



# I Congresso Geral de Energia Nuclear

Rio de Janeiro, 17 a 20 de Março de 1966

## ANAIS - PROCEEDINGS

### APLICAÇÃO DE UM PROGRAMA DE CONTROLE DA QUALIDADE NO DESENVOLVIMENTO DE ELEMENTOS COMBUSTÍVEIS PARA REATORES DE PESQUISA

P.I. Ferreira

Divisão de Ensaios e Controle da Qualidade-Departamento de Metalurgia Nuclear  
IPEN/CNEN-SP

#### Sumário

O desenvolvimento de elementos combustíveis para o reator de pesquisas IEAR-1 vem sendo perseguido no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares-(IPEN/CNEN-SP) - há já alguns anos. Os trabalhos envolvem o desenvolvimento de briquetes de  $U_3O_8$ -Al, a laminação do briquete pela técnica de moldura para a obtenção de placas combustíveis, a confecção de componentes e a montagem final do elemento combustível, com a participação de várias equipes do Departamento de Metalurgia Nuclear desta Instituição.

Os protótipos são produzidos de modo a atender as rígidas especificações de qualidade. Estas especificações cobrem vários aspectos tais como as propriedades mecânicas, metalúrgicas e cerâmicas dos materiais utilizados, assim como ensaios não destrutivos e exigências dimensionais e visuais dos diversos componentes. Neste contexto, uma extensiva especificação dos materiais dos componentes utilizados foi compilada e é periodicamente reanalisada e revisada.

Um amplo programa de controle da qualidade foi planejado e vem sendo colocado em prática concomitantemente ao desenvolvimento do combustível. Na elaboração dos procedimentos dos ensaios de caracterização, uma atenção especial foi dada ao levantamento e armazenamento sistemático de dados que possam ser utilizados na análise do comportamento do combustível sob irradiação.

No presente trabalho são apresentados os diversos procedimentos, utilizados na implantação do sistema de controle da qualidade dos elementos combustíveis para o reator IEAR-1

#### Abstract

The development of nuclear fuel elements for the IEAR-1 research reactor is a task that is being pursued by IPEN/CNEN-SP for several years.

The studies included the development of  $U_3O_8$ -Al Nuclear cermets, rolling of  $U_3O_8$ -Al briquets using the picture frame technique for the obtention of Nuclear fuel plates as well as the fabrication of components and the final assembling of the fuel elements.

The prototypes are made to conform to stringent quality controll specifications. These specifications cover various aspects such as the metallurgical, ceramical, and mechanical properties of the materials involved as well as non-destructive tests and dimensional and visual requirements of the various components.

In this context, an extensive specification of the materials and components used have been compiled and are periodically reviewed and revised. An extensive quality controll program was planned and is being tested in practive simultaneously to the fuel element development.

During the elaboration of the procedures for the characterization tests, special attention has been devoted to the storage of data that could be used for the analysis of the irradiationbehavior of the fuel element. This paper reviews the various procedures used during implementation of the system required for the quality controll of the nuclear fuel elements for the IEAR-1 Nuclear reactor.

## 1. Introdução

A implementação de um sistema de garantia da qualidade de elementos combustíveis para reatores nucleares é uma tarefa que exige ampla experiência quando são consideradas todas as etapas de fabricação que envolvem: o projeto, a aquisição de materiais e equipamentos, a capacitação, de pessoal o domínio de processos de produção, o controle de qualidade e o teste em serviço.

Alternativamente, durante o período de desenvolvimento de um determinado produto, é possível se planejar uma implementação progressiva de um sistema de garantia da qualidade, desde que as ações necessárias sejam planejadas desde o início e existam condições favoráveis para o teste em serviço. No caso de reatores de pesquisa estas condições são razoáveis já que os combustíveis são bem conhecidos e podem ser introduzidos ou retirados sem a necessidade de uma interrupção total do funcionamento do reator.

No IPEN-CVEN/SP esta implantação progressiva vem sendo feita durante o desenvolvimento de um protótipo do elemento combustível para o reator IEA-R1.

Neste trabalho são brevemente descritas as diversas etapas percorridas na elaboração de um sistema de controle de qualidade apropriado à futura garantia de qualidade do elemento combustível.

## 2. Planejamento do Controle da Qualidade

O elemento combustível do reator IEA-R1 é constituído basicamente de dezoito placas combustíveis. As placas combustíveis são fixadas em duas placas laterais por meio de cravamento e o conjunto é, em seguida, fixada ao bocal. O material combustível na forma de pó de óxido de urânio ( $U_3O_8$ ) é misturado ao pó de alumínio na proporção de 55% em peso de  $U_3O_8$  e 45% em peso de Al. Após uma homogeneização a mistura é compactada, por prensagem, na forma de um briquete. O briquete preparado é laminado a quente pela técnica de moldura (1,2) obtendo-se então uma placa combustível contendo como núcleo um cermet  $U_3O_8 - Al$ . Na figura 1 é apresentado um diagrama representando as diversas etapas envolvidas na obtenção do elemento combustível.

De posse do projeto de fabricação, isto é, já especificados as matérias primas, os diversos produtos intermediários e o processo de fabricação nos seus variados detalhes, procurou-se identificar as etapas críticas de fabricação (que poderiam influenciar os passos seguintes) e estabeleceu-se um programa de ensaios em cada um destes pontos. Tais pontos críticos estão representados por círculos no diagrama da figura 1. Em seguida a identificação das análises exigidas, foram levantadas as necessidades de pessoal e equipamento. Para cada ponto crítico foi sistematizada uma documentação para os ensaios programados e elaborado

um manual de controle de qualidade (Revisão Zero). Na tabela I são apresentados os ensaios previstos para cada etapa.

### 3. Experiência Adquirida

A experiência adquirida depois de 2 anos intensivos de trabalho de mostrou que é possível por meio de um desenvolvimento progressivo ir cumprindo os requisitos de um sistema de controle da qualidade previamente planejado. Durante a implantação uma interação contínua entre as diversas equipes envolvidas na fabricação e controle permitiu o aprimoramento dos processos de fabricação e controle levando a várias revisões do manual inicialmente elaborado e desenvolvimento de equipamentos (3).

### 4. Conclusões

A implantação de um sistema de controle da qualidade para a fabricação de elementos combustíveis para reatores nucleares de pesquisa pode se realizar a partir de um planejamento global e uma gradativa dos recursos humanos e de infraestrutura.

#### Referências:

- 1) M. M. Martin, W. I. Werner, C.F. Leitten, Jr. " Fabrication of Aluminum Base Irradiation Test Plates " ORNL - TM 1377 (1966).
- 2) G. M. Adamson Jr. e Jr. Mcwherter - " Specifications for high flux isotope reactor fuel elements" - ORNL - TM 902 (1964)
- 3) S. Koshimizu et. alli. - Anais do VI CBECTMAT, PUC/RJ-1934-pp 295-297.

TABELA I - ENSAIOS PROGRAMADOS PARA O CONTROLE DA QUALIDADE

ETAPA	OBJETIVO	TÉCNICA
Pó de $U_3O_8$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- teor de impurezas</li> <li>- análise isotópica</li> <li>- teor de umidade</li> <li>- composição química</li> <li>- densidade</li> <li>- Superfície específica</li> <li>- oxidação</li> <li>- granulometria</li> </ul>	<p>análise espectrográfica espectrômetro de massa culometria Via úmida imersão</p> <p>BET análise termogravimétrica peneiramento</p>
Pó de Alumínio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- composição química</li> <li>- impurezas</li> <li>- granulometria</li> <li>- gases</li> </ul>	<p>Via úmida análise espectrográfica peneiramento extração a quente</p>
Alumínio para Moldura e re- vestimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- análise química</li> <li>- propriedades mecânicas</li> <li>- tamanho de grão e inclusões</li> <li>- presença de gases oclusos</li> </ul>	<p>Via úmida ensaio de tração e dureza metalografia empolamento</p>
Briquete $U_3O_8$ - Al	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensões</li> <li>- densidade</li> <li>- defeitos superficiais</li> </ul>	<p>Metrologia medida da massa e volume inspeção visual</p>
Placa Combustível	<ul style="list-style-type: none"> <li>- presença de falhas de caldeamento</li> <li>- dimensões externas</li> <li>- massa</li> <li>- dimensões internas</li> <li>- homogeneidade de Urânio</li> <li>- espessura do revestimento</li> <li>- estrutura interna</li> <li>- defeitos superficiais</li> </ul>	<p>empolamento metrologia pesagem radiografia radiografia retroespalhamento bet. análise metalográfica análise visual</p>
Placa lateral bocal e pino	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dimensões</li> </ul>	<p>metrologia</p>
fixação placa combustível à placa lateral	<ul style="list-style-type: none"> <li>- resistência</li> </ul>	<p>ensaio de arrancamento</p>
elemento combustível	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dimensões</li> <li>- defeitos superficiais</li> </ul>	<p>metrologia análise visual</p>

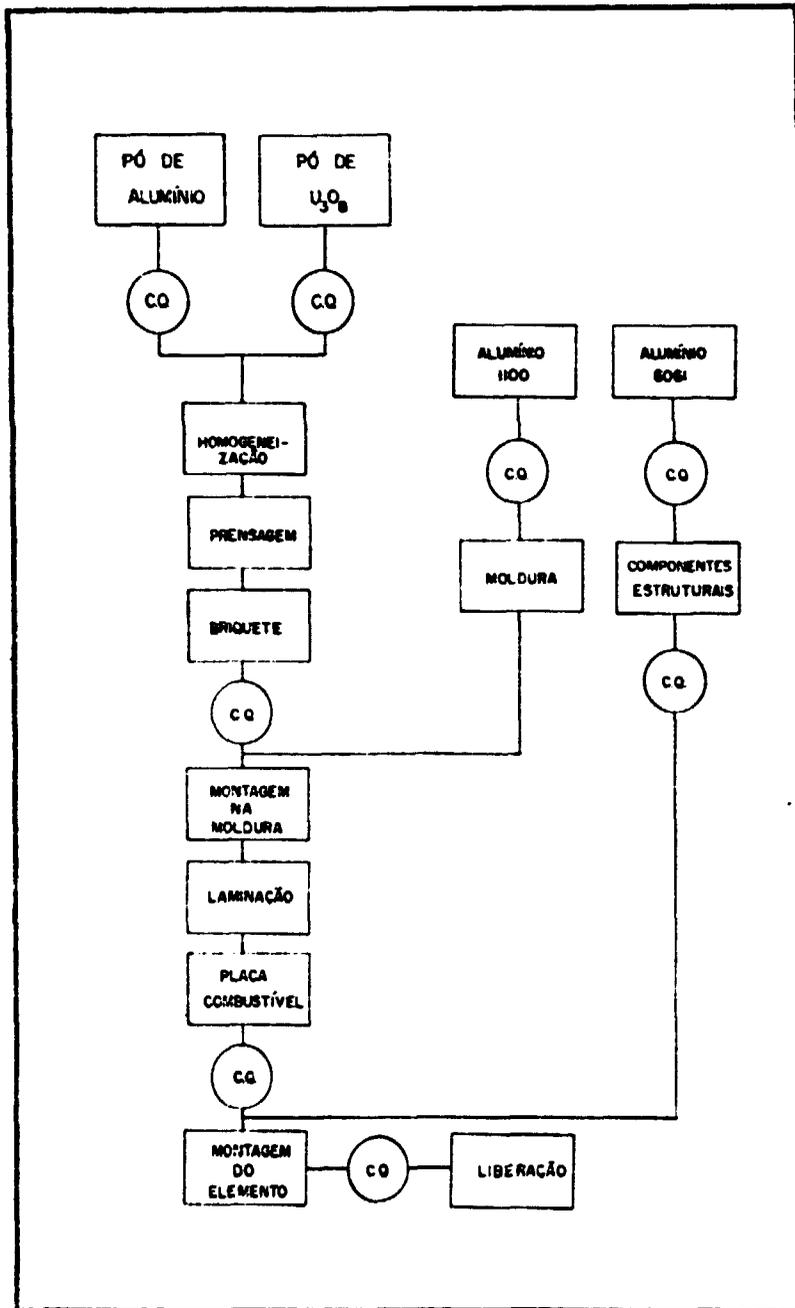


Figura 1 - Representação esquemática do processo de produção de placas combustíveis (CQ - Controle da Qualidade)