

CONTRIBUIÇÃO DO IPEN  
AO DESENVOLVIMENTO  
DA ENERGIA NUCLEAR



Alcidio Abrão

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), ex-Instituto de Energia Atômica (IEA), é hoje uma Autarquia Estadual vinculada à Secretaria da Cultura, Ciência e Tecnologia, criada com a finalidade de, no campo das aplicações pacíficas da energia nuclear, realizar pesquisa e desenvolvimento experimental, contribuir para a formação de pessoal especializado e prestar serviços à comunidade. A Autarquia sucedeu entidade federal, homônima, extinta em decorrência do Decreto Federal nº 19.620, de 19 de novembro de 1970. O "órgão federal" em causa foi criado por Decreto Federal nº 38.752, de 31 de agosto de 1956, decorrente de convênio celebrado entre o Conselho Nacional de Pesquisas – CNPq, e a Universidade de São Paulo, integrando o CNPq. A partir de 01 de janeiro de 1963, passou a integrar a Comissão Nacional de Energia Nuclear por força do disposto nos artigos 112 e 114 do Decreto que regulamentou a Lei Federal nº 4118, de 27 de agosto de 1962.

De acordo com sua estrutura básica atual conta o IPEN, na sua Diretoria Executiva II, com um Centro de Engenharia Química (CEQ).

Como Instituto de Pesquisas, o IPEN, para a consecução de sua finalidade, por iniciativa própria ou por solicitação de terceiros, promove:

- 1) - a realização de pesquisa científica e tecnológica e desenvolvimento, relacionados com a produção de origem nuclear;
- 2) - a produção experimental de materiais e de produtos de tecnologia nuclear;

Alcidio Abrão é gerente do Centro de Energia Química do IPEN.

Dir. nucl, Rio de Janeiro, 3 (2) : 69-75, ago-dez, 1981

- 3) a formação e a especialização de pessoal, nas aplicações pacíficas de energia nuclear.

É dentro desta organização que o CEO vem realizando, há anos, vários projetos de pesquisas. A administração por Projeto — especialmente Projeto de âmbito restrito: vale dizer com abrangência em setor específico do campo de atualização da unidade, é prática que vem sendo levada a efeito, há vários anos, no IPEN. A partir de 1967, a CNEN procurou institucionalizar essa prática, que vem sendo ampliada e aplicada cada vez de forma mais rigorosa.

#### Extensão dos projetos de pesquisa

No IPEN, como Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, a orientação de uma pesquisa-tarefa (PT), é chegar-se a um produto ou a um fluxograma, a pesquisa indo no máximo até a instalação de uma unidade piloto, excepcionalmente podendo evoluir até o nível de um projeto semi-industrial. A unidade piloto tem como finalidade a coleta de dados e conhecimento de todos os parâmetros envolvidos no processo, para o que deverá ser operada o tempo necessário. O PT é encerrado com a redação final de um relatório e, quando possível, inclui a recomendação para a instalação de uma unidade industrial ou preparação de um novo produto ou ainda a alteração de fluxogramas.

#### Pós-Graduação no IPEN e conexão com os PT's

O IPEN coloca grande ênfase na formação e especialização de pessoal para as aplicações pacíficas da energia nuclear.

A partir de 1969, o IPEN vem oferecendo cursos de pós-graduação para a obtenção de títulos acadêmicos (mestrado e doutorado) em convênio com a Universidade de São Paulo (Escola Politécnica e Instituto de Química). Em 1976, foi aprovado o Regulamento dos Cursos de Pós-Graduação do IPEN com a criação de uma primeira área: Concentração e Tecnologia Nuclear, para mestrado e doutorado. Em 1977 abriu-se a segunda área: Reatores Nucleares de Potência e Tecnologia do Combustível.

Todos os assuntos das teses e dissertações se prendem ao programa de trabalho do PT. Por outro lado, pesquisadores já doutores participam também da pós-graduação, ministrando cursos e orientando alunos, em tempo parcial, o restante de sua disponibilidade sendo dedicada aos PT's. Este tipo de ligação dos profissionais em tempo parcial nos PT's e na pós-graduação traz muita preocupação aos gerentes de pesquisa, mas, por outro lado, traz benefícios à Instituição e ao País.

#### Prestação de serviços

Existe em todos os laboratórios do CEO, bem como nos demais Centros do

IPEN, uma excelente potencialidade de prestação de serviços, tanto a outros setores da própria Instituição, como também, para a comunidade fora dela. Este oferecimento de serviços tem sido feito no atendimento a outras Instituições governamentais e também às empresas privadas.

A administração do IPEN preocupa-se com a formação de pessoal e com a prestação de serviços à comunidade. Diz o artigo 2º do Regulamento do IPEN:

- § 1º — Para a consecução de sua finalidade, o IPEN, por iniciativa própria ou solicitação de terceiros, promoverá:
- a formação e a especialização de pessoal, nas aplicações pacíficas da energia nuclear;
  - a prestação de serviços, na esfera de sua competência, à comunidade.

É cumprindo esta diretriz que o IPEN vem prestando serviços à Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e às Empresas Nucleares Brasileiras S/A (NUCLEBRÁS), tanto na formação de pessoal (cursos técnicos, cursos para licenciamento no uso de materiais radioativos, cursos informativos sobre energia nuclear de maneira geral, pós-graduação, cursos de treinamento diversos) bem como realizando trabalhos para o suprimento de materiais de interesse nuclear (purificação do concentrado de urânio e sua transformação em compostos de urânio de grau nuclear, produção experimental de compostos nuclearmente puros de tório e fracionamento de lantanídeos).

#### Tecnologia do urânio e tório

Como contribuição ao desenvolvimento do programa nacional de energia nuclear para usos pacíficos, sob a orientação programática da CNEN, o CEO vem usando toda sua potencialidade num desenvolvimento sistemático de pesquisa para o estabelecimento de uma tecnologia própria para urânio e tório. Incluída neste esforço está o treinamento de químicos e engenheiros, bem como a produção experimental de alguns materiais de interesse nuclear, como por exemplo, compostos de urânio e tório destinados a posterior tratamento metalúrgico e fabricação de elementos combustíveis para reatores nucleares de pesquisa.

A seguir, apresenta-se um resumo bem rápido das principais atividades do CEO na tecnologia do urânio e tório:

##### 1. Aproveitamento de urânio em minerais

Estudaram-se alguns fluxogramas alternativos para a extração e separação de U, Mo e V em lixívia sulfúrica obtidas com o mineral uranífero de Poços de Caldas. Estudou-se um esquema de separação de U e MO explorando os sulfatos complexos de U(VI) e Mo(VI) e sua afinidade em

resinas trocadoras de íons. Vem o CEQ estudando, desde 1973, métodos para a criação de uma tecnologia própria para o aproveitamento de urânio nas rochas fosfatadas, iniciando com o estudo do fosforito do Nordeste Brasileiro.

## 2. Unidades Piloto para Produção de Diuranato de Amônio

Conta o CEQ com duas unidades piloto para a purificação do urânio contido em diversos concentrados e sua transformação em diuranato de amônio (DUA) nuclearmente puro. Esta fundamenta-se na tecnologia de troca iônica e foi a primeira a entrar em operação e muito contribuiu para o treinamento do pessoal na química do urânio e nas operações de engenharia química.

A segunda (piloto) baseia-se na purificação do urânio por extração convencional de urânio em colunas pulsadas. Esta unidade conta com um setor de dissolução do concentrado e três colunas pulsadas para extração, com TBP-*varsol*, lavagem e reversão do nitrato de urânio. Esta solução é tratada com amônia, dispondo-se de um reator descontínuo e outro contínuo. O produto final é o DUA de elevada pureza, o qual é secado e depois transformado em trióxido de urânio.

## 3. Produção experimental de Trióxido de urânio

O objetivo de produção experimental de trióxido de urânio é a sua posterior transformação no dióxido. A unidade de calcinação é um forno contínuo, aquecido eletricamente, com um gradiente de temperatura de 100 a 500° C, contendo uma esteira rolante na qual o diuranato de amônio é admitido num extremo e sai no outro na forma de UO<sub>3</sub>. A capacidade desta unidade é de aproximadamente 8–10 quilos de DUA por hora. O UO<sub>3</sub> produzido destina-se a posterior trabalho metalúrgico na transformação a UO<sub>2</sub> de grau cerâmico ou à redução a UO<sub>2</sub> para em seguida ser transformado no tetrafluoreto de urânio.

## 4. Unidade Piloto de Tetrafluoreto de Urânio

Depois de adquirir a tecnologia de obtenção de tetrafluoreto de urânio em escala laboratório (processo descontínuo) o CEQ instalou uma unidade piloto fundamentada em processo contínuo. O tetrafluoreto obtido destina-se à produção experimental de urânio metálico por redução com magnésio, no Centro de Metalurgia Nuclear, ou à posterior fluoração para transformação no hexafluoreto de urânio. Nesta unidade, o reator de leito móvel em forma de L é alimentado no topo com o trióxido de urânio, este reduzido em seguida por hidrogênio (decomposição térmica de NH<sub>3</sub> gasoso) e o UO<sub>2</sub> resultante reage com fluoreto de hidrogênio anidro (HF) no mesmo reator, obtendo-se o tetrafluoreto de urânio. Importante neste tipo de reator é a forma física do diuranato de amônio, razão pela qual dispõe o CEQ de tecnologia para a obtenção do DUA em placas ou esferas,

com resistência mecânica suficiente para não originar pó e com porosidade adequada para a reação de UO<sub>2</sub> com HF.

## 5. Produção Experimental de Flúor Elementar

Após os trabalhos preliminares em escala laboratório o CEQ instalou uma unidade piloto para a produção de flúor elementar e sua purificação visando seu uso na transformação de UF<sub>4</sub> em UF<sub>6</sub>. Este piloto faz parte do conjunto de unidades para a instalação do ciclo do combustível com tecnologia nacional. A primeira fase química do ciclo do combustível compreende as operações de purificação do concentrado, a produção de DUA nuclearmente puro, sua posterior transformação em UO<sub>3</sub>, depois em UO<sub>2</sub>, seguida de produção de UF<sub>4</sub> e finalmente a obtenção de UF<sub>6</sub>. Esta sequência de operações é conhecida como **conversão**. A produção do hexafluoreto de urânio compreende duas fases principais: a geração do flúor e a fluoração (reação de F<sub>2</sub> com UF<sub>4</sub>).

Flúor elementar não é produzido no Brasil nem há disponibilidade no comércio local, devendo ser produzido pelo usuário. O flúor é obtido pela eletrólise de fluoretos fundidos, do tipo KF.x HF, cuja composição deve ser escolhida e mantida convenientemente. As células eletrolíticas de temperatura média, modelo adotado pelo IPEN, usam eletrólito cuja composição é KF.2 a 3 HF e operam na faixa de 80 – 100° C.

O IPEN já domina hoje a tecnologia de produção de flúor em escala experimental. A unidade piloto operou inicialmente com uma célula para trabalho até 200 ampères, a qual foi ampliada para operar com 400 ampères. Com os conhecimentos adquiridos e os dados coletados durante a operação desta célula, far-se-ão os estudos e projeto para uma célula de 4000-6000A

A unidade piloto conta com sistemas de purificação do flúor por criogenia liquefazendo o fluoreto de hidrogênio residual, seguida de purificação em colunas de fluoreto de sódio, bem como equipamento para a compressão e armazenamento do flúor. Conta ainda com sistema para o tratamento e deposição de efluentes gasosos como flúor e fluoreto de hidrogênio residuais.

### Unidade Piloto de Produção de Hexafluoreto de Urânio

Em 1978 terminava o IPEN a instalação de sua primeira unidade piloto para obtenção de hexafluoreto de urânio (UF<sub>6</sub>). Esta unidade consta de um setor para obtenção de flúor elementar puro, já mencionado anteriormente, um reator de fluoração de UF<sub>4</sub>, sistema de criogenia para cristalização do hexafluoreto de urânio e sistema de liquefação e transferência do hexafluoreto para cilindros de estocagem. A capacidade inicial desta unidade era de 0,5 quilos de UF<sub>6</sub>/hora, estando em fase de ampliação para se atingir aproximadamente 2 quilos de UF<sub>6</sub>/hora.

## 6. Projeto Conversão

Decorrente da assinatura de um convênio entre o Ministério das Minas e Energia e o Governo do Estado de São Paulo, em março de 1980, ganhou o IPEN condições de operar em regime contínuo as unidades de produção de DUA- $UO_3$  e de UF4. O Projeto Conversão fixou como meta a ampliação da primeira unidade piloto de produção de hexafluoreto para atingir a capacidade nominal de aproximadamente 25 quilos de  $UF_6$ /hora. O projeto está em andamento, já iniciando a obra civil para construção do prédio que abrigará a nova unidade de produção de  $UF_6$ .

## 7. Unidade Piloto de Purificação de Tório

Conta o CEQ/IPEN com uma unidade para a purificação de concentrado de tório até o estado de nuclearmente puro. Fundamenta-se esta unidade na tecnologia de extração do nitrato de tório com TBP-Varsol em colunas pulsadas. Os produtos nela obtidos são nitrato de tório cristalizado e oxalato de tório cristalizado, este destinado à posterior transformação térmica a óxido de Tório ( $ThO_2$ ).

## 8. Microesferas de Óxidos de Urânio e Tório

O IPEN já domina a tecnologia de obtenção de microesferas de óxidos de urânio, óxido de tório e óxidos mistos de urânio e tório, em escala piloto.

### Controle de qualidade

O Centro possui a estrutura analítica, necessária para o controle de todos os processos desenvolvidos para urânio, tório, zircônio, terras raras, bem como os elementos a eles associados.

### Outros materiais de interesse nuclear

O CEQ vem trabalhando também na tecnologia de purificação e obtenção de outros materiais de interesse nuclear. Estão neste esquema a obtenção de óxido de zircônio nuclearmente puro (teor em háfnio menor que 100 partes por milhão), óxido de háfnio, óxido de berílio nuclearmente puro, terras raras individuais e grafita natural de pureza nuclear.

### Conclusão

Pode-se afirmar que, nestes vários anos de atividades do Centro de Engenharia Química, com o suporte programático e financeiro da CNEN, adquiriu, com entusiasmo, esforço e sucesso, boa parte da tecnologia dos materiais para a indústria nuclear. As prioridades ecaíram na tecnologia do urânio e tório, mas outros materiais estratégicos foram intensamente estudados, entre eles, zircônio, háfnio, terras raras, berilo e grafita.

Paralelamente a estas atividades, contribuiu para a formação e treinamento de vários profissionais em nível de graduação e nível técnico, bem como em programas de pós-graduação, tendo formado vários mestres e doutores, oferecendo, por outro lado, estágio prático para pesquisadores, graduados, pós-graduados e profissionais de outras Instituições.