11438E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.70317E-04 0.00000E+00
 24 1 0.99382E+00 0.69915E-02 0.48751E-02 0.00000E+00 0.62559E-13
 0.00000E+00 0.36536E-01
 24 2 0.22229E+00 0.10733E+00 0.17426E+00 0.00000E+00 0.22735E-11
 0.28609E-03 0.00000E+00

1.

012

- 1 1 -1 ANEL A
- 2 2 -1 ANEL B
- 3 3 -1 ANEL C
- 4 4 -1 ANEL D
- 5 5 -1 ANEL E
- 6 6 -1 AGUA DOS ANEIS E, F
- 7 7 -1 AGUA DEPOIS DO REFLETOR RADIAL
- 8 8 -1 GRAFITAX
- 9 9 -1 F. FOLL. EM C
- 10 10 -1 F. FOLL. EM D
- 11 11 -1 AIRFOLL.
- 12 12 -1 CONTROL.
- 13 13 -1 TRANSIENT ROD
- 14 14 -1 AIR FOLL. DOWN
- 15 15 -1 ZONA 1 DO REFLETOR RADIAL
- 16 16 -1 ZONA 2 DO REFLETOR RADIAL
- 17 17 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
- 18 18 -1 WATER HOLE EM A
- 19 19 -1 WATER HOLE EM B
- 20 20 -1 WATER HOLE EM C
- 21 21 -1 WATER HOLE EM D
- 22 22 -1 WATER HOLE EM E

23 23 -1 FFOLL. DOWN
 24 24 -1 d lhomo -1

999

CITIPR.INP

TRIGA IPR
 CITATION R-TETA-Z
 001

1 1 1 1 1 6
 800 990 500 990

003
 12 -1 1 -1 0 0 0

100.E-3

004
 7 0.62832 2 0.20944 6 0.55851 1 0.06981 2 0.20944 1 0.06981
 10 1.00356 5 0.5236 13 1.26536 4 0.34907 12 1.18682 2 0.20944

2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
 10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0
 10 10. 10 10.16 1 0.13 36 35.6 1 0.13 10 10.16
 10 10.

005
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 9 9 9 16 16 16 9 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 10 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 9 9 9 8 8 8 9 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 10 8 8 8 8 8 8 8
 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
 18 18 18 9 9 9 18 18 18 9 18 18
 18 18 18 18 18 18 18 8 18 18 18 18
 8 8 8 8 10 8 8 8 8 8 8 8
 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
 4 4 4 19 19 19 4 4 4 19 4 4

7 1 0.11312E+01 0.49576E-02 0.32939E-02 0.00000E+00 0.42301E-13
0.00000E+00 0.28497E-01
7 2 0.27419E+00 0.73167E-01 0.12174E+00 0.00000E+00 0.15884E-11
0.20271E-03 0.00000E+00
8 1 0.11828E+01 0.18169E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.16973E-01
8 2 0.41923E+00 0.62080E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.13073E-03 0.00000E+00
9 1 0.14333E+01 0.26754E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.23055E-01
9 2 0.27439E+00 0.11658E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.12577E-03 0.00000E+00
10 1 0.14883E+01 0.26017E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.26167E-01
10 2 0.24036E+00 0.10490E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.61937E-04 0.00000E+00
11 1 0.25155E+01 0.27833E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.15679E-01
11 2 0.57409E+00 0.81332E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.22181E-04 0.00000E+00
12 1 0.14306E+01 0.20839E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.19951E-01
12 2 0.34685E+00 0.72197E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.50047E-04 0.00000E+00
13 1 0.13041E+01 0.77359E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.23348E-02
13 2 0.89200E+00 0.94483E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.77572E-04 0.00000E+00
14 1 0.11476E+01 0.58882E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.27190E-02
14 2 0.84203E+00 0.22805E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.77984E-04 0.00000E+00
15 1 0.10952E+01 0.64348E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.30183E-02
15 2 0.84071E+00 0.23217E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.73440E-04 0.00000E+00
16 1 0.10100E+01 0.59400E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.71072E-01
16 2 0.17140E+00 0.18424E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.52817E-04 0.00000E+00
17 1 0.20001E+01 0.31888E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.27100E-01
17 2 0.34822E+00 0.10581E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.28356E-04 0.00000E+00
18 1 0.18729E+01 0.38868E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.11991E-01
18 2 0.19221E+00 0.45645E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.19647E-03 0.00000E+00
19 1 0.14562E+01 0.46432E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.49521E-01
19 2 0.19340E+00 0.16998E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.82785E-04 0.00000E+00

1.
012

- 1 1 -1 tubo central ANEL A
- 2 2 -1 ANEL B
- 3 3 -1 ANEL C
- 4 4 -1 ANEL D
- 5 5 -1 ANEL E
- 6 6 -1 anel F lhomo -1
- 7 7 -1 anel e lhomo -1

- 8 8 -1 GRAFITAX
- 9 9 -1 barras de controle e segurança
- 10 10 -1 barra reguladora
- 11 11 -1 fonte
- 12 12 -1 elementos falsos de grafita
- 13 13 -1 zona 1 do refletor radial
- 14 14 -1 zona 2 do refletor radial
- 15 15 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
- 16 16 -1 agua externa ao núcleo
- 17 17 -1 terminal pneumático 1
- 18 18 -1 disco de sam rio
- 19 19 -1 agua embaixo das barras de controle

999

CITCON.INP

TRIGA IPR
CITATION R-TETA-Z
001

1 1 1 1 6
800 990 500 990

003
12 -1 1 -1 0 0 0

100.E-3

004
7 0.62832 2 0.20944 6 0.55851 1 0.06981 2 0.20944 1 0.06981
10 1.00356 5 0.5236 13 1.26536 4 0.34907 12 1.18682 2 0.20944

2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0
10 10. 10 10.16 1 0.13 36 35.6 1 0.13 10 10.16
10 10.

005
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 9 9 9 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 10 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 9 9 9 8 8 8 16 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 10 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
18 18 18 9 9 9 18 18 18 19 18 18

18 18 18 18 18 18 18 8 18 18 18 18
 8 8 8 8 10 8 8 8 8 8 8 8
 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
 4 4 4 19 19 19 4 4 4 9 4 4
 7 7 7 7 7 7 7 12 7 7 7 7
 12 17 12 12 19 12 12 12 12 12 12 11
 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
 18 18 18 19 19 19 18 18 18 19 18 18
 18 18 18 18 18 18 18 8 18 18 18 18
 8 8 8 8 19 8 8 8 8 8 8 8
 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 16 16 16 8 8 8 16 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 16 8 8 8 8 8 8 8
 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16

008

2 1 1
 1 1 0.12192E+01 0.46489E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.39143E-01
 1 2 0.25239E+00 0.15509E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.86764E-04 0.00000E+00
 2 1 0.94261E+00 0.48960E-02 0.32493E-02 0.00000E+00 0.41725E-13
 0.00000E+00 0.28760E-01
 2 2 0.29042E+00 0.72310E-01 0.11984E+00 0.00000E+00 0.15636E-11
 0.19830E-03 0.00000E+00
 3 1 0.93969E+00 0.49767E-02 0.33077E-02 0.00000E+00 0.42478E-13
 0.00000E+00 0.28422E-01
 3 2 0.29345E+00 0.73423E-01 0.12231E+00 0.00000E+00 0.15958E-11
 0.20405E-03 0.00000E+00
 4 1 0.94017E+00 0.49634E-02 0.32981E-02 0.00000E+00 0.42354E-13
 0.00000E+00 0.28478E-01

4 2 0.29295E+00 0.73240E-01 0.12190E+00 0.00000E+00 0.15905E-11
 0.20310E-03 0.00000E+00
 5 1 0.11312E+01 0.49576E-02 0.32939E-02 0.00000E+00 0.42301E-13
 0.00000E+00 0.28497E-01
 5 2 0.27419E+00 0.73167E-01 0.12174E+00 0.00000E+00 0.15884E-11
 0.20271E-03 0.00000E+00
 6 1 0.11437E+01 0.47538E-02 0.31465E-02 0.00000E+00 0.40400E-13
 0.00000E+00 0.29359E-01
 6 2 0.26749E+00 0.70331E-01 0.11546E+00 0.00000E+00 0.15064E-11
 0.18842E-03 0.00000E+00
 7 1 0.11312E+01 0.49576E-02 0.32939E-02 0.00000E+00 0.42301E-13
 0.00000E+00 0.28497E-01
 7 2 0.27419E+00 0.73167E-01 0.12174E+00 0.00000E+00 0.15884E-11
 0.20271E-03 0.00000E+00
 8 1 0.11828E+01 0.18169E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.16973E-01
 8 2 0.41923E+00 0.62080E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.13073E-03 0.00000E+00
 9 1 0.14333E+01 0.26754E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23055E-01
 9 2 0.27439E+00 0.11658E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.12577E-03 0.00000E+00
 10 1 0.14883E+01 0.26017E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.26167E-01
 10 2 0.24036E+00 0.10490E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.61937E-04 0.00000E+00
 11 1 0.25155E+01 0.27833E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.15679E-01
 11 2 0.57409E+00 0.81332E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.22181E-04 0.00000E+00
 12 1 0.14306E+01 0.20839E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.19951E-01
 12 2 0.34685E+00 0.72197E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.50047E-04 0.00000E+00
 13 1 0.13041E+01 0.77359E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23348E-02
 13 2 0.89200E+00 0.94483E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.77572E-04 0.00000E+00
 14 1 0.11476E+01 0.58882E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27190E-02
 14 2 0.84203E+00 0.22805E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.77984E-04 0.00000E+00
 15 1 0.10952E+01 0.64348E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.30183E-02
 15 2 0.84071E+00 0.23217E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.73440E-04 0.00000E+00
 16 1 0.10100E+01 0.59400E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.71072E-01
 16 2 0.17140E+00 0.18424E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.52817E-04 0.00000E+00
 17 1 0.20001E+01 0.31888E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27100E-01
 17 2 0.34822E+00 0.10581E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.28356E-04 0.00000E+00
 18 1 0.18729E+01 0.38868E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.11991E-01
 18 2 0.19221E+00 0.45645E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.19647E-03 0.00000E+00
 19 1 0.14562E+01 0.46432E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49521E-01
 19 2 0.19340E+00 0.16998E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.82785E-04 0.00000E+00

- 1.
- 012
- 1 1 -1 tubo central ANEL A
- 2 2 -1 ANEL B
- 3 3 -1 ANEL C
- 4 4 -1 ANEL D
- 5 5 -1 ANEL E
- 6 6 -1 anel F lhomo -1
- 7 7 -1 anel e lhomo -1
- 8 8 -1 GRAFITAX
- 9 9 -1 barras de controle e segurança
- 10 10 -1 barra reguladora
- 11 11 -1 fonte
- 12 12 -1 elementos falsos de grafita
- 13 13 -1 zona 1 do refletor radial
- 14 14 -1 zona 2 do refletor radial
- 15 15 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
- 16 16 -1 agua externa ao núcleo
- 17 17 -1 terminal pneumático 1
- 18 18 -1 disco de sam rio
- 19 19 -1 agua embaixo das barras de controle

999

CITIPR5.INP

TRIGA IPR
CITATION R-TETA-Z

001

1 1 1 1 1 6
800 990 500 990

003

12 -1 1 -1 0 0 0

100.E-3

004

7 0.62832 2 0.20944 6 0.55851 1 0.06981 2 0.20944 1 0.06981
14 1.39626 2 0.20944 12 1.18682 4 0.34907 10 0.97738 2 0.20944
2 0.20944
2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0
10 10. 10 10.16 1 0.13 20 20.0 16 15.6 1 0.13
10 10.16 10 10.

005

16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 9 9 9 16 16 16 9 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 10 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 9 9 9 8 8 8 9 8 8 8

16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16

008

2 1 1

1 1 0.12207E+01 0.46460E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.39129E-01
 1 2 0.25536E+00 0.15274E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.95541E-04 0.00000E+00
 2 1 0.94444E+00 0.49483E-02 0.31332E-02 0.00000E+00 0.40204E-13
 0.00000E+00 0.28990E-01
 2 2 0.29275E+00 0.69966E-01 0.11273E+00 0.00000E+00 0.14689E-11
 0.25681E-03 0.00000E+00
 3 1 0.94435E+00 0.49504E-02 0.31486E-02 0.00000E+00 0.40405E-13
 0.00000E+00 0.28974E-01
 3 2 0.29289E+00 0.70164E-01 0.11323E+00 0.00000E+00 0.14756E-11
 0.25755E-03 0.00000E+00
 4 1 0.94425E+00 0.49525E-02 0.31639E-02 0.00000E+00 0.40607E-13
 0.00000E+00 0.28958E-01
 4 2 0.29302E+00 0.70360E-01 0.11372E+00 0.00000E+00 0.14823E-11
 0.25828E-03 0.00000E+00
 7 1 0.94418E+00 0.49542E-02 0.31762E-02 0.00000E+00 0.40768E-13
 0.00000E+00 0.28944E-01
 7 2 0.29313E+00 0.70514E-01 0.11412E+00 0.00000E+00 0.14876E-11
 0.25885E-03 0.00000E+00
 8 1 0.11836E+01 0.18155E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.16967E-01
 8 2 0.42275E+00 0.61132E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.13962E-03 0.00000E+00
 9 1 0.14339E+01 0.26773E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23047E-01
 9 2 0.27709E+00 0.11686E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.13707E-03 0.00000E+00
 10 1 0.14896E+01 0.26031E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.26159E-01
 10 2 0.24375E+00 0.10522E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.67439E-04 0.00000E+00
 11 1 0.25190E+01 0.27830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.15672E-01
 11 2 0.58340E+00 0.80015E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.23825E-04 0.00000E+00
 12 1 0.14311E+01 0.20830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.19946E-01
 12 2 0.35206E+00 0.70955E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.53362E-04 0.00000E+00
 13 1 0.13040E+01 0.77363E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23394E-02
 13 2 0.89236E+00 0.93207E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.82162E-04 0.00000E+00
 14 1 0.11475E+01 0.58910E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27261E-02
 14 2 0.84238E+00 0.22458E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.82971E-04 0.00000E+00
 15 1 0.10951E+01 0.64384E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.30262E-02
 15 2 0.84111E+00 0.22848E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78315E-04 0.00000E+00
 16 1 0.10110E+01 0.59409E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.71036E-01
 16 2 0.17483E+00 0.18099E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.59518E-04 0.00000E+00

17 1 0.20035E+01 0.31875E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27088E-01
 17 2 0.35393E+00 0.10406E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.31069E-04 0.00000E+00
 18 1 0.18733E+01 0.38904E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.11988E-01
 18 2 0.19342E+00 0.45839E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.21407E-03 0.00000E+00
 19 1 0.14574E+01 0.46392E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49504E-01
 19 2 0.19631E+00 0.16731E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.92274E-04 0.00000E+00
 23 1 0.94356E+00 0.49609E-02 0.32448E-02 0.00000E+00 0.41667E-13
 0.00000E+00 0.28840E-01
 23 2 0.29369E+00 0.71109E-01 0.11642E+00 0.00000E+00 0.15188E-11
 0.26127E-03 0.00000E+00

1.

012

1 1 -1 tubo central ANEL A
 2 2 -1 ANEL B
 3 3 -1 ANEL C
 4 4 -1 ANEL D
 5 5 -1 ANEL E
 6 6 -1 anel F lhomo -1
 7 7 -1 anel e lhomo -1
 8 8 -1 GRAFITAX
 9 9 -1 barras de controle e segurança
 10 10 -1 barra reguladora
 11 11 -1 fonte
 12 12 -1 elementos falsos de grafita
 13 13 -1 zona 1 do refletor radial
 14 14 -1 zona 2 do refletor radial
 15 15 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
 16 16 -1 agua externa ao núcleo
 17 17 -1 terminal pneum tico 1
 18 18 -1 disco de sam rio
 19 19 -1 agua embaixo das barras de controle
 23 23 -1 elemento em f24 so queimou 600 MWD/T

999

CITIPR5B.INP

TRIGA IPR
 CITATION R-TETA-Z
 001

1 1 1 1 1 6
 800 990 500 990

003
 12 -1 1 -1 0 0 0

100.E-3

004
 7 0.62832 2 0.20944 6 0.55851 1 0.06981 2 0.20944 1 0.06981
 14 1.39626 2 0.20944 12 1.18682 4 0.34907 10 0.97738 2 0.20944
 2 0.20944
 2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
 10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0

10 10. 10 10.16 1 0.13 20 20.0 16 15.6 1 0.13
10 10.16 10 10.

005

16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 9 9 9 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 9 9 9 8 8 8 8 9 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 10 8 8 8 8 8 8 8 8 8
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
18 18 18 9 9 9 18 18 18 9 18 18 18
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
8 8 8 8 10 8 8 18 8 8 8 8 8 8
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
4 4 4 19 19 19 4 4 4 9 4 4 4
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
12 17 12 12 10 12 12 23 12 12 12 11 12
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
4 4 4 19 19 19 4 4 4 19 4 4 4
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
12 17 12 12 19 12 12 23 12 12 12 11 12
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
18 18 18 19 19 19 18 18 18 19 18 18 18
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
8 8 8 8 19 8 8 18 8 8 8 8 8 8
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15

16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 16 16 16 8 8 8 16 8 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 16 8 8 8 8 8 8 8 8
 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16

008

2 1 1
 1 1 0.12207E+01 0.46460E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.39129E-01
 1 2 0.25536E+00 0.15274E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.95541E-04 0.00000E+00
 2 1 0.94444E+00 0.49483E-02 0.31332E-02 0.00000E+00 0.40204E-13
 0.00000E+00 0.28990E-01
 2 2 0.29275E+00 0.69966E-01 0.11273E+00 0.00000E+00 0.14689E-11
 0.25681E-03 0.00000E+00
 3 1 0.94435E+00 0.49504E-02 0.31486E-02 0.00000E+00 0.40405E-13
 0.00000E+00 0.28974E-01
 3 2 0.29289E+00 0.70164E-01 0.11323E+00 0.00000E+00 0.14756E-11
 0.25755E-03 0.00000E+00
 4 1 0.94425E+00 0.49525E-02 0.31639E-02 0.00000E+00 0.40607E-13
 0.00000E+00 0.28958E-01
 4 2 0.29302E+00 0.70360E-01 0.11372E+00 0.00000E+00 0.14823E-11
 0.25828E-03 0.00000E+00
 7 1 0.94418E+00 0.49542E-02 0.31762E-02 0.00000E+00 0.40768E-13
 0.00000E+00 0.28944E-01
 7 2 0.29313E+00 0.70514E-01 0.11412E+00 0.00000E+00 0.14876E-11
 0.25885E-03 0.00000E+00
 8 1 0.11836E+01 0.18155E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.16967E-01
 8 2 0.42275E+00 0.61132E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.13962E-03 0.00000E+00
 9 1 0.14339E+01 0.26773E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23047E-01
 9 2 0.27709E+00 0.11686E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.13707E-03 0.00000E+00
 10 1 0.14896E+01 0.26031E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.26159E-01
 10 2 0.24375E+00 0.10522E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.67439E-04 0.00000E+00
 11 1 0.25190E+01 0.27830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.15672E-01
 11 2 0.58340E+00 0.80015E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.23825E-04 0.00000E+00
 12 1 0.14311E+01 0.20830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.19946E-01
 12 2 0.35206E+00 0.70955E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00

0.53362E-04 0.00000E+00
 13 1 0.13040E+01 0.77363E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23394E-02
 13 2 0.89236E+00 0.93207E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.82162E-04 0.00000E+00
 14 1 0.11475E+01 0.58910E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27261E-02
 14 2 0.84238E+00 0.22458E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.82971E-04 0.00000E+00
 15 1 0.10951E+01 0.64384E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.30262E-02
 15 2 0.84111E+00 0.22848E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78315E-04 0.00000E+00
 16 1 0.10110E+01 0.59409E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.71036E-01
 16 2 0.17483E+00 0.18099E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.59518E-04 0.00000E+00
 17 1 0.20035E+01 0.31875E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27088E-01
 17 2 0.35393E+00 0.10406E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.31069E-04 0.00000E+00
 18 1 0.18733E+01 0.38904E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.11988E-01
 18 2 0.19342E+00 0.45839E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.21407E-03 0.00000E+00
 19 1 0.14574E+01 0.46392E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49504E-01
 19 2 0.19631E+00 0.16731E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.92274E-04 0.00000E+00
 23 1 0.94356E+00 0.49609E-02 0.32448E-02 0.00000E+00 0.41667E-13
 0.00000E+00 0.28840E-01
 23 2 0.29369E+00 0.71109E-01 0.11642E+00 0.00000E+00 0.15188E-11
 0.26127E-03 0.00000E+00

1.

012

1 1 -1 tubo central ANEL A
 2 2 -1 ANEL B
 3 3 -1 ANEL C
 4 4 -1 ANEL D
 5 5 -1 ANEL E
 6 6 -1 anel F lhomo -1
 7 7 -1 anel e lhomo -1
 8 8 -1 GRAFITAX
 9 9 -1 barras de controle e segurança
 10 10 -1 barra reguladora
 11 11 -1 fonte
 12 12 -1 elementos falsos de grafita
 13 13 -1 zona 1 do refletor radial
 14 14 -1 zona 2 do refletor radial
 15 15 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
 16 16 -1 agua externa ao núcleo
 17 17 -1 terminal pneumático 1
 18 18 -1 disco de sam rio
 19 19 -1 agua embaixo das barras de controle
 23 23 -1 elemento em f24 so queimou 600 MWD/T

999

CITIPC9A.INP

TRIGA IPR
CITATION R-TETA-Z

001

1 1 1 1 1 6
800 990 500 990

003

12 -1 1 -1 0 0 0

100.E-3

004

7 0.62832 2 0.20944 6 0.55851 1 0.06981 2 0.20944 1 0.06981
6 0.61086 5 0.5236 3 0.2618 2 0.20944 12 1.18682 4 0.34907
10 0.97738 2 0.20944 2 0.20944
2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0
10 10. 10 10.16 1 0.13 20 20.0 16 15.6 1 0.13
10 10.16 10 10.

005

16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 9 9 9 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 9 9 9 8 8 8 8 8 9 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 10 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
18 18 18 9 9 9 18 18 18 18 18 9 18 18 18
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
8 8 8 8 10 8 8 8 8 18 8 8 8 8 8
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
3 3 3 3 3 3 3 23 3 3 3 3 3 3 3
4 4 4 19 19 19 4 4 4 4 4 9 4 4 4
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
12 17 12 12 10 12 12 12 12 23 12 12 12 11 12
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16

8 1 0.11836E+01 0.18155E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.16967E-01
 8 2 0.42275E+00 0.61132E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.13962E-03 0.00000E+00
 9 1 0.14339E+01 0.26773E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23047E-01
 9 2 0.27709E+00 0.11686E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.13707E-03 0.00000E+00
 10 1 0.14896E+01 0.26031E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.26159E-01
 10 2 0.24375E+00 0.10522E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.67439E-04 0.00000E+00
 11 1 0.25190E+01 0.27830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.15672E-01
 11 2 0.58340E+00 0.80015E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.23825E-04 0.00000E+00
 12 1 0.14311E+01 0.20830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.19946E-01
 12 2 0.35206E+00 0.70955E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.53362E-04 0.00000E+00
 13 1 0.13040E+01 0.77363E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23394E-02
 13 2 0.89236E+00 0.93207E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.82162E-04 0.00000E+00
 14 1 0.11475E+01 0.58910E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27261E-02
 14 2 0.84238E+00 0.22458E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.82971E-04 0.00000E+00
 15 1 0.10951E+01 0.64384E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.30262E-02
 15 2 0.84111E+00 0.22848E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78315E-04 0.00000E+00
 16 1 0.10110E+01 0.59409E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.71036E-01
 16 2 0.17483E+00 0.18099E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.59518E-04 0.00000E+00
 17 1 0.20035E+01 0.31875E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27088E-01
 17 2 0.35393E+00 0.10406E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.31069E-04 0.00000E+00
 18 1 0.18733E+01 0.38904E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.11988E-01
 18 2 0.19342E+00 0.45839E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.21407E-03 0.00000E+00
 19 1 0.14574E+01 0.46392E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49504E-01
 19 2 0.19631E+00 0.16731E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.92274E-04 0.00000E+00
 20 1 0.14578E+01 0.46408E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49512E-01
 20 2 0.19625E+00 0.16734E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.92052E-04 0.00000E+00
 21 1 0.88483E+00 0.54863E-02 0.34562E-02 0.00000E+00 0.44364E-13
 0.00000E+00 0.36768E-01
 21 2 0.24295E+00 0.79131E-01 0.12539E+00 0.00000E+00 0.16361E-11
 0.25943E-03 0.00000E+00
 23 1 0.94356E+00 0.49609E-02 0.32448E-02 0.00000E+00 0.41667E-13
 0.00000E+00 0.28840E-01
 23 2 0.29369E+00 0.71109E-01 0.11642E+00 0.00000E+00 0.15188E-11
 0.26127E-03 0.00000E+00

1.

012
 1 1 -1 tubo central ANEL A
 2 2 -1 ANEL B
 3 3 -1 ANEL C
 4 4 -1 ANEL D
 5 5 -1 ANEL E
 6 6 -1 anel F lhomo -1
 7 7 -1 anel e lhomo -1
 8 8 -1 GRAFITAX
 9 9 -1 barras de controle e segurança
 10 10 -1 barra reguladora
 11 11 -1 fonte
 12 12 -1 elementos falsos de grafita
 13 13 -1 zona 1 do refletor radial
 14 14 -1 zona 2 do refletor radial
 15 15 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
 16 16 -1 agua externa ao núcleo
 17 17 -1 terminal pneum tico 1
 18 18 -1 disco de sam rio
 19 19 -1 agua embaixo das barras de controle
 20 20 -1 AGUA EM C9
 21 21 -1 elemento de inox
 23 23 -1 elemento em f24 so queimou 600 MWD/T

999

CITIPC9I.INP

TRIGA IPR
 CITATION R-TETA-Z
 001

1 1 1 1 1 6
 800 990 500 990

003
 12 -1 1 -1 0 0 0

100.E-3

004
 7 0.62832 2 0.20944 6 0.55851 1 0.06981 2 0.20944 1 0.06981
 6 0.61086 5 0.5236 3 0.2618 2 0.20944 12 1.18682 4 0.34907
 10 0.97738 2 0.20944 2 0.20944
 2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
 10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0
 10 10. 10 10.16 1 0.13 20 20.0 16 15.6 1 0.13
 10 10.16 10 10.

005
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 9 9 9 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8

16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16

008

2 1 1

1 1 0.12207E+01 0.46460E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.39129E-01
 1 2 0.25536E+00 0.15274E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.95541E-04 0.00000E+00
 2 1 0.94444E+00 0.49483E-02 0.31332E-02 0.00000E+00 0.40204E-13
 0.00000E+00 0.28990E-01
 2 2 0.29275E+00 0.69966E-01 0.11273E+00 0.00000E+00 0.14689E-11
 0.25681E-03 0.00000E+00
 3 1 0.94435E+00 0.49504E-02 0.31486E-02 0.00000E+00 0.40405E-13
 0.00000E+00 0.28974E-01
 3 2 0.29289E+00 0.70164E-01 0.11323E+00 0.00000E+00 0.14756E-11
 0.25755E-03 0.00000E+00
 4 1 0.94425E+00 0.49525E-02 0.31639E-02 0.00000E+00 0.40607E-13
 0.00000E+00 0.28958E-01
 4 2 0.29302E+00 0.70360E-01 0.11372E+00 0.00000E+00 0.14823E-11
 0.25828E-03 0.00000E+00
 7 1 0.94418E+00 0.49542E-02 0.31762E-02 0.00000E+00 0.40768E-13
 0.00000E+00 0.28944E-01
 7 2 0.29313E+00 0.70514E-01 0.11412E+00 0.00000E+00 0.14876E-11
 0.25885E-03 0.00000E+00
 8 1 0.11836E+01 0.18155E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.16967E-01
 8 2 0.42275E+00 0.61132E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.13962E-03 0.00000E+00
 9 1 0.14339E+01 0.26773E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23047E-01
 9 2 0.27709E+00 0.11686E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.13707E-03 0.00000E+00
 10 1 0.14896E+01 0.26031E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.26159E-01
 10 2 0.24375E+00 0.10522E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.67439E-04 0.00000E+00
 11 1 0.25190E+01 0.27830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.15672E-01
 11 2 0.58340E+00 0.80015E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.23825E-04 0.00000E+00
 12 1 0.14311E+01 0.20830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.19946E-01
 12 2 0.35206E+00 0.70955E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.53362E-04 0.00000E+00
 13 1 0.13040E+01 0.77363E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23394E-02
 13 2 0.89236E+00 0.93207E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.82162E-04 0.00000E+00
 14 1 0.11475E+01 0.58910E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27261E-02
 14 2 0.84238E+00 0.22458E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.82971E-04 0.00000E+00
 15 1 0.10951E+01 0.64384E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.30262E-02
 15 2 0.84111E+00 0.22848E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78315E-04 0.00000E+00
 16 1 0.10110E+01 0.59409E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.71036E-01
 16 2 0.17483E+00 0.18099E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00

0.59518E-04 0.00000E+00
 17 1 0.20035E+01 0.31875E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27088E-01
 17 2 0.35393E+00 0.10406E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.31069E-04 0.00000E+00
 18 1 0.18733E+01 0.38904E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.11988E-01
 18 2 0.19342E+00 0.45839E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.21407E-03 0.00000E+00
 19 1 0.14574E+01 0.46392E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49504E-01
 19 2 0.19631E+00 0.16731E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.92274E-04 0.00000E+00
 20 1 0.14578E+01 0.46408E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49512E-01
 20 2 0.19625E+00 0.16734E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.92052E-04 0.00000E+00
 21 1 0.88483E+00 0.54863E-02 0.34562E-02 0.00000E+00 0.44364E-13
 0.00000E+00 0.36768E-01
 21 2 0.24295E+00 0.79131E-01 0.12539E+00 0.00000E+00 0.16361E-11
 0.25943E-03 0.00000E+00
 23 1 0.94356E+00 0.49609E-02 0.32448E-02 0.00000E+00 0.41667E-13
 0.00000E+00 0.28840E-01
 23 2 0.29369E+00 0.71109E-01 0.11642E+00 0.00000E+00 0.15188E-11
 0.26127E-03 0.00000E+00

1.

012

- 1 1 -1 tubo central ANEL A
- 2 2 -1 ANEL B
- 3 3 -1 ANEL C
- 4 4 -1 ANEL D
- 5 5 -1 ANEL E
- 6 6 -1 anel F lhomo -1
- 7 7 -1 anel e lhomo -1
- 8 8 -1 GRAFITAX
- 9 9 -1 barras de controle e segurança
- 10 10 -1 barra reguladora
- 11 11 -1 fonte
- 12 12 -1 elementos falsos de grafita
- 13 13 -1 zona 1 do refletor radial
- 14 14 -1 zona 2 do refletor radial
- 15 15 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
- 16 16 -1 agua externa ao núcleo
- 17 17 -1 terminal pneumático 1
- 18 18 -1 disco de sam rio
- 19 19 -1 agua embaixo das barras de controle
- 20 20 -1 AGUA EM C9
- 21 21 -1 elemento de inox
- 23 23 -1 elemento em f24 so queimou 600 MWD/T

999

SEG5.INP

TRIGA IPR
 CITATION R-TETA-Z
 001

1 1 1 1 1 6
 800 990 500 990

003

12 -1 1 -1 0 0 0

100.E-3

004

7 0.62832 2 0.20944 6 0.55851 1 0.06981 2 0.20944 1 0.06981
14 1.39626 2 0.20944 12 1.18682 4 0.34907 10 0.97738 2 0.20944
2 0.20944
2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0
10 10. 10 10.16 1 0.13 20 20.0 16 15.6 1 0.13
10 10.16 10 10.

005

16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 9 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 10 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 16 16 16 8 8 8 9 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8 10 8 8 8 8 8 8 8 8
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
18 18 18 19 19 19 18 18 18 9 18 18 18
18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18
8 8 8 8 10 8 8 18 8 8 8 8 8
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
4 4 4 9 9 9 4 4 4 19 4 4 4
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
12 17 12 12 19 12 12 23 12 12 12 11 12
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14
15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
4 4 4 9 9 9 4 4 4 19 4 4 4
7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
12 17 12 12 19 12 12 23 12 12 12 11 12
13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13 13
14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14

10 1 0.14896E+01 0.26031E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.26159E-01
10 2 0.24375E+00 0.10522E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.67439E-04 0.00000E+00
11 1 0.25190E+01 0.27830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.15672E-01
11 2 0.58340E+00 0.80015E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.23825E-04 0.00000E+00
12 1 0.14311E+01 0.20830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.19946E-01
12 2 0.35206E+00 0.70955E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.53362E-04 0.00000E+00
13 1 0.13040E+01 0.77363E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.23394E-02
13 2 0.89236E+00 0.93207E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.82162E-04 0.00000E+00
14 1 0.11475E+01 0.58910E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.27261E-02
14 2 0.84238E+00 0.22458E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.82971E-04 0.00000E+00
15 1 0.10951E+01 0.64384E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.30262E-02
15 2 0.84111E+00 0.22848E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.78315E-04 0.00000E+00
16 1 0.10110E+01 0.59409E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.71036E-01
16 2 0.17483E+00 0.18099E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.59518E-04 0.00000E+00
17 1 0.20035E+01 0.31875E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.27088E-01
17 2 0.35393E+00 0.10406E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.31069E-04 0.00000E+00
18 1 0.18733E+01 0.38904E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.11988E-01
18 2 0.19342E+00 0.45839E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.21407E-03 0.00000E+00
19 1 0.14574E+01 0.46392E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 0.49504E-01
19 2 0.19631E+00 0.16731E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.92274E-04 0.00000E+00
23 1 0.94356E+00 0.49609E-02 0.32448E-02 0.00000E+00 0.41667E-13
0.00000E+00 0.28840E-01
23 2 0.29369E+00 0.71109E-01 0.11642E+00 0.00000E+00 0.15188E-11
0.26127E-03 0.00000E+00

1.

012

- 1 1 -1 tubo central ANEL A
- 2 2 -1 ANEL B
- 3 3 -1 ANEL C
- 4 4 -1 ANEL D
- 5 5 -1 ANEL E
- 6 6 -1 anel F lhomo -1
- 7 7 -1 anel e lhomo -1
- 8 8 -1 GRAFITAX
- 9 9 -1 barras de controle e segurança
- 10 10 -1 barra reguladora
- 11 11 -1 fonte
- 12 12 -1 elementos falsos de grafita
- 13 13 -1 zona 1 do refletor radial
- 14 14 -1 zona 2 do refletor radial
- 15 15 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL

- 16 16 -1 agua externa ao núcleo
- 17 17 -1 terminal pneum tico 1
- 18 18 -1 disco de sam rio
- 19 19 -1 agua embaixo das barras de controle
- 23 23 -1 elemento em f24 so queimou 600 MWD/T

999

CITIPR83.INP

TRIGA IPR
CITATION R-TETA-Z
001

```

      1      1      6
1 1      1 1 1
800      990 500 990

```

```

003
      12      -1 1 -1 0 0 0

```

250.E-3

```

004
4 0.41888 2 0.20944 2 0.20944 2 0.20944 3 0.2618 1 0.08727
1 0.04363 1 0.02618 2 0.20944 1 0.02618 1 0.04363 1 0.08727
3 0.2618 4 0.41888 2 0.20944 4 0.41888 4 0.41888 2 0.20944
4 0.41888 3 0.2618 1 0.08727 1 0.06981 2 0.20944 1 0.06981
1 0.08727 9 0.89011 2 0.20944 2 0.20944
2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0
10 10. 10 10.16 1 0.13 20 20.0 16 15.6 1 0.13
10 10.16 10 10.

```

```

005
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16
16 16 16 16 16 9 9 9 9 9 9 9 16 16 16 16 16 16 16 16 9 9 9 9
9 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 10 10 10 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16
16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16 16
16 16 16 16
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8
8 8 8 8 8 9 9 9 9 9 9 9 8 8 8 8 8 8 8 8 9 9 9 9
9 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
8 8 8 8
8 8 8 8 8 8 8 10 10 10 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8

```


16 16 16 16
 16
 16 16 16 16
 16
 16 16 16 16
 16
 16 16 16 16
 008
 2 1 1
 1 1 0.12207E+01 0.46460E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.39129E-01
 1 2 0.25536E+00 0.15274E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.95541E-04 0.00000E+00
 2 1 0.94444E+00 0.49483E-02 0.31332E-02 0.00000E+00 0.40204E-13
 0.00000E+00 0.28990E-01
 2 2 0.29275E+00 0.69966E-01 0.11273E+00 0.00000E+00 0.14689E-11
 0.25681E-03 0.00000E+00
 3 1 0.94435E+00 0.49504E-02 0.31486E-02 0.00000E+00 0.40405E-13
 0.00000E+00 0.28974E-01
 3 2 0.29289E+00 0.70164E-01 0.11323E+00 0.00000E+00 0.14756E-11
 0.25755E-03 0.00000E+00
 4 1 0.94425E+00 0.49525E-02 0.31639E-02 0.00000E+00 0.40607E-13
 0.00000E+00 0.28958E-01
 4 2 0.29302E+00 0.70360E-01 0.11372E+00 0.00000E+00 0.14823E-11
 0.25828E-03 0.00000E+00
 7 1 0.94418E+00 0.49542E-02 0.31762E-02 0.00000E+00 0.40768E-13
 0.00000E+00 0.28944E-01
 7 2 0.29313E+00 0.70514E-01 0.11412E+00 0.00000E+00 0.14876E-11
 0.25885E-03 0.00000E+00
 8 1 0.11836E+01 0.18155E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.16967E-01
 8 2 0.42275E+00 0.61132E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.13962E-03 0.00000E+00
 9 1 0.14339E+01 0.26773E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23047E-01
 9 2 0.27709E+00 0.11686E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.13707E-03 0.00000E+00
 10 1 0.14896E+01 0.26031E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.26159E-01
 10 2 0.24375E+00 0.10522E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.67439E-04 0.00000E+00
 11 1 0.25190E+01 0.27830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.15672E-01
 11 2 0.58340E+00 0.80015E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.23825E-04 0.00000E+00
 12 1 0.14311E+01 0.20830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.19946E-01
 12 2 0.35206E+00 0.70955E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.53362E-04 0.00000E+00
 13 1 0.13040E+01 0.77363E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23394E-02
 13 2 0.89236E+00 0.93207E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.82162E-04 0.00000E+00
 14 1 0.11475E+01 0.58910E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27261E-02
 14 2 0.84238E+00 0.22458E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.82971E-04 0.00000E+00
 15 1 0.10951E+01 0.64384E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.30262E-02
 15 2 0.84111E+00 0.22848E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78315E-04 0.00000E+00
 16 1 0.10110E+01 0.59409E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00

0.00000E+00 0.71036E-01
 16 2 0.17483E+00 0.18099E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.59518E-04 0.00000E+00
 17 1 0.20035E+01 0.31875E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27088E-01
 17 2 0.35393E+00 0.10406E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.31069E-04 0.00000E+00
 18 1 0.18733E+01 0.38904E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.11988E-01
 18 2 0.19342E+00 0.45839E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.21407E-03 0.00000E+00
 19 1 0.14574E+01 0.46392E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49504E-01
 19 2 0.19631E+00 0.16731E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.92274E-04 0.00000E+00
 21 1 0.88483E+00 0.54863E-02 0.34562E-02 0.00000E+00 0.44364E-13
 0.00000E+00 0.36768E-01
 21 2 0.24295E+00 0.79131E-01 0.12539E+00 0.00000E+00 0.16361E-11
 0.25943E-03 0.00000E+00
 23 1 0.94356E+00 0.49609E-02 0.32448E-02 0.00000E+00 0.41667E-13
 0.00000E+00 0.28840E-01
 23 2 0.29369E+00 0.71109E-01 0.11642E+00 0.00000E+00 0.15188E-11
 0.26127E-03 0.00000E+00

1.
 012

- 1 1 -1 tubo central ANEL A
- 2 2 -1 ANEL B
- 3 3 -1 ANEL C
- 4 4 -1 ANEL D
- 5 5 -1 ANEL E
- 6 6 -1 anel F lhomo -1
- 7 7 -1 anel e lhomo -1
- 8 8 -1 GRAFITAX
- 9 9 -1 barras de controle e segurança
- 10 10 -1 barra reguladora
- 11 11 -1 fonte
- 12 12 -1 elementos falsos de grafita
- 13 13 -1 zona 1 do refletor radial
- 14 14 -1 zona 2 do refletor radial
- 15 15 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
- 16 16 -1 agua externa ao núcleo
- 17 17 -1 terminal pneumático 1
- 18 18 -1 disco de sam rio
- 19 19 -1 agua embaixo das barras de controle
- 21 21 -1 elemento de inox com queima zero
- 23 23 -1 elemento em f24 so queimou 600 MWDT

999

CITPR832.INP

TRIGA IPR
 CITATION R-TETA-Z
 001

1 1 1 1 1 1 4
 800 990 500 990

003
 8 -1 1 -1 0

7.02247E-3

004

4 0.41888 2 0.20944 2 0.20944 2 0.20944 3 0.2618 1 0.08727
 1 0.04363 1 0.02618 2 0.20944 1 0.02618 1 0.04363 1 0.08727
 3 0.2618 4 0.41888 2 0.20944 4 0.41888 4 0.41888 2 0.20944
 4 0.41888 3 0.2618 1 0.08727 1 0.06981 2 0.20944 1 0.06981
 1 0.08727 9 0.89011 2 0.20944 2 0.20944
 2 2.027 4 3.9905 4 3.9420 4 3.9675 4 3.975 5 4.158
 10 10.61 10 10.61 10 10.61 10 10.0

005

1
 1 1 1 1
 21 21 21 21 2 2 2 2 2 2 2 2 2 21 21 21 21 21 21 2 2 2 2 2
 2 2 2 2
 3 3 3 3 3 19 19 19 19 19 19 19 3 3 3 3 3 3 3 3 19 19 19
 19 3 3 3
 4 4 4 4 4 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 3 3 3
 4 4 4 4
 7 7 7 7 7 7 19 19 19 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
 7 7 7 7
 12 2 17 12 12 12 12 12 7 12 12 12 12 12 23 12 12 2 12 12 12 12 2 12
 12 12 11 12
 13
 13 13 13 13
 14
 14 14 14 14
 15
 15 15 15 15
 16
 16 16 16 16

008

2 1 1
 1 1 0.12207E+01 0.46460E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.39129E-01
 1 2 0.25536E+00 0.15274E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.95541E-04 0.00000E+00
 2 1 0.94444E+00 0.49483E-02 0.31332E-02 0.00000E+00 0.40204E-13
 0.00000E+00 0.28990E-01
 2 2 0.29275E+00 0.69966E-01 0.11273E+00 0.00000E+00 0.14689E-11
 0.25681E-03 0.00000E+00
 3 1 0.94435E+00 0.49504E-02 0.31486E-02 0.00000E+00 0.40405E-13
 0.00000E+00 0.28974E-01
 3 2 0.29289E+00 0.70164E-01 0.11323E+00 0.00000E+00 0.14756E-11
 0.25755E-03 0.00000E+00
 4 1 0.94425E+00 0.49525E-02 0.31639E-02 0.00000E+00 0.40607E-13
 0.00000E+00 0.28958E-01
 4 2 0.29302E+00 0.70360E-01 0.11372E+00 0.00000E+00 0.14823E-11
 0.25828E-03 0.00000E+00
 7 1 0.94418E+00 0.49542E-02 0.31762E-02 0.00000E+00 0.40768E-13
 0.00000E+00 0.28944E-01
 7 2 0.29313E+00 0.70514E-01 0.11412E+00 0.00000E+00 0.14876E-11
 0.25885E-03 0.00000E+00
 8 1 0.11836E+01 0.18155E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.16967E-01
 8 2 0.42275E+00 0.61132E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.13962E-03 0.00000E+00
 9 1 0.14339E+01 0.26773E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23047E-01
 9 2 0.27709E+00 0.11686E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.13707E-03 0.00000E+00
 10 1 0.14896E+01 0.26031E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00

0.00000E+00 0.26159E-01
 10 2 0.24375E+00 0.10522E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.67439E-04 0.00000E+00
 11 1 0.25190E+01 0.27830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.15672E-01
 11 2 0.58340E+00 0.80015E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.23825E-04 0.00000E+00
 12 1 0.14311E+01 0.20830E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.19946E-01
 12 2 0.35206E+00 0.70955E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.53362E-04 0.00000E+00
 13 1 0.13040E+01 0.77363E-04 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.23394E-02
 13 2 0.89236E+00 0.93207E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.82162E-04 0.00000E+00
 14 1 0.11475E+01 0.58910E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27261E-02
 14 2 0.84238E+00 0.22458E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.82971E-04 0.00000E+00
 15 1 0.10951E+01 0.64384E-05 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.30262E-02
 15 2 0.84111E+00 0.22848E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.78315E-04 0.00000E+00
 16 1 0.10110E+01 0.59409E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.71036E-01
 16 2 0.17483E+00 0.18099E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.59518E-04 0.00000E+00
 17 1 0.20035E+01 0.31875E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.27088E-01
 17 2 0.35393E+00 0.10406E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.31069E-04 0.00000E+00
 18 1 0.18733E+01 0.38904E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.11988E-01
 18 2 0.19342E+00 0.45839E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.21407E-03 0.00000E+00
 19 1 0.14574E+01 0.46392E-03 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.00000E+00 0.49504E-01
 19 2 0.19631E+00 0.16731E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 0.92274E-04 0.00000E+00
 21 1 0.88483E+00 0.54863E-02 0.34562E-02 0.00000E+00 0.44364E-13
 0.00000E+00 0.36768E-01
 21 2 0.24295E+00 0.79131E-01 0.12539E+00 0.00000E+00 0.16361E-11
 0.25943E-03 0.00000E+00
 23 1 0.94356E+00 0.49609E-02 0.32448E-02 0.00000E+00 0.41667E-13
 0.00000E+00 0.28840E-01
 23 2 0.29369E+00 0.71109E-01 0.11642E+00 0.00000E+00 0.15188E-11
 0.26127E-03 0.00000E+00

1.

012

- 1 1 -1 tubo central ANEL A
- 2 2 -1 ANEL B
- 3 3 -1 ANEL C
- 4 4 -1 ANEL D
- 5 5 -1 ANEL E
- 6 6 -1 anel F lhomo -1
- 7 7 -1 anel e lhomo -1
- 8 8 -1 GRAFITAX
- 9 9 -1 barras de controle e segurança
- 10 10 -1 barra reguladora
- 11 11 -1 fonte
- 12 12 -1 elementos falsos de grafita

13 13 -1 zona 1 do refletor radial
14 14 -1 zona 2 do refletor radial
15 15 -1 ZONA 3 DO REFLETOR RADIAL
16 16 -1 agua externa ao núcleo
17 17 -1 terminal pneum tico 1
18 18 -1 disco de sam rio
19 19 -1 agua embaixo das barras de controle
21 21 -1 elemento de inox com queima zero
23 23 -1 elemento em f24 so queimou 600 MWD/T

024

1 3.743E-3

999

ANEXO 4 – MEDIDAS ADICIONAIS NECESSÁRIAS PARA VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA DE CÁLCULO NEUTRÔNICO DO REATOR IPR-R1

Este anexo foi incluído no corpo da dissertação atendendo a uma exigência da comissão de examinadores.

Neste anexo consta um resumo da referência [56] na qual são propostos alguns experimentos a serem realizados no IPR – R1. Esses experimentos após realizados tornaram disponíveis um maior número de dados experimentais que permitiram aumentar a precisão dos cálculos neutrônicos para o IPR – R1.

INTRODUÇÃO

Esse trabalho propõe alguns experimentos a serem realizados no reator IPR – R1 a fim de dar suporte à validação da metodologia de cálculo neutrônico do reator. Esses experimentos são importantes para ajustar o valor do fator de multiplicação de nêutrons efetivo da metodologia de cálculo e os erros associados ao cálculo de cada variável. Outro ponto refere-se à determinação da taxa máxima de inserção de reatividade pelas barras de controle. Sobre esta variável existem dúvidas sobre o valor real aplicável ao IPR – R1. Esses experimentos irão disponibilizar um maior número de dados experimentais, os quais, permitirão incrementar a precisão e a confiabilidade dos cálculos neutrônicos para o IPR – R1.

EXPERIMENTOS PROPOSTOS

Propõe-se a realização de medidas para as cinco configurações de núcleo mostradas nas figuras 1, 2, 3, 4 e 5. A configuração I é a atual do IPR – R1, a II é obtida substituindo o elemento combustível da posição F24 por um de grafita e a configuração III substituindo os elementos das posições F24 e E19. Os elementos combustíveis das posições E1 e E13 vão para as posições F25 e F23, sendo as anteriores ocupadas por grafita para formar a configuração IV. Na configuração V os elementos de E1 e E13 vão para as posições F11 e F21, respectivamente, e o de F24 vai para F26. Os experimentos, a serem feitos pelos técnicos da Supervisão de Reator e Radioanálise, devem ser realizados após um período longo de desligamento do reator a fim de minimizar os efeitos do envenenamento por Xe-135 sobre as medidas, que são as seguintes:

- Excesso de Reatividade em cada uma das cinco configurações.
- Valor integral da reatividade das barras de controle, segurança e regulação, para as cinco configurações.
- Obtenção das curvas de valor das barras de controle e segurança para as cinco configurações.
- Tempo total de retirada de cada uma das três barras.
- Percurso de cada uma das três barras (quantos centímetros correspondem à variação da posição inferior - 151, 161 ou 181 dependendo da barra - até a posição superior - 900).
- A queima atual do núcleo, em MWh.

Anexo 4 – Medidas Adicionais Necessárias para Validação da Metodologia de Cálculo Neutrônico do Reator IPR – R1.

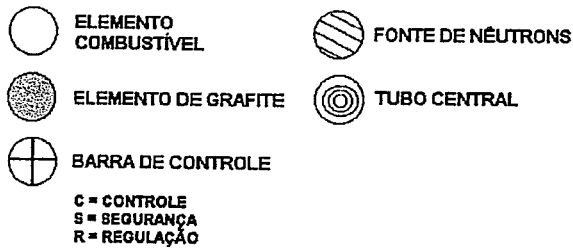
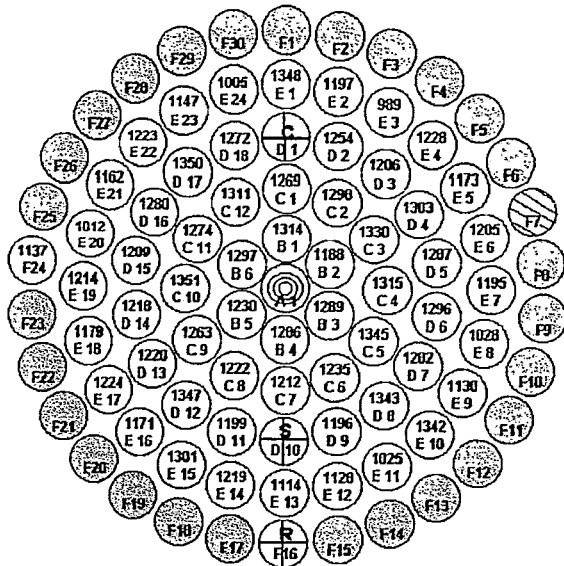


Figura 1 – Configuração I

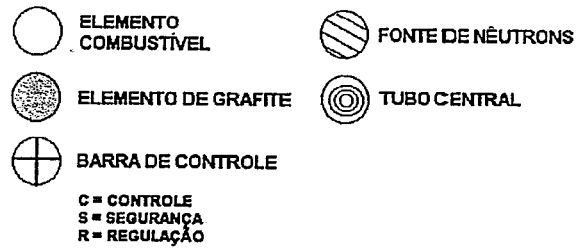
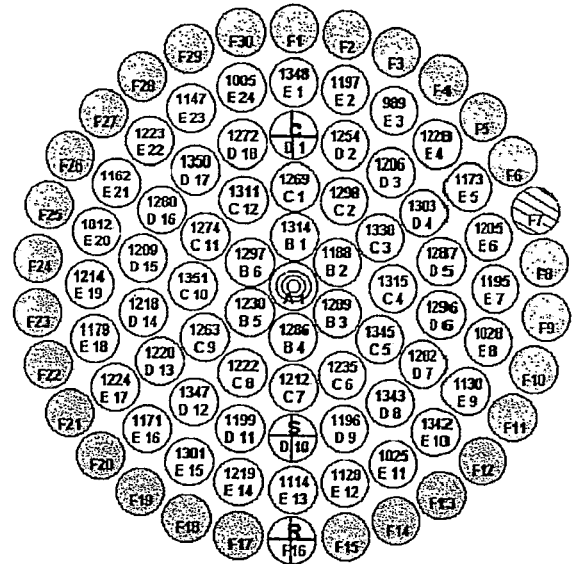


Figura 2 – Configuração II

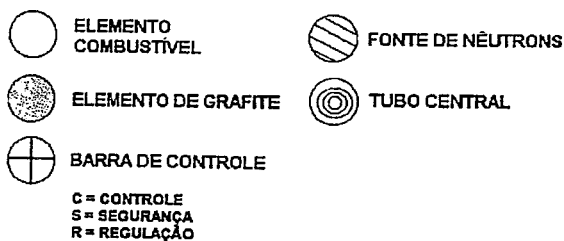
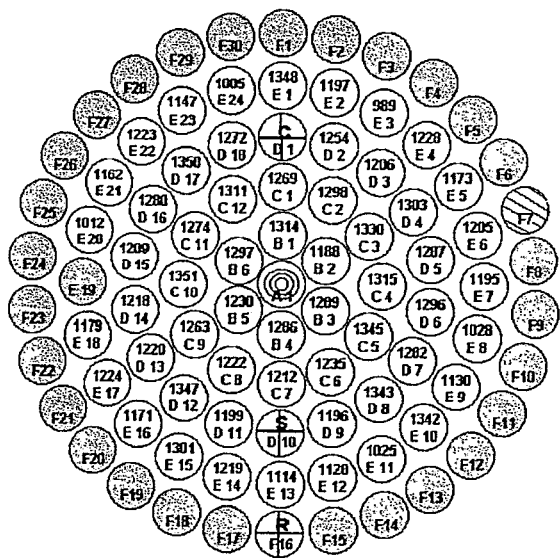


Figura 3 – Configuração III

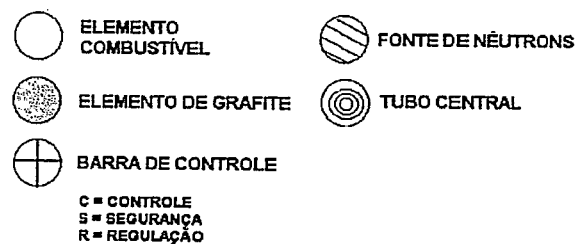
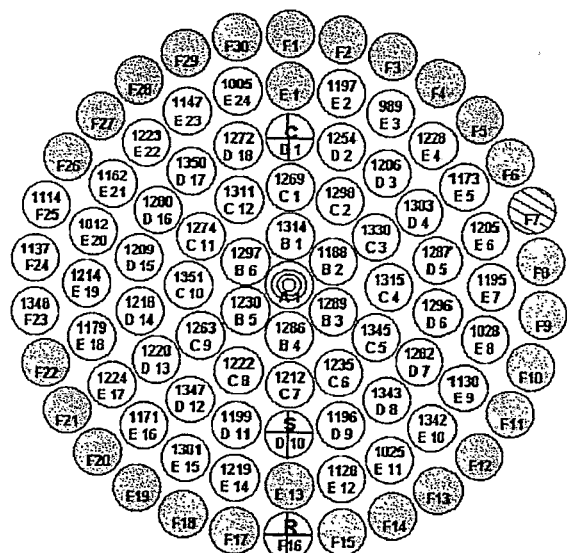


Figura 4 – Configuração IV

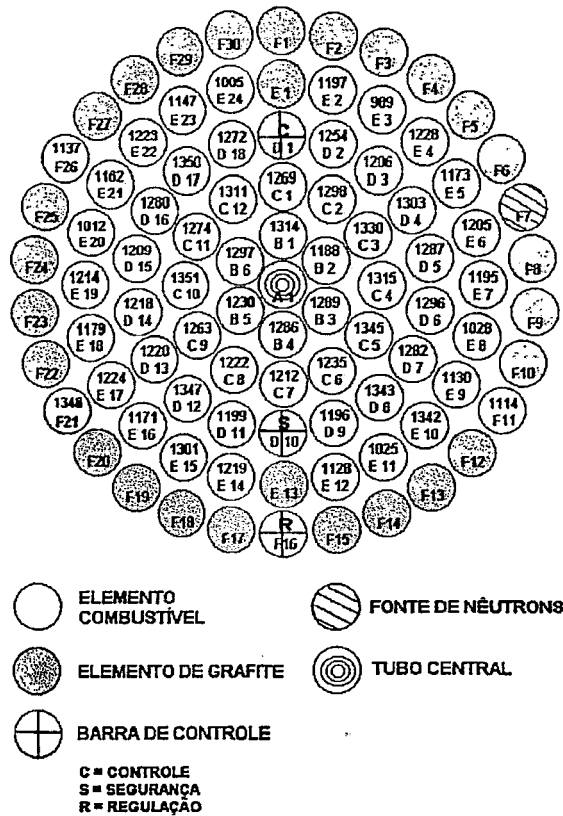


Figura 5 – Configuração V

TAXA DE INSERÇÃO DE REATIVIDADE

A partir das medidas do percurso, do tempo de retirada e das curvas de calibração das barras de controle e segurança, será possível determinar o valor real da taxa de inserção de reatividade destas barras no IPR – R1. Uma vez obtido esse dado experimental, cálculos neutrônicos podem ser efetuados a fim de obter as curvas teóricas destas barras e conseqüentemente, a taxa de inserção teórica. A comparação com os valores experimentais permitirá a validação da metodologia de cálculo para essa variável.

As publicações do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear estão disponíveis para permuta na Biblioteca, CDTN - Caixa Postal 941 - CEP 30123-970 - Belo Horizonte - MG - Brasil.
Publications of the Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear are available, on an exchange basis, from the Library, CDTN - Caixa Postal 941 - CEP 30123-970 - Belo Horizonte - MG - Brazil
Tel. (55) (0XX31) 3499-3336 - Fax: (55) (0XX31) 3499-3169