

**ORGANIZAÇÃO E REALIZAÇÕES DA DIVISÃO DE  
METALÚRGIA NUCLEAR DO INSTITUTO DE  
ENERGIA ATÔMICA**

*THARCISIO D. DE SOUZA SANTOS, RICHARD M. BIDWELL,  
HELITON M. HAYDT, CLAUER TRENCH DE FREITAS,  
PAULO SÉRGIO C. PEREIRA DA SILVA*

**Publicação IEA — N.º 62**  
Setembro — 1963

**INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA**  
Caixa Postal 11049 (Pinheiros)  
CIDADE UNIVERSITÁRIA "ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA"  
SÃO PAULO — BRASIL

ORGANIZAÇÃO E REALIZAÇÕES DA DIVISÃO DE METALURGIA NUCLEAR DO  
INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

por

Tharcisio D. de Souza Santos  
Richard M. Bidwell  
Heliton M. Haydt  
Clauer Trench de Freitas  
Paulo Sérgio C. Pereira da Silva

DIVISÃO DE METALURGIA NUCLEAR  
INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA  
São Paulo - Brasil

Publicação IEA Nº 62

Setembro 1963

---

Separata de A.B.M. - Boletim da Associação Brasileira de  
Metais - Nº 77, Vol. 19

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS

ORGANIZAÇÃO E REALIZAÇÕES DA DIVISÃO  
DE METALURGIA NUCLEAR DO INSTITUTO  
DE ENERGIA ATÔMICA

*por*

THARCISIO D. DE SOUZA SANTOS  
RICHARD M. BIDWELL  
HELITON M. HAYDT  
CLAUER TRENCH DE FREITAS  
PAULO SÉRGIO C. PEREIRA DA SILVA



Separata do A B M  
BOLETIM DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS  
N.º 77 — Vol. 19

1963  
SÃO PAULO — BRASIL

# ORGANIZAÇÃO E REALIZAÇÕES DA DIVISÃO DE METALURGIA NUCLEAR DO INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA <sup>(1)</sup>

THARCISIO D. DE SOUZA SANTOS <sup>(2)</sup>

RICHARD M. BIDWELL <sup>(3)</sup>

HELITON M. HAYDT <sup>(4)</sup>

CLAUER TRENCH DE FREITAS <sup>(5)</sup>

PAULO SÉRGIO C. PEREIRA DA SILVA <sup>(6)</sup>

## RESUMO

*Tendo em vista o relevante papel que deve caber à energia nuclear como meio de reduzir o "deficit" energético do Brasil, particularmente em algumas de suas regiões, a implantação e o desenvolvimento das atividades tecnológicas de metalurgia nuclear deverão ter importantes conseqüências em futuro próximo.*

*Nesta contribuição examinam-se os objetivos visados pela Divisão de Metalurgia Nuclear do Instituto de Energia Atômica, descrevendo sua organização e a evolução prevista para, por fim, mencionar concisamente as principais realizações, não só as decorrentes de sua constituição, em janeiro de 1962, como as iniciais, realizadas no IPT a partir de 1960.*

## 1. INTRODUÇÃO

Na utilização da energia nuclear para fins pacíficos, a metalurgia desempenha um papel de grande importância, a começar pela produção dos metais combustíveis nucleares.

- (1) Contribuição Técnica n.º 496. Apresentada ao XVII Congresso Anual da Associação Brasileira de Metais; Rio de Janeiro (GB), julho de 1962.
- (2) Membro da ABM; Instituto de Pesquisas Tecnológicas em comissão como chefe da Divisão de Metalurgia Nuclear do Instituto de Energia Atômica; Professor Catedrático de Metalurgia dos Metais Não-Ferrosos, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- (3) Membro da ABM; Conselheiro da Agência Internacional de Energia Atômica junto à CNEN, Divisão de Metalurgia Nuclear, IEA, São Paulo; em licença do "Los Alamos Scientific Laboratory", Los Alamos, N. M., Estados Unidos.
- (4) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista do CETN, Ministério da Marinha; Divisão de Metalurgia Nuclear, Instituto de Energia Atômica, São Paulo, SP.
- (5) Membro da ABM; Divisão de Metalurgia Nuclear; Instituto de Energia Atômica; São Paulo, SP.
- (6) Membro da ABM; Divisão de Metalurgia Nuclear; Instituto de Energia Atômica; São Paulo, SP.

O progresso havido nesse setor desde o advento da energia nuclear foi de tal monta que constitui hoje um novo ramo da metalurgia, a chamada "*metalurgia nuclear*", a qual engloba muitos setores especializados, começando pela metalurgia extractiva de urânio e tório para abranger até o reprocessamento pirometalúrgico de combustíveis irradiados, promissor método de tratamento desenvolvido ultimamente, principalmente nos Estados Unidos.

Desde os primeiros trabalhos realizados no Brasil pela Comissão de Energia Nuclear do Conselho Nacional de Pesquisas e, depois, pela Comissão Nacional de Energia Nuclear desde seu estabelecimento como órgão independente, se vem prestando a devida atenção às grandes conseqüências que deverão resultar da utilização industrial dessa nova fonte de energia. Dado o "deficit" energético do Brasil, particularmente acentuado em algumas de suas regiões, era natural que se depositasse crescente esperança no sentido de se poder modificar radicalmente as perspectivas atuais pela utilização crescente e de forma progressiva da energia nuclear.

A despeito de constituírem desenvolvimento bastante recente os reatores de potência — o primeiro reator construído especialmente para esse fim, tendo entrado em operação há cerca de oito anos — o certo é que o progresso logrado nos principais países foi considerável. Existem já reatores, principalmente os de potência superior a 100 MW, que competem, ou que se espera possam competir, com usinas clássicas na produção de energia elétrica.

A engenharia nuclear — novo ramo da engenharia aberto pela ciência nuclear — tem na metalurgia um de seus principais pontos de apoio. Por isso, é naturalmente importante que se cuide de promover a base tecnológica que possibilite seu rápido desenvolvimento no Brasil.

Os primeiros trabalhos de metalurgia foram aqui realizados quase simultaneamente com o desenvolvimento do processo de purificação dos sais de urânio, em diuranato de amônio de pureza nuclear, levado a efeito pelo Prof. F. W. Lima e seus colaboradores da Divisão de Radioquímica do Instituto de Energia Atômica<sup>1</sup>, em fins de 1959. Os trabalhos realizados no Instituto de Pesquisas Tecnológicas consistiram principalmente na produção de pastilhas de elevada densidade de óxido de urânio, partindo daquele sal<sup>2</sup>, além de estudos preliminares sobre a produção de urânio metálico, utilizando tetrafluoreto de urânio, também produzido no IEA, por magnésio.

Os trabalhos tiveram maior incremento após estágio realizado no "*Argonne National Laboratory*", em Argonne, Illinois,

Estados Unidos, o que forneceu as bases para a efetivação de plano mais extenso para o setor de metalurgia nuclear.

Em dezembro de 1961 foi celebrado convênio entre a Comissão Nacional de Energia Nuclear e o Instituto de Energia Atômica para o estabelecimento e realização de programas bastante amplos em novas instalações, as da Divisão de Engenharia Química e da Divisão de Metalurgia Nuclear; ao mesmo tempo, outro convênio entre o Instituto de Energia Atômica e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas, para aproveitar devidamente pessoal, aparelhamento e principalmente a experiência acumulada em outros ramos da metalurgia, permitiu acelerar a realização desses planos.

Esta contribuição constitui um apanhado das atividades desenvolvidas, do exame dos objetivos e da descrição da organização atual e futura dessa Divisão. Com sua apresentação ao XVII Congresso Anual da Associação Brasileira de Metais, pretendem os autores tornar mais conhecidas essas atividades que, para o futuro, deverão ter crescente influência no desenvolvimento da engenharia nuclear brasileira.

## 2. OBJETIVOS DA DIVISÃO

A Divisão de Metalurgia Nuclear, integrada como uma das unidades do Instituto de Energia Atômica, tem os seguintes objetivos principais:

- 1) formar o pessoal técnico, tanto de nível superior como colaboradores, especializados nos diversos setores adiante indicados;
- 2) tratar, em escala piloto (cêrca de 2 t/mês), sais de urânio e de tório para a produção desses metais e de suas ligas;
- 3) utilizar êsses metais e suas ligas na produção de componentes de elementos combustíveis, por fusão e lingotagem, seguida ou não de transformação mecânica;
- 4) produzir  $UO_2$  e  $ThO_2$  para as aplicações de cerâmica nuclear e produzir pastilhas sinterizadas desses materiais;
- 5) construir elementos combustíveis para reatores de pesquisas, bem como protótipos de elementos combustíveis para outros tipos de reatores, sob a orientação da Comissão Nacional de Energia Nuclear;
- 6) ensaiar materiais nucleares, bem como materiais para revestimento e outros, do ponto de vista de suas principais propriedades, bem como elementos combustíveis montados;
- 7) constituir, em futuro próximo, um núcleo para estudos tecnológicos de reprocessamento pirometalúrgico de combustíveis irradiados para a separação e recuperação dos metais contidos.

Com êsses objetivos, a Divisão de Metalurgia Nuclear vem se orientando de forma a abordar exclusivamente questões tecnológicas de interesse mais direto para o programa de ação da Comissão Nacional de Energia Nuclear. Em consequência dessa orientação, a Divisão está menos interessada em problemas de metalurgia fundamental, não só porque os problemas que lhe são cometidos são tecnológicos, como também porque outros grupos técnicos especializados já foram constituídos em outras instituições, como principalmente no Instituto de Pesquisas Radioativas de Belo Horizonte, para estudar problemas de física dos metais nucleares.

Além dessas razões, essa mesma é a orientação que foi e vem sendo seguida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas em tôdas as suas atividades, inclusive e principalmente nas de metalurgia, e que tão grandes consequências práticas tiveram no desenvolvimento e no progresso da metalurgia brasileira.

### 3. ORGANIZAÇÃO DA DIVISÃO DE METALURGIA NUCLEAR

A organização que está sendo dada à Divisão de Metalurgia Nuclear permite contar com as seguintes unidades, constituídas como Seções Técnicas:

- 1) processamento de diuranato de amônio e produção de tetrafluoreto de urânio para redução por magnésio; processamento de óxido de tório para produção de tetrafluoreto de tório para redução com cálcio; produção desses metais a partir dos sais citados;
- 2) processamento do diuranato de amônio para a produção de  $UO_2$  e para  $U_3O_8$ , para "cermets";
- 3) fusão e lingotagem de ligas de urânio e de tório, tanto para utilização direta em elementos combustíveis como através de prévia transformação mecânica;
- 4) produção de pastilhas de  $UO_2$  e de compactados por swaging e por outros meios;
- 5) ensaios mecânicos e exames metalográficos de materiais combustíveis nucleares, inclusive materiais cerâmicos e de revestimento;
- 6) solda em gases inertes e outros processos de solda e de fechamento de elementos combustíveis;
- 7) ensaios não destrutivos de elementos combustíveis e de seus componentes, principalmente radiografia e gamagrafia, ensaios por ultrassons de eco pulsado e cintilometria de raios gama; e
- 8) estudos de reprocessamento pirometalúrgico de combustíveis irradiados visando a recuperação dos elementos que interessam do ponto de vista nuclear.

Evitando a duplicação de trabalho de outros grupos que trabalham em pesquisas tecnológicas e científicas, contar-se-á com valiosa colaboração do Instituto de Pesquisas Tecnológicas principalmente através de sua Divisão de Metalurgia, na produção de materiais especiais de interesse, inclusive componentes de fornos, além de ensaios mecânicos e estudos metalográficos de materiais estruturais e de revestimento, setores nos quais já é considerável a experiência acumulada pelo corpo técnico do IPT. De acôrdo com a mesma orientação, utilizar-se-ão os resultados de estudos tecnológicos a serem empreendidos no IPT em colaboração com o Departamento de Engenharia Metalúrgica da Escola Politécnica na produção de magnésio de pureza nuclear.

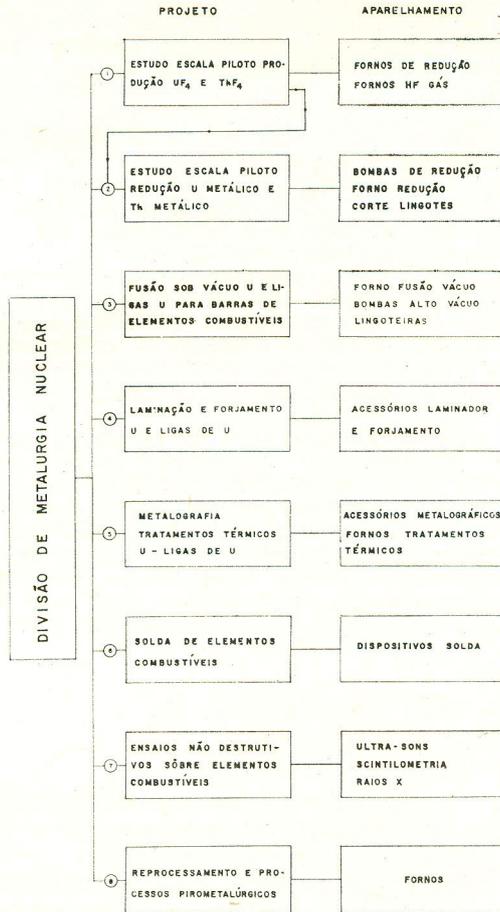


Fig. 1

A figura 1 esquematiza a organização atual da Divisão de Metalurgia Nuclear e o desenvolvimento previsto de seu programa quadrienal.

#### 4. DESENVOLVIMENTO E PROGRAMA DAS ATIVIDADES DA DIVISÃO

A previsão do desenvolvimento da Divisão compreende as três seguintes etapas:

1. *Etapa inicial* — Até meados do segundo semestre dêste ano as atividades se concentrarão em cerâmica de  $UO_2$ , trabalhos que se acham em pleno desenvolvimento com novas unidades de redução e de sinterização sob argônio em fins de construção. Foram instalados nos prédios do Instituto de Energia Atômica, em caráter provisório, a Secção de Metalografia, a Secção de Solda sob Argônio e o Laboratório de contrôle das pastilhas de  $UO_2$ .
2. *Etapa intermediária* — Em meados do segundo semestre deverão ser instalados em novos edifícios do Instituto as unidades das Secções de Redução, de Fusão e Lingotagem, de Transformação Mecânica e de Montagens de elementos combustíveis, além das de Metalografia e de Cerâmica Nuclear. Esse conjunto novo ocupará área total de cerca de 2.000 m<sup>2</sup> e contará com as facilidades experimentais essenciais para abordar os objetivos anteriormente enumerados. Ao mesmo tempo que se instalarem essas novas unidades, dever-se-á ampliar bastante o corpo técnico, bem como o número de colaboradores. Os programas previstos para fins de 1963 exigirão cerca de 15 técnicos de nível superior e 50 colaboradores.
3. *Etapa final* — A etapa final do programa quadrienal e que deverá ser atingida em fins de 1966 prevê a construção e a instalação de novos edifícios totalizando área de cerca de 7.000 m<sup>2</sup> úteis, para abrigar em caráter definitivo as Secções enumeradas e as novas Secções de Ensaio Não-Destrutivos e de Reprocessamento Pirometalúrgico, bem como oficinas e serviços auxiliares. O corpo técnico nessa fase terá de ser ampliado para abranger de 40 a 60 técnicos e de 80 a 140 colaboradores, dependendo dos programas específicos detalhados.

#### 5. REALIZAÇÕES DA DIVISÃO DE METALURGIA NUCLEAR

As principais realizações, desde a fase anterior à organização da Divisão em janeiro dêste ano, foram as seguintes:

1. Produção de  $UO_2$  e de pastilhas de  $UO_2$  de alta densidade. Os trabalhos realizados em 1960 no Instituto de Pesquisas Tecnológicas anteriormente à organização da Divisão permitiram desenvolver os métodos de produção de pastilhas de 10,4 g/cm<sup>3</sup>

de densidade, tendo cêrca de 7 mm de diâmetro, a partir de óxido produzido com o diuranato de amônio da Divisão de Rádio-química do IEA. Os trabalhos foram divulgados no III Simpósio Interamericano de Utilização de Energia Atômica para Fins Pacíficos, realizado em julho de 1960 em Petrópolis<sup>2</sup>.

2. Estudos preliminares de produção de urânio metálico. Em junho de 1960 foram realizados também no IPT os primeiros trabalhos de produção de urânio metálico por redução de tetrafluoreto de urânio, também produzido no IEA, por magnésio em bombas dotadas de recipientes de grafita.
3. Desenvolvimento de trabalhos relativos a elementos combustíveis de  $UO_2$ , adensados por "swaging" em tubos de alumínio 1100. Esses trabalhos relacionaram-se a uma variante de conjunto sub-crítico estudada pela Divisão de Física de Reatores e Divisão de Engenharia Nuclear do IEA.
4. Estudos tecnológicos relativos à produção de pastilhas de 22 mm de diâmetro de  $UO_2$ , sinterizadas sob argônio, visando principalmente determinar experimentalmente a influência das variáveis de processo.
5. Desenvolvimento de produção de pastilhas de 40 mm de diâmetro para o conjunto sub-crítico RE-SUCO atualmente em construção no IEA. Os estudos procedidos visaram adaptar os dados obtidos anteriormente para o projeto detalhado das operações, tendo em vista principalmente os aspectos econômicos e a utilização de aparelhos e fornos construídos em São Paulo. O programa exige a produção de cêrca de 2.060 kg de pastilhas para constituir 231 elementos combustíveis fechados, de liga de alumínio 1100, tendo 930 mm de altura útil no caroço. Esse trabalho exigiu a construção de fornos especiais para a redução e para a sinterização, dotados êstes de zonas distintas de temperatura regulável.
6. Trabalhos referentes à produção dos elementos combustíveis para o reator ARGONAUTA, do Instituto de Engenharia Nuclear, Rio de Janeiro, Estado da Guanabara. Acham-se presentemente em fase de projeto adiantado tôdas as etapas necessárias à produção dos elementos planos para êsse reator, segundo projeto modificado pelo "Argonne National Laboratory". Os elementos combustíveis serão obtidos por "roll bonding" e não por extrusão, a partir de "cermet" de alumínio e  $U_3O_8$  tendo 20% de enriquecimento em  $U^{235}$  (a ser obtido por cessão pela "Atomic Energy Comission" dos Estados Unidos).
7. Desenvolvimento de processo para lixiviação alcalina sob altas pressões, de determinados minérios de urânio.
8. Desenvolvimento de forno de escala piloto para a fluoretação por HF sêco de  $UO_2$ , obtido por redução de diuranato de amônio. Além de permitir estudar os característicos do tetrafluoreto de urânio do ponto de vista de seu comportamento nas bombas de redução com magnésio, essa unidade será também empregada nos estudos preliminares relativos à produção de tetrafluoreto de tório, a partir do óxido que vem sendo há muitos anos produzido pela Orquima S.A. para a Comissão Nacional de Energia Nuclear.

## 6. CONCLUSÕES

1. O desenvolvimento do programa da Comissão Nacional de Energia Nuclear visando a implantação de reatores de potência, confere grande importância à instituição de um agrupamento dedicado aos problemas tecnológicos da metalurgia nuclear.

2. De acordo com a orientação descrita, a ênfase principal será dirigida para os setores tecnológicos mencionados, a começar pelos de produção de urânio e tório metálicos e terminando pelos de inspeção de elementos combustíveis, para abranger ainda, dentro em breve, problema de reprocessamento de combustíveis irradiados, pelo processo pirometalúrgico.

3. A segunda etapa do programa descrito, a ter início dentro de poucos meses, permitirá ampliar consideravelmente os programas em andamento, estabelecendo assim as condições para acelerar a formação dos especialistas necessários aos desenvolvimentos futuros da metalurgia nuclear no Brasil.

4. As atividades realizadas pela Divisão, inclusive as que foram desenvolvidas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas antes da criação definitiva da Divisão, embora limitadas pelo tempo e pelo número de especialistas, já constituem um acervo considerável para a posterior evolução do plano.

## AGRADECIMENTOS

Agradecem os Autores ao Prof. Dr. Marcello Damy de Souza Santos, presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear, pelo entusiástico apoio que vêm recebendo, extensivo ao Prof. Dr. Luiz Cintra do Prado, diretor do Instituto de Energia Atômica, e inclusive por ter sido autorizada a apresentação desta contribuição ao XVII Congresso Anual da ABM. Agradecem igualmente ao Prof. Dr. Francisco João Maffei, pela colaboração prestada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas, sem a qual teria sido sobremodo difícil realizar em curto prazo o trabalho até agora realizado.

## REFERÊNCIAS

1. LIMA, F. W. — "O processo desenvolvido no IEA para a produção de di-uranato de amônio de pureza nuclear". Trabalho apresentado em conferência ao III Simpósio Inter-Americano sobre as Aplicações Pacíficas da Energia Nuclear; Petrópolis, julho de 1960.
2. SOUZA SANTOS, T. D.; BARCELLOS LEITE, P. e SIMÕES LOPES, I. — "Produção de pastilhas de  $UO_2$  de alta densidade a partir de di-uranato de amônio". Trabalho apresentado em conferência ao III Simpósio Inter-Americano de Energia Nuclear; Petrópolis, julho de 1960.