

POLÍTICA BRASILEIRA DE METAIS NUCLEARES

Cel Hernani Augusto Lopes de Amorin (*)

Exmo Sr Cel Paulo Victor, Diretor do CTA, autoridades presentes, participantes do Simpósio de Metais Não Ferrosos.

Inicialmente eu venho, em nome do presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear, apresentar as excusas pelo seu não comparecimento devido a compromissos que êle já havia assumido; mas o Gal Uriel me pediu que transmitisse a todos os votos de sucesso dêsse Simpósio e que num assunto de tanta importância como o dos metais não ferrosos que, dia a dia, ganha cada vez maior importância no campo da metalurgia, êsse Simpósio Sobre Metais Não Ferrosos possa dar frutos e que os resultados aqui obtidos levem cada vez a um maior desenvolvimento do nosso país.

O presidente da CNEM me pediu também, que proferisse aqui a conferência para a qual êle estaria sendo convidado e que dissesse que êle se sentiu bastante honrado com o convite.

Falar sobre uma política nacional de metais nucleares implica logo em falar sobre qual o planejamento que o Brasil tem, através da Comissão Nacional de Energia Nuclear, para a construção de reatores nucleares. Isso porque a utilização em quantidade dos metais nucleares está intimamente ligada ao tipo de reator que fôr escolhido para ser construído no Brasil. Para fins aqui da nossa palestra, nós vamos considerar apenas os combustíveis nucleares como sendo os principais materiais constituintes de um reator. Ou seja aqueles que produzem a energia para funcionamento do reator, ou então que podem ser irradiados e se transformar em materiais que também vão produzir energia. Em resumo, nós vamos considerar aqui os materiais físséis e os materiais férteis. De passagem eu vou fazer uma exceção para um metal que não pertence a essa categoria, mas que é de grande importância para o caso brasileiro, não só por ser um metal que cada vez está sendo mais e mais utilizado nos reatores nucleares como principalmente como os veremos no decorrer da palestra por ser um metal que se apresenta no Brasil associado ao Urânio e ao Tório. E portanto, a obtenção do Urânio e

(*)

Eng^o Químico e Nuclear - CNEN

do Tório acarretará, felizmente para nós, a obtenção simultânea desse metal, que é o Zircônio. Esse é pois, um acontecimento fortuíto, um acontecimento agradável, de no Brasil nós termos o Urânio e Tório associado ao Zircônio.

Como eu disse, a Política de Metais Nucleares, está subordinada ao Plano de Reatores. E o Plano de Reatores está por sua vez, dependente da possibilidade de nós obtermos esses metais nucleares em quantidade suficiente para as nossas necessidades.

Assim é necessário que nós tenhamos uma série de fases que nos levarão ao Reator Nuclear. A primeira fase é a existência de jazidas. Se nós não tivermos jazidas desses metais nucleares, nós não poderemos evidentemente, utilizar Nesses Reatores material nacional. Dependeríamos de importação desses materiais. E como nós citaremos mais adiante, essa importação de materiais físséis ou férteis acarretará uma série de dificuldades. Em segundo lugar, nós temos que ter usinas de extração, que nos permitam, partindo desses minerais obtidos nas jazidas, ir a produtos de pureza técnica mas que já permitam em seguida um tratamento para purificação ao grau nuclear. Em terceiro lugar, nós necessitamos usinas de purificação. Essas usinas de purificação receberão das usinas do item 2, um material com pureza técnica e por transformações principalmente químicas, algumas físicas, levarão ao produto com o grau de pureza que é necessário no emprêgo em reatores nucleares. Finalmente, nós precisamos ter usinas metalúrgicas que recebem esse material de pureza nuclear em forma de um composto químico, a dequado transformem esse produto químico ou num metal ou numa cerâmica que é uma das formas mais usadas atualmente, nos reatores nucleares e, além disso, façam as transformações e as modificações para levá-lo ao estado de utilização no reator.

Iremos fazer algumas considerações sobre esses quatro itens.

A situação em que o Brasil se encontra no momento é, pois, de quatro estágios. Ao chegar ao fim dessa apresentação, nós poderemos tirar algumas conclusões do que o Brasil está em condições de fazer no momento. Quais as possibilidades que o Brasil tem para um futuro próximo. O que poderia ser feito num futuro remoto. E então vamos mostrar qual a política a ser adotada ou que está sendo adotada pela Comissão de Energia Nuclear a esse respeito.

Vejamos a parte de jazidas. As jazidas dos materiais físséis e férteis que são o Urânio ou o Tório, tem a seguinte situação

atual. Ao olharmos o mapa do Brasil, e ao refletirmos sôbre a superfície que terá que ser prospectada para determinações de jazidas de Urânio e Tório, nós verificamos logo a dificuldade que a Comissão Nacional de Energia Nuclear tem de prospectar tôda essa superfície. Em consequência o Depto. de Exploração Mineral, da Comissão, resolveu limitar a sua prospecção a uma parte do território de mais fácil acesso e deixar para uma segunda prioridade aquelas partes do território em que seria bastante difícil fazer um levantamento das jazidas não só pelas condições naturais do terreno como pela inexistência quase total de uma carta geológica, pelas dificuldades de acesso, de transportes, de levar equipamento especializado para prospecção, etc. Esse foi o critério que inicialmente norteou o Depto. de Exploração Mineral. Então arbitrariamente foi deixada de lado tôda a parte do vale Amazônico e a parte da fronteira oeste do Brasil por causa dessas razões. Restavam então ainda alguns milhões de quilômetros quadrados a prospectar. Foi feito então o segundo critério, de procurar dentro das possibilidades geológicas da região aquêles locais onde fôsse mais favorável o encontro do Urânio e do Tório. 95% dos depósitos do Urânio do mundo estão em bacias sedimentares. Então o Depto. de Exploração Mineral passou a pesquisar bacias sedimentares. Mas no Brasil já existia, por um motivo ou por outro, notícias de existência de Urânio aqui e ali, em vários pontos que não eram bacias sedimentares. Então êsses pontos também foram incluídos no plano de prospecção da Comissão de Energia Nuclear. Foram examinadas várias bacias; a do Paraná não deu nenhum resultado; foram para outras bacias: a do Maranhão e Piauí, na fronteira do Piauí com Ceará, e nesta região, as indicações são bastante promissoras, da existência de grandes quantidades de Urânio. As indicações são promissoras, ainda não encontramos uma quantidade de Urânio que nos possa assegurar grandes quantidades e ainda não temos medidas essas quantidades. No entanto as indicações, os materiais retirados nas regiões (são inspeções feitas por cintilometria, por diversos processos bastante modernos que estão sendo empregados dentro de suas melhores faixas de rendimento), levaram a Comissão Nacional de Energia Nuclear a olhar com bastante interêsse essa região do Maranhão, Piauí, fronteira com Ceará. Já temos encontrado diversos minerais de Urânio e, no momento, está sendo estudado um convênio com o Governo Francês, pelo qual nós receberíamos a ajuda dos geólogos franceses na prospecção mais detalhada dessa região.

Uma outra região, que já se sabe há muito tempo contém Urânio é a região praieira que se estende da Bahia até o litoral Rio.

Essa região é a região das areias monazíticas e que já é explorada há muitos anos. Nessa região fica também a jazida que é a mais famosa de tôdas, mais por causa de turismo, que é a jazida de Guaraparí, que não pertence à comissão mas pertence a uma firma particular que tem contrato com a Comissão para o fornecimento dêsse material, a Cia.MIBRA. Essa região de Guaraparí é uma região bastante conhecida no Brasil já de há muitos anos, e tôda essa região fornece areias monazíticas com o teor de 0,1-0,2% de Urânio e que no momento, ela é a principal fonte de Urânio em exploração.

Como a Comissão Nacional de Energia Nuclear tinha que mandar helicópteros para o Nordeste e para o Norte, para fazer a prospecção daquela área no norte, foi aproveitada a viagem dêsses helicópteros equipados em aparelhos de cintilometria para uma passagem -pelo litoral para verificar as possibilidades de encontrar novas jazidas. Os cintilômetros colocados a bordo dêsses helicópteros, deram indicação de cêrca de 50 anomalias nessa região de Guaraparí até a Banhia. Essas 50 anomalias que são detectadas por um nível de radiação bastante superior ao da radiação de fundo, foram marcadas no mapa e estão sendo feitas agora, as prospecções com maior cuidado nessas regiões. O fato de se encontrar anomalias infelizmente não pode nos dar a garantia de que é uma jazida econômica. No entanto, se o interêsse é localizar Urânio e Tório, devemos examinar uma por uma das anomalias e iremos ver quais as que serão utilizáveis e quais aquelas, infelizmente a maioria que não podem ser utilizadas, porque têm um teor baixíssimo de Urânio ou Tório.

Duas outras regiões no Brasil tem sido motivo de bastante discussão e noticiário de jornais: são as regiões de Poços de Caldas e de Araxá. Essas duas regiões, realmente possuem quantidades apreciáveis de minerais que contém Urânio ou Tório, variando as quantidades. Da região de Araxá, por exemplo, existe um minério - o pirocloro - que é rico em Tório, contendo uma pequena quantidade de Urânio. Na região de Poços de Caldas, existem vários minerais, inclusive um que está sendo muito falado, hoje em dia, que é o caldasito e que realmente contém uma quantidade bastante grande de Urânio, e que será provavelmente uma das fontes de Urânio para o nosso país. Além dêsses dois lugares, ainda a Comissão procura verificar tôdas as fontes de informação que recebe; manda geólogos verificar quaisquer indícios que tenham sido dados à Comissão como de minerais de Urânio ou Tório. A maioria das vezes são pequenos depósitos que não são economicamente tratáveis, algumas toneladas de minério a 0,1-0,2% que não justificam um equipamento

na extração de uma jazida. Mas o Brasil é bastante grande, nós ainda conhecemos muito pouco, ainda estamos no início de prospecção, e é a nossa esperança de que poderemos num desses estudos encontrar uma jazida realmente rica em Urânio. A nossa situação em Urânio, ainda não é animadora. Não dispomos de grandes tonelagens mas prosseguimos constantemente tentando, localizar novas jazidas.

As reservas de Urânio medidas e inferidas, já nos permitem pelo menos supor que poderemos chegar a ser produtores de Urânio. Não queremos ser um Congo Belga ou um Canadá, mas poderemos talvez ter uma quantidade de Urânio suficiente para as nossas necessidades, e quanto mais prospectarmos mais fácil será encontrar as jazidas de Urânio. Quanto à situação do Tório, esta é bastante diferente. Nós somos considerados, no mundo, como um dos primeiros produtores de Tório. As nossas jazidas de Tório são imensas. São encontradas principalmente nas areias monazíticas, juntamente com o Urânio o que é uma vantagem, porque a mineração, as operações químicas, as extrações, etc., feitas para um, cobrem os dois, e é justamente dessas areias que nós estamos retirando a maior parte do nosso tório, mas também obtemos da região de Araxá, onde existe o pirocloro, que é um minério que tem um teor bastante alto de Tório. Já temos, pois, encontrado quantidades bastante grandes e no momento já temos fabricado Tório suficiente para vários reatores. Para o Tório, no Brasil não há aquela urgência, que nós temos em encontrar o Urânio, pois conforme veremos a nossa necessidade de encontrar Urânio é enorme.

A nossa situação real é a seguinte. Nós temos de Urânio, em toneladas de U_3O_8 , reservas medidas, em Poços de Caldas 465 ton de U_3O_8 ; inferidas -300 ton. Esta reserva de Urânio está entre 0,1-0,2% ou mais de U_3O_8 , porque esse limite de 0,1% é considerado por todo mundo um limite mínimo econômico para extração do Urânio apenas do minério.

A região de Araxá tem 1.685 ton medidas e mais 295 inferidas. Nessas 1.685 ton de minério são as que tem 0,01-0,1% de Urânio. Então essas 1.685 ton de minério só poderão ser extraídas economicamente se, junto com o Urânio, nós extrairmos mais alguma coisa com o minério. Felizmente, esse Urânio está acompanhado de um mineral de Nióbio, que tem um valor crescente, e será possível então utilizando uma extração conjunta do Nióbio e do Urânio, obter esse Urânio economicamente. Já existe uma firma trabalhando em Araxá, que é a DEMA que fabrica ligas de Fe-Nb, e a Comissão fiscaliza e controla os teores de Tório das escórias e da liga exportada do país. De acordo com a legis-

lação brasileira, t \hat{o} da a exporta \hat{c} o \hat{a} o de min \acute{e} rio onde o produto contenha material radioativo s \acute{o} poder \acute{a} ser feita sob contr \hat{o} le da Comiss \hat{a} o Nacional de Energia Nuclear. E o T \acute{o} rio ou Ur \acute{a} nio que f \hat{o} r mandado para o exterior sob essa forma ter \acute{a} que ser pago em esp \acute{e} cie ao Gov \acute{e} rno.

Isto tem sido cl \acute{a} usula da exporta \hat{c} o \hat{a} o de um min \acute{e} rio qual quer que contenha Ur \acute{a} nio ou T \acute{o} rio. Verificando-se que sairam 10 ton de U_3O_8 a firma exportadora, por Lei, \acute{e} obrigada a comprar 10 ton de U_3O_8 no exterior e entregar ao Gov \acute{e} rno brasileiro. Isto \acute{e} feito, existe um Depto. de Fiscaliza \hat{c} o \hat{a} o da Comiss \hat{a} o, que controla as exporta \hat{c} o \hat{e} s e existe a devolu \hat{c} o \hat{a} o d \acute{e} sse material.

Note-se que o Ur \acute{a} nio ou o T \acute{o} rio que sai, n \acute{a} o \acute{e} perdido para o Brasil. Ao contr \acute{a} rio, n \acute{o} s at \acute{e} ganhamos com isso. N \acute{o} s recebemos metal puro em troca do min \acute{e} rio de dif \acute{i} cil extra \hat{c} o \hat{a} o.

Vamos ver agora a situa \hat{c} o \hat{a} o de T \acute{o} rio. As reservas de T \acute{o} rio est \hat{a} o principalmente em Barra de Itamapu \acute{a} , que \acute{e} uma jazida da CNEN, em Cumuruxatiba que \acute{e} outra jazida da CNEN. Essas jazidas est \hat{a} o sendo exploradas pela Comiss \hat{a} o, que extrai mensalmente para fornecimen to \grave{a} Usina de extra \hat{c} o \hat{a} o, c \acute{e} rca de 60-70 ton mensais em monazita (n \acute{a} o ThO_2). Existem j \acute{a} medidas 500 ton de \acute{o} xido de T \acute{o} rio e ainda n \acute{a} o est \acute{a} inferida t \hat{o} da a jazida.

Al \acute{e} m dessas jazidas na praia, n \acute{o} s temos nas jazidas de Po \acute{c} os de Caldas o caldasito, que tem uma grande quantidade de T \acute{o} rio e xistindo medidas 55 mil ton de \acute{o} xido de T \acute{o} rio. Em Arax \acute{a} n \acute{o} s n \acute{a} o temos ainda medida a quantidade, mas temos inferidas 130 mil ton de \acute{o} xido de T \acute{o} rio, no pirocloro. Como disse, poder \acute{a} ser utilizado n \acute{a} o s \acute{o} para o U r \acute{a} nio e para o T \acute{o} rio como tamb \acute{e} m para o Ni \acute{o} bio. Em outros locais temos ainda 15 mil toneladas, em locais diversos, pequenas quantidades espar sas pelo pa \acute{i} s. A comiss \hat{a} o recebe di \acute{a} riamente, indica \hat{c} o \hat{e} s de pequenos dep \acute{o} sitos de monazita, mas nem sempre s \hat{a} o confirmadas essas exist \hat{e} ncias, de modo que n \acute{o} s n \acute{a} o podemos coloc \acute{a} -las num quadro num \acute{e} rico.

Essa \acute{e} a situa \hat{c} o \hat{a} o real, atual do Brasil, em Ur \acute{a} nio e T \acute{o} rio.

Ent \hat{a} o vemos que temos pouco Ur \acute{a} nio, com possibilidades de encontra-lo no futuro pr \acute{o} ximo, principalmente porque n \acute{a} o mencionei a bacia do Maranh \hat{a} o-Piau \acute{i} que ainda n \acute{a} o est \acute{a} determinada, mas tudo in dica que ser \acute{a} um grande dep \acute{o} sito de Ur \acute{a} nio. Em t \acute{o} rio n \acute{o} s temos grandes quantidades e j \acute{a} temos tamb \acute{e} m produzidas grandes quantidades de T \acute{o} rio que servir \hat{a} o para o estabelecimento da linha de reatores no futuro, no

Brasil.

Veremos agora o que existe no momento em usinas de extração.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear possui uma usina de extração. Essa usina de extração, está localizada em São Paulo, ela foi adquirida em abril do ano passado, pelo Governo, pertencia ao grupo ORQUIMA. Era um grupo que já trabalhava há vários anos no tratamento das areias monazíticas, e produzia Urânio, Tório e Terras raras como sub-produto de indústria química.

De acordo com o contrato que havia entre o Governo e esta firma, esta firma tratava o minério e entregava para a Comissão todo o Urânio e todo o Tório extraído do minério, e ficava para a sua venda com os sais de Terras Raras. Posteriormente, houve a idéia de o Governo comprar toda a Usina e o próprio Governo tratar esse minério, para que o Urânio e o Tório saíssem por um preço muito menor, porque a Comissão, dispondo da jazida e da usina de extração, poderia fabricar ela mesma o seu Urânio e Tório. Essa usina que atualmente é chamada de Administração da Produção da Monazita, está localizada na Av. Santo Amaro e extrai mensalmente 130 a 150 ton de monazita. Dêsse tratamento ela produz 10 a 12 toneladas de sais de Tório, e cerca de 400 a 500 Kilos de sais de Urânio, de pureza técnica.

A Administração, produz carbonato, óxido, nitrato de tório etc.

Essa produção de 12 ton mensais de sais de Tório e 400 a 500 Kg de uranato de sódio está sendo entregue à Comissão Nacional de Energia Nuclear, pela usina, e a Comissão está armazenando e em seguida fazendo a purificação desse material de pureza técnica para a pureza nuclear. Aquela produção de terras raras que a ORQUIMA tinha e vendia, a Administração da Produção de Monazita, vende no comércio interno e externo. E como ela é um órgão da Comissão, por um encontro de contas, é possível entregar a preço zero o tório e o urânio. O Governo não gasta um tostão para essa produção mensal de tório e de urânio, porque o que ele ganha na venda das terras raras e subprodutos da industrialização da monazita, cobre todas as despesas para essa fabricação.

Vejamos a usina de purificação.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear, através do Instituto de Energia Atômica, localizado em São Paulo, tem na divisão de engenharia química, uma usina de purificação de Urânio e Tório. A usina de purificação de urânio foi começada a montar em 1960, em laboratório

rio, depois foi feita uma pequena usina pilôto, que funcionou desde 1961 até meados de 63 produzindo da ordem de 300 Kg/mensais de uranato de amônia de pureza nuclear. Em 1963 essa usina foi parada, porque a divisão de engenharia química, se mudou para um prédio feito no Instituto especialmente para ela. Então essa usina foi desmontada e remontada no novo prédio. Nesse período é lógico que a produção parou. Mas as observações, os resultados obtidos na primeira usina foram aproveitados na montagem da segunda usina. Esta já está totalmente montada, com todos os melhoramentos que a operação da primeira usina indicou e está pronta para começar a trabalhar, dependendo apenas da chegada de controles eletrônicos, porque nessa mudança foi decidido automatizar a usina. Então ela será totalmente controlada à distância e com isso nós vamos aumentar o rendimento de utilização, aumentar a capacidade, e é possível que ela que fabrica 200 a 300 Kg por mês, passe a fabricar 300-400 Kg por mês, de uranato de amônia puro.

Paralelamente a essa usina de purificação, que é por meio de resinas iônicas, está sendo montada no mesmo prédio, aliás, praticamente na mesma sala, para poder utilizar alguns equipamento em comum, uma usina de purificação com extração por solventes que é um método mais difundido para purificação em metais nucleares, esta usina também está pronta, e na mesma situação da anterior, aguardando a chegada da aparelhagem de controle dos EE.UU., o resto tudo foi feito aqui no Brasil.

Além dessa purificação a Divisão de Engenharia Química está também encarregada de fabricar outros sais de Urânio que são necessários à fase da metalurgia. Por exemplo, o tetracloreto de Urânio. Outros sais de Urânio também estão sendo estudados para obtenção. Tais estudos estão sendo feitos em laboratório ainda não estão em escala industrial.

Finalmente em usinas metalúrgicas, o próprio Instituto de Energia Atômica, tem uma Divisão de Metalurgia Nuclear, que está capacitada a receber um material de pureza nuclear obtido na Divisão de Engenharia Química e transformá-lo ou em óxido ou em metal. Alguns trabalhos já foram realizados por essa Divisão foram os seguintes: recebemos o Uranato de amônia purificado pela Divisão de Engenharia Química, foi feita a redução desse uranato de amônio, a UO_2 , feitas as pastilhas sinterizadas e montado um reator sub-crítico que no momento funciona na Universidade Federal de Pernambuco. Foi um reator feito totalmente com urânio natural (cêrca de 2500 Kg de UO_2 sinterizado em pastilhas de uns 40 mm de diâmetro). Além disso a Divisão de Metalurgia Nuclear

também fabricou os elementos combustíveis metálicos do reator Argonauta que funciona no Instituto de Energia Nuclear do Rio de Janeiro. Essa fabricação foi feita com Urânio enriquecido no isótopo U_{235} . Como o Brasil não dispõe ainda de instalações de enriquecimento de urânio, foi utilizado um urânio importado dos EE.UU. transformado em U_3O_8 misturado com Alumínio em pó, para fazer um "cermet" e então foram feitas as placas com processo de "sandwich", do reator Argonauta. Além disso em laboratório, a Divisão de Metalurgia Nuclear já funde barras de Urânio pela magnesiatermia utilizando UCl_4 e magnésio metálico; são pequenas barras de 2 ou 3 kg de urânio que estão sendo fabricadas em pequenos fornos a vácuo e que estão sendo armazenadas na Divisão.

No momento na Divisão está em fase de montagem final, um forno a vácuo para a purificação do Urânio para as cargas de 50 kg de urânio em cada corrida, de modo que o forno está pronto só dependendo da parte final de ajustagem.

Quanto ao tório a usina metalúrgica também tem feito experiências de laboratório para obtenção de tório metálico e de óxido de tório comprimido, sinterizado em pastilhas.

Agora, vejamos as conclusões que nós tiramos dessa situação.

Primeira conclusão: o Brasil tem grandes jazidas de Tório e pequenas jazidas de Urânio. Tem grandes jazidas de minerais que contém o Tório ou Urânio e o Zircônio. Então uma idéia que surgiu na Comissão foi utilizar esse minério de poços de Caldas que permitirá obter o Urânio, Tório e Zr. Essas experiências estão sendo feitas na Administração da Produção da Monazita. O caldasito é um minério que tem 50-60% em óxido de Zr, cerca de 6% de Th e um pequeno teor de Urânio. Ele é principalmente um minério de Zr. Então a Comissão deu ordens à Administração da Produção da Monazita para que estudasse o processamento do caldasito. Por muitos anos houve discussão sobre a dificuldade de fazer a abertura do minério, mas felizmente na Administração da Produção da Monazita já conseguimos solubilização por um processo ácido e por um processo alcalino. Estamos com duas usinas piloto, pequenas, com capacidade da ordem de kilograma para estudos, e estamos fazendo essa separação em escala ainda semi-piloto.

A vantagem desse tratamento do caldasito é a obtenção simultânea do Zr que é o material de revestimento mais empregado atualmente em reatores de potência. O revestimento de Al não pode ser utilizado acima de uma certa temperatura, o revestimento de Mg permite ir

um pouco mais além, mas também tem o seu emprego limitado, além dêsses para os reatores de potência do mundo atual emprega-se o Zr e o Aço Inoxidável. Tendo essa grande reserva de Zr preferiremos utilizá-lo; além disso o revestimento é melhor com Zr do que com Aço Inoxidável.

Portanto o Brasil possui pouco Urânio, muito Tório e muito Zircônio. O Brasil não tem no momento instalação industrial para enriquecimento de Urânio. Provavelmente não poderá ter por algum tempo, devido ao alto custo de uma instalação para enriquecimento de Urânio 235.

O Brasil poderá fabricar sinteticamente um material físsel muito utilizado em reatores de potência atual, que é Plutônio 239. Esse Plutônio 239 é obtido pela irradiação de urânio natural. Isto é se nós fizermos o reator de urânio natural que nós temos, não em quantidade ainda grande, ou fizermos um reator com um outro material físsel misturado com urânio natural poderemos fabricar o Plutônio 239.

Nós poderemos também utilizar o nosso Tório, as nossas grandes reservas de Tório. Fazendo um reator que tenha envolvendo ou então misturado junto com um material físsel, o Tório. O Tório quando irradiado transforma-se no Urânio 233, que é um material físsel sintético. Nós teremos que ter um reator de 1ª geração, um primeiro reator que terá que ser feito de urânio natural. Porque só com o reator de urânio natural nós poderemos ter o nosso Plutônio. Se nós fizermos um reator com urânio enriquecido, esse urânio enriquecido terá que ser comprado no estrangeiro, e toda vez que eu compro urânio enriquecido eu fico sujeito a salvaguarda quer dizer, pela legislação internacional todo material produzido partindo do urânio com salvaguarda não pertence ao país que o produziu. Então se o fizermos com urânio enriquecido o Plutônio produzido não será nosso. Então nós só temos uma saída. Fazer o reator de Urânio natural para produzir Plutônio 239.

Segunda geração: ou nós escolhemos um reator de plutônio 239 mais urânio natural, utilizando agora o urânio natural para fabricar mais plutônio 239 e assim sucessivamente nós entraremos por essa linha, ficamos com um reator de plutônio 239 e fabricando mais plutônio com o urânio natural. Então vamos consumindo o nosso Urânio natural e fabricando o nosso plutônio 239 independente de qualquer participação de urânio de salvaguarda; ou então uma linha muito mais promissora e que tem que ser talvez uma das linhas de grande atividade no Brasil: é nós tomarmos esse plutônio 239 e colocarmos tório. O que vai acontecer, o reator de plutônio 239 funciona e transforma o tório em u

urânio 233. Esse urânio 233 tem as mesmas características, aliás tem melhores características do que o plutônio 239. Então poderemos fazer um reator de urânio 233. Qual a vantagem para a segunda hipótese? É que nós vamos usar nossas grandes reservas de Tório que nós dispomos no Brasil. Temos que tomar uma decisão. A Comissão de Energia Nuclear no momento está olhando para esses reatores descritos e está decidindo o que vai fazer. A nossa decisão é vital, porque se nós tomarmos um caminho, dificilmente nós poderemos com a mesma intensidade tomar um outro caminho.

Existe uma terceira possibilidade. Esta também está sendo cogitada pela Comissão. É fazer um reator de Urânio enriquecido para produção de energia elétrica. Esse reator de Urânio enriquecido para produção de energia elétrica tem uma grande vantagem, é que iremos escolher um reator que já é bastante conhecido, que já está aprovado no mundo inteiro, que já produz eletricidade em grande número de países, e que nos fornecerá energia elétrica de que nós necessitamos em breve tempo. Porém, essa linha nunca levará a libertação do Brasil como nação para produção de energia atômica, porque se nós iremos partir de um urânio que está sujeito a salvaguarda então pela legislação, qualquer coisa que nós tiremos desse reator, não nos pertence. Inclusive "know-how". Então essa linha, essa escolha é difícil.

A Comissão no momento se defronta com esse problema. Uma solução possível era fazer o problema caminhar em paralelo. Se nós precisamos de energia elétrica, vamos fazer esse reator. Mas não pensemos nunca chegar por esse processo a independência atômica. Então vamos fazer esse reator e vamos escolher um desses outros reatores. São reatores que demandarão mais tempo, são reatores que ainda não estão totalmente testados, são reatores que precisarão ser estudados com mais tempo que precisam sucessivamente passar por uma primeira, uma segunda e uma terceira geração, sucessivamente. Eu não posso simultaneamente para ganhar tempo começar por todos eles. Então essa linha "nacional" de reatores é lenta. Eu não posso pensar em querer produzir energia elétrica, para as necessidades do país por essa linha, porque eu vou precisar de anos para fazer algum desses reatores.

Mas essa é a linha que o Brasil terá que seguir, a longo prazo. Se nós queremos energia elétrica no momento, compramos um reator de urânio enriquecido. Produzimos energia elétrica, mas não podemos fazer mais nada, desse reator.

Então, a Comissão Nacional de Energia Nuclear no momento está tomando essa decisão. Há um grupo de trabalho que está trabalhando constantemente, examinando tôdas as possibilidades econômicas, políticas, etc. para nos indicar a linha a adotar. Ainda não tomamos uma decisão. Mas essa decisão não poderá ser demorada. Temos que decidir. Então resumindo: ou o Brasil faz um reator com o urânio natural, plutônio 239 e com mais urânio natural, e nêsse caso vai utilizar e vai acabar com as poucas reservas de urânio que nós temos, ou então êle faz a linha, urânio natural plutônio 239, plutônio 239 e tório, e vai utilizar grandes reservas de tório que nós temos e então o U233 produzido passará a uma terceira geração de reatores, a urânio 233 e tório, independente a partir dêsse momento do urânio natural. A partir dêsse momento êle não usa mais urânio. Mesmo que não haja mais urânio, mesmo que não haja mais descobertas de urânio, o Brasil não precisará mais de urânio. Porque êle fabrica o seu próprio urânio usando o tório de que êle dispõe em grande quantidade. Porém isso precisa de tempo. A Comissão têm êsse problema para resolver e ainda não resolveu.

Eu quando fui indicado pelo Presidente Uriel para fazer essa palestra, lhe disse: "Quero uma definição para dizer nêsse Simpósio". Êle disse: "Diga que nós estamos estudando, com o interêsse, o maior possível voltado para a solução do problema, mas que eu ainda não posso dar uma decisão. Essa decisão virá em breve. Mas eu não posso dar, porque qualquer uma que eu desse não seria definitiva; seria uma coisa que eu não poderia garantir!"

DEBATE:Brandão⁽²⁾

- Eu desejava congratular-me com o Cel Hernani do Amorin, um batalhador pelo inteiro aproveitamento dos nossos minerais nucleares conivente com a conferência que êle acaba de de proferir. Em primeiro lugar, à guisa de esclarecimento faria duas ou três perguntas que eu considero quase que históricas porque já se vão 10 anos desde que a Comissão está criada e nós vivemos mudando de política em relação não somente ao aproveitamento dos minérios e das linhas de reatores, nós estamos num país bastante variado nessa linha, porisso me permito formular essas perguntas à guisa de esclarecimento. Nos últimos 10 anos a CNEN iniciou uma política do aproveitamento do caldasito e construia uma usina; e depois parou a construção da usina, nós pensávamos que o assunto estava morto, e agora a APM ressucita o caldasito, com a surpresa para mim de 50 mil ton medidas de óxido de tório. Eu pergunto, com a APM ressuscitando o caldasito, quer dizer que vai haver novamente a usina de Poços de Caldas, vai se tornar realidade, ou êsse assunto já é um assunto fora da pauta da CNEN? A outra pergunta, V.S., mencionou a questão da prospecção e falava sempre em Departamento da Produção Mineral, eu pergunto a prospecção está a cargo da CNEN, tem equipes de geólogos, os Srs mantêm essas equipes? Porque eu me lembro que no início existia uma equipe sob o comando do prof. Távora, e hoje eu não sei mais se existe. Existe a equipe de prospecção da CNEN? Ou está totalmente a cargo do Depto da Produção Mineral como V.Sa., mencionou? A terceira é quanto as jazidas a que V.Sa. se referiu, não pertencentes à Comissão; eu pergunto se a legislação vigente comporta jazidas pertencen-

tes e não pertencentes, porque eu julgava que a legislação atual fôsse do monopólio das jazidas. E a última pergunta, se refere à política de salvaguarda do plutônio. Se realmente nós compramos u rânio enriquecido digamos aos EE.UU., êsse plutônio deixa de ser nosso ou êsse plutônio será re processado nos EE.UU., devolvido ao Brasil e em caso de opção de venda nós teríamos que vendê-lo aos EE.UU.?

Amorin

- A 1ª pergunta, ela realmente diz respeito a uma dificuldade e uma indefinição que a CNEN teve du rante um grande período, sôbre o aspecto do caldasito e as explorações dos minerais de Poços de Caldas. Isso se deu devido a vários fatores, inclusi ve, porque a usina de tratamento de caldasito foi projetada baseada em análises do minério fornecidas por uma firma francesa que levou as amostras para analisar, e que indicava uma grande quantidade de de urânio. Então houve aquela idéia de fazer a usina de extração. Com a mudança do presidente da CNEN em 1961 o novo presidente da Comissão mandou re-estudar o assunto e levados por algumas informações de que as quantidades de urânio, teores de urânio não seriam exatamente aqueles que os franceses tinham dado, ou porque tivesse sido feita uma amostragem de uma maneira imprecisa, ou porque houvesse um entusiasmo excessivo na colocação de números em quadros, a Comissão mandou re-estudar e a conclusão foi de que o minério tinha real mente urânio mas as quantidades eram pequenas e que não justificava a continuação dos trabalhos. Depois nova mudança de presidente da Comissão, no va idéia surgiu e aí a dificuldade era outra, aí o minério era difícil tratar. Não se conseguia fa zer a solubilização do minério. O presidente atual da Comissão, ao assumir deu uma missão a APM de e estudar essa abertura do minério. Mandou fazer no vas análises do minério. E hoje em dia, a APM, es

425

tá com dois processos, pelos quais o minério é so lubilizado. Não totalmente, mas com a solubiliza-
ção bastante grande o que permitiu passar da esca
la laboratório para a escala piloto. De modo que
a idéia atual da CNEN é face a êsses resultados
da APM, retomar a usina de Poços de Caldas, é cla
ro que tentando com mais calma para não outra vez
cometer um êrro cometido no passado. Não ir só le
vado pelo entusiasmo. Ir passando paulatinamente
pelas diversas fases.

A segunda pergunta, sôbre a prospecção, talvez te
nha sido falha de minha parte, se eu falei algu-
mas vêzes de Depto de Produção Mineral, não é; é
Depto de Exploração Mineral, que é um Depto orgâ-
nico da CNEN. A Comissão tem nêsse Depto., chefia
do atualmente pelo Prof Andrade Ramos, ela tem a
sua equipe e geólogos, tem o seu equipamento e faz
a prospecção utilizando, por exemplo, a Cia de A-
viação que faça levantamento aerofotogramétrico,
aerocintilométrico, etc.. mas, é órgão da CNEN e
é feito pela CNEN. De modo, que se eu inadvertida-
mente chamei Depto de Produção Mineral peço des-
culpas, por que se trata realmente de órgão da
CNEN e não do DNPM.

A terceira pergunta, é um caso interessante no
Brasil; a MIBRA tinha as jazidas, quando a Comis-
são foi feita e houve a estatização de minerais
atômicos. Nesta situação a MIBRA ficou enquistada
nos terrenos da Comissão. Fêz-se o seguinte: essa
MIBRA disporia dos minerais que já tinha tratado,
porém faria um contrato de serviços pelo qual ela
trabalharia para a Comissão. Mas apesar de ela não
pertencer a Comissão, ela é uma emprêsa que tem
contratos de serviços pelos quais ela trabalha pa
ra a Comissão, e só pode entregar o material à Co
missão. As descobertas de novas jazidas pela Legis
lação atual terá que ser entregue ao Govêrno, ali
as, nós estamos tentando verificar a possibilida-
de de pelo menos alguns minerais, que estão clas-

sificados, como devendo ser entregues ao Governo, serem parcialmente liberados para o comércio in terno, em certos casos particulares.

A 4ª pergunta é sobre o Plutônio. Real/ o Plutônio, pela Legislação Internacional, o país que o produzir terá que mandá-lo reprocessar nos EE.UU. e o plutônio assim extraído dos elementos de combustível será posto à disposição do país, que irá utilizá-lo e não poderá negociar com esse plutônio a não ser vendendo-o para os EE.UU. Eles têm opção para vendê-lo. Essa é a situação atual. Por exemplo, no Instituto de Energia Atômica, o elemento de combustível tem que ser entregue selado como veio ao governo americano. O governo americano, irá abrir, fazer o reprocessamento, extrair o plutônio obtido e, então esse plutônio será posto à disposição do Brasil e se não for utilizá-lo, o governo americano tem o direito sobre ele.

Oliveira Castro ⁽³⁾ - O Sr acabou de responder com relação ao caldasito e há uma imprecisão que eu gostaria de anotar para que esses registros ficassem mais corretos é que na verdade essas 475 ton de Urânio em Poços de Caldas estão nos que são chamados "veios queimados" descobertos no Morro de Agostinho. São as reservas, digamos assim, de Urânio praticamente solúvel, independente de caldasito. Então, digamos, urânio que não é considerado minério ainda porque está em estudos.

Amorin - Realmente eu me esqueci, no momento, de falar do minério do Morro do Agostinho que é uma jazida situada em Poços de Caldas também, e que tem um minério bastante diferente do caldasito.

O. Castro - Com relação as 55 mil ton de Tório, em Poços de Caldas que o Prof Brandão está pensando ou imaginando que ela seja proveniente do caldasito,

trata-se da jazida do Morro do Ferro em que êsse Tório ocorre associado com argila, com terras raras principalmente. De maneira que não é um óxido de tório, não é do caldasito. Na realidade lá, até o Zircônio é muito baixo.

Amorin

- No Morro do Agostinho praticamente tirando o Urânio, o resto é Al e Fe.

Mijares (4)

- Eu queria formular três perguntas: uma se refere a essa linha aí que foi traçada para os reatores nucleares com a imposição desta dúvida sôbre a incompatibilidade que existe entre as duas linhas tratadas. Aquela linha a longo prazo, de independência nacional, e a outra linha que seria amarrada ao contrôle internacional. Agora se essa segunda linha é para produzir energia e létrica o que deve ser uma atividade econômica pensando no custo em KW em algumas regiões do país, porque essa é incompatível com a outra linha? Em segundo lugar, eu queria perguntar se o IPD que está desenvolvendo um trabalho sôbre a produção de Titânio, numa escala industrial, não estaria em condições de atacar o problema de Zirconio, que como sabemos é produzido por uma técnica muito similar e que o Sr considerou como um elemento fundamental da Energia Nuclear. A terceira pergunta se refere ao Magnésio. O Sr não citou o Magnésio como interessante para a energia nuclear. E devido aos assuntos de batidos nêsse Simpósio nós gostaríamos de saber se o Mg não poderia ser incluído como um metal básico para o desenvolvimento da energia nuclear.

Amorin

- Nós temos duas possibilidades na linha natural. Uma com duas gerações para reatores, e uma com três gerações. A 1ª não utiliza o Tório, nós teremos urânio natural-plutônio, plutônio dando mais plutônio, plutônio fabricando mais plutônio

e assim sucessivamente. A 2ª possibilidade numa linha natural, o urânio natural fabricando plutônio, igual a primeira. Na segunda geração, plutônio 239 e agora empregando Tório como fértil, fabricando U_{233} , e uma 3ª geração, tório fabricando U_{233} e sucessivamente nesta linha.

A linha não nacional, chamemos assim, a linha usando combustível não nacional, seria urânio enriquecido produzindo energia elétrica.

O que eu disse, ou pelo menos tentei dizer, vejo que não fui bem claro, é que se nós utilizarmos essa linha nacional nós estaremos sob o poder da salvaguarda. Porém, paralelamente nós poderemos usar essa linha para produção de energia elétrica. Quer dizer, para a resolução de problemas prementes de energia elétrica, ou para a resolução de problemas de energia elétrica de locais em que economicamente a energia atômica seja viável, nós poderemos usar essa linha.

Agora, por esta linha, nós ficaremos impedidos de ter a nossa independência atômica, porque por essa linha nós não chegaremos nunca a êsses reatores totalmente nacionais. De modo que se nós temos que escolher uma linha nacional, temos necessidade desta linha, mesmo que, e talvez seja até interessante por causa da premência de tempo, de construir um reator nessa linha. Mas sabendo que dêsse reator nós só queremos energia elétrica, não poderemos partir para uma linha nuclear. Agora nessa linha nacional, eu disse que era mais interessante para o Brasil, a linha "b", porque era uma linha que iria utilizar os nossos depósitos de Tório e que nós ficaríamos a partir da 3ª geração independentes de Urânio. Nós não precisaríamos de usar nem nossos minérios de Urânio que nós temos pouco.

Hoje em dia essa linha de urânio enriquecido é competitiva em vários países do mundo com energia térmica, não com a hidráulica. Lugares em

que não haja energia hidráulica é possível usar competitivamente a linha "não nacional". A segunda pergunta foi sobre Zircônio. Essa produção de Zr é de grande importância e nós já entramos mesmo em contacto, pensando em dar ao IPD, esse problema para resolver, e já que o Depto de Materiais está trabalhando tão bem na linha do Titânio, e que a metalurgia do Zr é uma metalurgia semelhante seria de todo interesse os Srs trabalhassem no Zr.

A terceira pergunta é sobre o Magnésio. O Mg é utilizado em reator nuclear numa liga, Magnal, é utilizado principalmente nos reatores da linha inglesa. Eu não sei exatamente a composição dessa liga. É uma liga que tem o nome comercial de Magnal e pode ser utilizado em revestimento de reatores. Eu apenas disse aqui, que como nós temos grandes quantidades de Zr, será preferível que nós tentemos pela linha do Zr do que do Mg, porque nós teremos que extrair Zr para obter U e Th. Então vamos aproveitar esse Zr que terá que ser extraído. Aliás a exploração do caldasito só é econômica se nós pensarmos assim: extraíndo Zr, o Urânio vem de graça.

Mijares

- O magnésio não tem uma outra finalidade como redutor ?

Amorim

- Ah! sim. O Mg seria de grande importância na fabricação do Urânio Metálico, porque como eu disse aqui o Urânio metálico é feito pela redução do U pelo Mg. Os europeus preferem o Cálcio, a fabricação pelo Mg é utilizada pelos EE.UU. e o Mg tem vantagens bastante grandes sobre o Cálcio sob o ponto de vista de obtenção, quantidade, pureza, etc. Inclusive serve para outras coisas, enquanto o Cálcio metálico teria um emprego muito restrito.

Aparteante

- Eu desejaria fazer um adendo: o conferencista por razões de escrúpulos não quis transmitir alguns detalhes do programa de energia nuclear, que o julga que não esteja autorizado para isso. Eu como Chefe de Gabinete, queria esclarecer uns pontos porque eu sei que tenho autorização para tal. No aspecto da política nacional de reatores, já está na mente da maioria qual a dúvida em adotar a linha "não nacional", concomitante com a linha nacional, face a situação atual do país. Não há dúvidas a respeito. A dúvida é resultante do Programa para o futuro, as prioridades a serem determinadas, em que intensidade. A linha "a" da linha nacional, me parece pouco viável no momento, nós não temos Urânio, mas no prazo de 3 anos me parece muito provável nós já termos encontrado jazidas de Urânio.

Amorim

- Realmente há uns pontos a serem observados: 1ª usina custa da ordem de 100 milhões de US\$ mais ou menos, o que é um investimento de instalação oneroso ao país, mas a produção de energia elétrica por KW é mais cara, ela é competitiva por enquanto. Só com a térmica; quanto a instalação, aqui ou lá para economizar o transporte de energia, há às vezes aspectos que não são considerados no estudo do problema. É que a energia nuclear deve ter um alto fator de aproveitamento, deve ser cerca de 80-90%. Porque um reator deve ter um fator de carga grande, pois ele tem o chamado envenenamento que dificulta a esse reator voltar a sua plena carga rapidamente. Então esse reator tem de funcionar, no que se chama, na base. Então ele deve ser colocado num local ou numa região em que essa energia elétrica seja base, haja portanto de fator de carga contínuo. Sempre

há um pico de demanda de manhã, outro pico se não me engano às 5 ou 6 horas da tarde e maior à noite. Colocar um reator nuclear num local que não tenha outra fonte de energia, me parece, que ainda não é viável para aproveitamento a não ser com baixo aproveitamento e uma energia muito custosa. Por isso inclusive só se fala do reator de 500 MegaWatts. Por que 500 MegaWatts? Porque a faixa de 400 megawatts para cima é a faixa em que começa a ser realmente competitiva com a energia térmica do carvão do petróleo. E 500 megawatts nós somente precisamos para complemento na região centro-sul. É lógico, que isso não impede que se pense em outras soluções. Mas no momento, me parece a solução mais lógica do ponto de vista exclusivamente energética. Houve algum celeuma no Governo passado, a respeito da instalação de reatores nucleares. É função, é responsabilidade absoluta da CNEN a instalação de reatores nucleares. Não fica apenas a critério do Governo instalar reator aqui ou lá; se constitui num planejamento nacional a instalação de reatores, de responsabilidade da CNEN. Agora a Comissão resolveu entrar numa espécie de acordo com a Eletrobrás por achar que não era justo, ela planejar a instalação de reatores em relação às linhas e redes que eram de responsabilidade da Eletrobrás. Então dentro de 1 mês, no mais tardar, deve haver um convênio CNEN-Eletrobrás para instalação de reatores nucleares no país. Que fiquem bem definidos os setores de responsabilidade de um e de outro órgão nesse sentido. É lógico que os apêlos de cada Governo de Estado serão considerados, com a máxima atenção, mas dentro de um plano realmente energético nacional.

Edio Azevedo⁽⁵⁾

- Primeira pergunta é sobre o U, que chama sob salvaguarda. Eu ouvi dizer, e gostaria de saber do Cel Amorin, que o Urânio tem sido doado pelos franceses ao Brasil para tipos de reatores sub-críticos sob o estado de salvaguarda. Eu gostaria de saber se é verdade ou se é só os americanos que teriam salvaguarda. E se naquelas reuniões em Viena alguns países não aceitaram esses requisitos de salvaguarda; poderiam estes fornecer ou vender o U, sem essa preocupação da salvaguarda? Eu queria saber se isso é internacional, incluindo a França, ou se isso é específico para alguns países. A segunda pergunta, ou consideração, seria sobre as linhas de reatores. O problema é a incompatibilidade das duas ou não. Existe uma primeira etapa que é comum de todas e ela é nacional. E tem que ser feita, e porque não darmos prioridade a essa primeira etapa que é comum de dois itens? E enquanto estamos preparando pessoal, preparando urânio, preparando então todo o equipamento, Zr, magnésio, etc. nós estamos também estudando outras soluções.

Então no meu ponto de vista, eu tenho a impressão que o problema prioritário, inicial, é a primeira etapa das linhas nacionais quer no caso a ou caso b. Isso vai ser trabalho de uns 2 ou 3 anos, tem tempo para pensar, para raciocinar qual a segunda etapa, então eu perguntaria por que não agir diretamente nessa 1ª etapa?

Maj Hércio⁽⁶⁾

- Eu creio, quanto ao urânio da França para reatores de pesquisas é um conjunto sub-crítico lá do IPR. E esta questão de urânio sob salvaguarda é um procedimento internacional. E a salvaguarda, a finalidade dela, primordial é evitar que o material venha a ser do uso de militares. Mas a questão é a seguinte, cada país tem direi

to a receber sem salvaguarda uma determinada quantidade de combustível. Aquêles que se julga não ser suficiente para ser desviado para fins militares. Então nós podemos inclusive importar, e já o fizemos de países que são do convênio, mas desde que ainda não se chegue a quantidade limite ou partir da qual o urânio importado passa a ter inspeção.

A salvaguarda não é sôbre todo o material. A salvaguarda tende a ser cada vez mais rígrado. Um contrôle cada vez mais severo. Isso é, um dos motivos porque estamos tentando fazer uma linha inteiramente nacional. Não há nenhuma incompatibilidade da linha de combustível não nacional com a linha de combustível nacional. Tanto que já está aprovado pelo presidente êsse reator, aquirido com a finalidade energética. Poderá ser de urânio enriquecido mas poderá ser de urânio natural. Mas também nêsse caso seria sob inspeção porque seria uma quantidade tal de urânio natural, e com a produção de plutônio êle ficaria sob inspeção internacional. A linha nacional é sem salvaguarda e com tôda a dificuldade de vai-se fazer alguma coisa sôzinho, com uma infraestrutura industrial ainda talvez não adequada aos padrões nucleares. O que é ótimo para a indústria normal, é razoável para a indústria nuclear.

Mas já estamos trabalhando nisso. Pesquisando dados, calculando e verificando possibilidades. assim que ficar definida a prioridade talvez seja até um documento público, não há nada reservado. Apenas não queremos fazer nenhuma coisa depressa e errada.

Muller (7)

- Eu também me constituo, como a grande maioria, leigo em reatores. Eu não tenho a mínima idéia dos tipos de ligas que poderão ser utilizadas; já que estamos num simpósio de não ferrosos gos

tariamos de saber em que quantidades serão usadas, e quais seriam as medidas que estão sendo tomadas para garantir uma certa independência nacional no tocante ao fornecimento dessas ligas. Sei também que terá que ser utilizado grafite e esse grafite já tem um programa de produção no Brasil? A 2ª dúvida, é qual a pureza do metal utilizado no reator e sob que forma é fundido, laminado, forjado, sinterizado? E uma 3ª pergunta, gostaria de uma estimativa por alto do número de pesquisadores que estão envolvidos nesses projetos. Nos projetos de todas as entidades atômicas do Brasil.

Amorim

- O urânio pode ser utilizado no reator nuclear em diversas formas. O que interessa apenas no combustível nuclear é o isótopo ^{235}U ele é que vai sofrer a fissão. Então os combustíveis nucleares utilizados normalmente são o urânio natural onde a concentração de ^{235}U é garantida de 0,7% e o urânio enriquecido onde o enriquecimento varia de 0,71 até 100%. Na realidade o que se usa é da ordem de 3-5% numa faixa e da ordem de 25% se usa numa outra faixa. O americano chegou a levar os reatores a 80-90% mas hoje em dia não se usa tão enriquecido assim. Quanto a forma com que ele se apresenta, inicialmente foi usado o urânio em forma de óxidos no primeiro reator, na primeira pilha atômica, essa que comemora hoje o 25º aniversário. Depois passou-se a usar urânio em forma metálica, pura. Hoje em dia se usa as ligas de urânio, principalmente com Al, com Zr, com Molibdênio, pode-se utilizar carboreto de U, pode se usar sais solúveis, como por exemplo, sulfato de uranila, nitrato de uranila; estes usados no caso dos reatores chamados homogêneos, dissolvem-se estes sais de Urânio na água e aquele líquido é usado

como combustível. De forma, que êle se apresenta em UO_2 sinterizado (o Urânio puro usa-se pouco) disperso numa matriz ou U-Zr, ou U-Mb, ou U-Al, êsses materiais se adicionam, para dar as propriedades mecânicas que faltam ao Urânio. Ou então como cerâmicas, carburetos, ou sais solúveis. As quantidades são função do grau de enriquecimento. O reator com urânio natural, tem que utilizar grandes quantidades de urânio porque 0,7% dêsse urânio é aproveitado na fissão. O primeiro reator que foi feito na Inglaterra, tinha 40 ton de U natural. Êsses elementos combustíveis sólidos não podem ser utilizados em contacto com o resto de reator porque os produtos iriam contaminar o interior do reator. Então êles têm sempre que ser usados dentro de um revestimento estanque. Para êste revestimento estanque é utilizado, o Al que, é o metal mais usado para reatores de potência pequena. Quando nós subimos a temperatura, por questões só de resistência à temperatura nós usamos o Mg, o Zr, liga de Zr com 2% de estanho, e 1% de Cu, me parece. Êstes são os metais de revestimento. Os francêses tentaram atualmente usar o Be, não deu muito certo mas estão cohtinuando os estudos por lá. Além dêsses existem os mateirais moderadores, dos quais os principais são a água pesada e o grafite. Materiais outros usados são: o Cádmio, que é usado como absorvedor de neutrons como barra de contrôle; o Boro com a mesma finalidade, de um modo geral um Aço ao Boro, um Aço contendo 1-2% de Boro, e em muita pequena quantidade o Háfnio. Êsse Háfnio é interessante nós pensarmos nêle porque todo Zr tem Háfnio. E além di disso todo Zr para poder ser usado nessa função tem que ser isento de Háfnio. Então para tirar o Háfnio do Zr nós obtemos uma quantidade de Háfnio que poderá ser também utilizada. Êle por sí só não seria um bom material de con-

trôle mas poderá ser usado. O resto dos materiais usados são: o concreto, o chumbo. Em ligas de Níquel, usa-se as do tipo Incomel.

Aparteante

- E a grafite deverá ser importada?

Amorin

- Êste é um dos pontos também que está sendo estudado pela Comissão.

Qual o moderador que vai se usar? Na hora de escolher o reator surge outra indeterminação. Qual o moderador? O melhor moderador do mundo é a água pesada, em segundo lugar vem a grafite. Então se nós quisermos economizar urânio usaremos água pesada se não quisermos economizar tanto urânio usaremos grafite. A água pesada é fabricada por concentração da água natural. O Instituto Militar de Engenharia estudou um processo e tem uma instalação pequena, piloto, que está fabricando em pequenas quantidades, só para fins de laboratório. E a grafite houve um estudo bastante grande feito pelo IPR.

A grafite especial é feita de coque de petróleo e alcatrão. De modo que temos um sub-produto de indústria petrolífera. Agora eu acho que não há nenhum estudo no momento. Parece que está parado.

*
* *

- 1) Cel Hernani Augusto Lopes de Amorim
Engenheiro Químico e Nuclear - CNEN
- 2) Francisco de Assis Gonçalves de Amorim Brandão
Professor Associado de Física - ITA
S. José dos Campos
- 3) Luis de Oliveira Castro
Vice-Diretor do IPR
- 4) Pedro Mijares Cibrian
Pesquisador do Depto de Materiais - IPD/CTA
S. José dos Campos
- 5) Édio Vieira de Azevedo
Prof Catedrático de Metalurgia Física da EEUFMG
- 6) Maj Hércio Modesto da Costa
Chefe de Gabinete do Presidente - CNEN
- 7) Arno Muller
Engenheiro Metalúrgico pela Universidade Federal do Rio Grande do
Sul - 1962
Pesquisador do Depto de Materiais - IPD/CGA
S. José dos Campos

