

ENERGIA NUCLEAR

Não foi possível apresentar esta secção nos dois últimos números. Não queremos porém que se interrompa a História da Energia Nuclear com que a costumamos abrir, e por isso, e com a devida vénia, transcrevemos integralmente do Boletim Informativo da CPIN, a parte referente a 1956 e ao primeiro semestre de 1957, publicadas nos números 7 e 8 daquele nosso suplemento.

A necessidade de reduzir o volume de páginas de cada número da «Electricidade», em face das insistentes reclamações contra tão grande quantidade apresentada, obriga-nos a reduzir desde já a extensão da secção, esperando dar satisfação aos leitores com outras medidas que vamos pôr em prática.

Para terminar esta nota de introdução, queremos deixar registado o apreço em que temos a colaboração prestada pelos serviços técnicos da «Companhia Portuguesa de Indústrias Nucleares», fornecendo-nos os elementos para que desde o número oito tenhamos podido manter com interesse esta secção.

HISTÓRIA DA ENERGIA NUCLEAR

1956

Em 1956 tiraram-se as consequências práticas do novo clima internacional de que a Conferência de Genebra foi a expressão mais saliente. Com efeito, a indústria privada, até aí contida pela política de segurança militar, lança-se entusiasticamente no caminho do estudo das aplicações pacíficas da energia nuclear, nomeadamente da produção de energia eléctrica. Nos Estados Unidos debatem-se já os problemas postos pela definição das esferas de acção próprias da indústria particular e dos organismos governamentais sendo de notar a forte pressão exercida por aquela sobre o Governo no sentido de serem «desclassificados» os documentos de primordial interesse para a indústria.

O Relatório McKinney, da comissão nomeada pelo «Joint Committee on Atomic Energy» para estudar a repercussão da energia atómica na economia e indústria dos E. U. A. apresentou conclusões optimistas. Atendendo à crescente procura considerou aquela comissão que toda a energia que se pudesse produzir quer a partir de combustíveis fósseis, quer a partir da energia nuclear viria a ser necessária. Prevê ainda o relatório que será em 1965 que a energia nuclear poderá ser produzida nos E. U. A. a preços de competição e preconiza a construção pelos poderes públicos de uma central de escala industrial no caso de se verificar da parte da indústria privada qualquer retraimento perante os riscos da empresa. No que respeita à informação aconselha que «se liberte tudo o que se refere a tecnologia dos reactores, incluindo o fabrico dos elementos de combustível e as técnicas de processamento, da categoria sujeita a restrições, deixando ao sistema de classificação de defesa o cuidado de proteger as aplicações especificamente militares».

No plano internacional, em cumprimento do programa dos «Átomos para a Paz» os E. U. A. prontificaram-se a fornecer urânio enriquecido a outros países com a condição de esse urânio ser devolvido para reproprocessamento, mas esta condição, considerada inaceitável pelos beneficiários, foi por fim eliminada. Em Outubro, a firma «Mallinckrodt Chemical

Works» inaugurou a primeira fábrica não governamental de produção do óxido de urânio enriquecido destinado às centrais nucleares de potência.

As perspectivas industriais põem com acuidade o problema dos técnicos e cientistas que virão a ser necessários e a AEC baseando-se em curvas de crescimento uniforme prevê que, em 1975, a indústria absorverá entre 40 000 e 50 000 físicos, químicos, engenheiros e outros técnicos. Para fazer face às necessidades imediatas, ainda segundo a AEC, deveria elevar-se o número de especialistas preparados de 500 para 2000 por ano.

É ainda na mesma linha de acontecimentos que se situa a aprovação dos estatutos da Agência Internacional da Energia Atómica após três anos de negociações que pareciam não poder conduzir a um desenlace positivo. Viena foi a cidade escolhida para sede da Agência e os Estados Unidos anunciaram imediatamente que poriam à sua disposição 5000 kg de U235 e que, além disso, igualariam qualquer donativo de outra nação realizado até Julho de 1960. PORTUGAL figurou entre as 12 nações que propuseram o projecto de estatuto que veio a ser aprovado com emendas e a Junta de Energia Nuclear pôs à disposição da Agência uma importante quantidade de urânio.

As seis nações da Comunidade Europeia do Carvão e do Aço constituíram uma organização semelhante relativa à energia atómica, a EURATOM, com o apoio dos Estados Unidos. A Inglaterra, hostil de início, resolveu por fim associar-se ao plano mas não integrar-se nele. As partes contratantes afirmaram a sua «vontade de estabelecerem... formas de colaboração mais íntimas do que as da OECE».

Na Inglaterra, a estrutura conseguida com uma tenacidade exemplar, foi coroada pela inauguração oficial, em Outubro, da Central de Calder Hall a primeira do mundo em escala industrial. Este feito veio de certo modo confirmar os dirigentes da energia atómica quando proclamavam o avanço do Reino Unido, neste domínio, em relação aos restantes

países e se declaravam preparados para construir e vender centrais semelhantes ou modificadas.

Ainda no mesmo ano entraram em funcionamento em Harwell o reactor de ensaio de materiais de urânio enriquecido, designado por *Dido*, e o primeiro reactor inglês de piscina (*Lido*).

Com a entrada em funcionamento do reactor G1 de Marcoule em 7-1-56 a França tornou-se o segundo país do

mundo a possuir uma central produtora de energia eléctrica. Com a potência eléctrica de 5 MW e térmica de 40 MW a principal função desta central é a produção de plutónio e não, evidentemente, a de electricidade.

Na Rússia iniciou-se a construção do quebra-gelos Lenine de 25 000 toneladas e de 200 MW térmicos de potência que viria a ser o primeiro navio de superfície de propulsão nuclear.

PRIMEIRO SEMESTRE DE 1957

Este período é caracterizado pela definição dos programas nucleares nacionais que começam a corporizar-se, sobretudo no domínio das aplicações pacíficas. A experiência adquirida pelos países mais avançados é precisamente aproveitada no sentido de se evitarem aos países economicamente menos poderosos as despesas desnecessárias que sem dúvida teriam de suportar se partissem do zero. É esse também o sentido dos acordos internacionais esboçados ou firmados na época, embora com as limitações impostas pela conjuntura política e pela luta dos interesses em jogo.

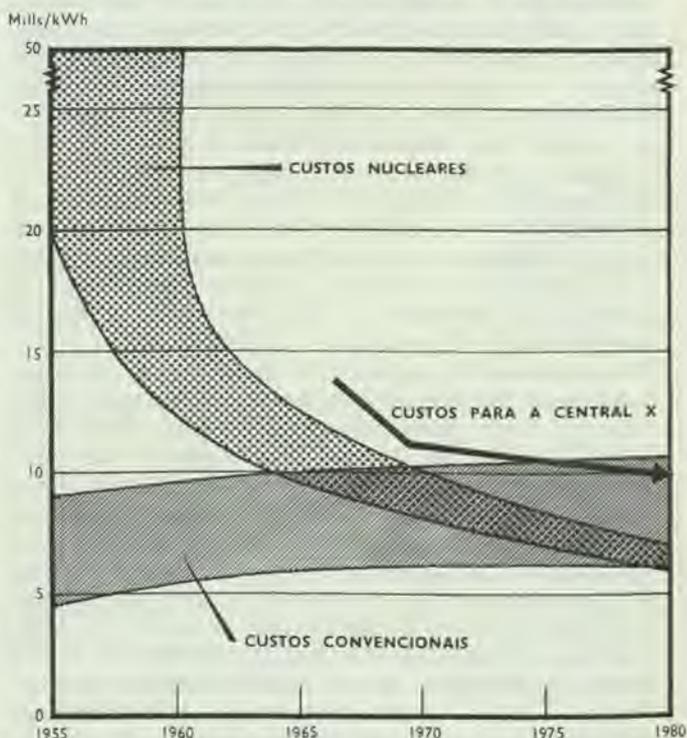
Em França, no Reino Unido, nos E. U. A. e na U. R. S. S., adquire-se experiência de exploração dos reactores já em funcionamento e procuram-se outras soluções possíveis no domínio dos reactores de potência com o objectivo de fazer entrar a nova fonte de energia no circuito económico em condições de competição com as formas energéticas clássicas.

São firmados os primeiros contratos para aquisição de reactores e centrais nucleares, inaugurando-se deste modo o mercado internacional neste novo campo de actividade.

De facto, a primeira grande central nuclear com a potência de 138 MW foi encomendada à «Westinghouse» pela organização Edisonvolta, subsidiária da «Società Edison» de Milão. A referida central, semelhante à que a Westinghouse tinha em construção em Rowe deverá utilizar um reactor de água sob pressão e o seu custo será de cerca de um milhão de contos. Um membro da CEA do Japão preconizou a compra, na Inglaterra, de um reactor do tipo de Calder Hall, de modo que aquele país pudesse adquirir a necessária experiência de exploração de centrais nucleares e, simultaneamente, suprisse a falta de energia eléctrica que nele se faz sentir. No mesmo país terminou a construção do primeiro reactor de investigação fornecido pela «Atomic International». Ao Brasil começaram a chegar as partes do reactor de piscina de 5 MW, que viria a ser o primeiro instalado na América Latina, e na Holanda entrou em funcionamento o primeiro reactor vendido no estrangeiro pelos E. U. A. Nos países que perderam a guerra, começou a surgir a indústria nuclear: Na Alemanha Ocidental, a Sociedade «Degussa», fabricou os primeiros elementos de combustível destinados ao primeiro reactor de investigação completamente construído na Alemanha (Karlsruhe); no Japão, uma sociedade produtora de adubos químicos a «Showa Denko Kaisha», iniciou o fabrico de água pesada numa fábrica piloto com a capacidade de produção de 7 a 8 toneladas por ano. Diversos países, nomeadamente Portugal, Espanha e França, procuraram fazer o cadastro dos seus recursos em matérias cindíveis e férteis e em outros materiais de interesse para a nascente indústria nuclear. A prospecção realizada sistematicamente estendeu-se a todo o território daqueles países. A França tornou públicos os resultados obtidos, verificando-se que os recursos de urânio eram avaliados em cerca

de 50 000 a 100 000 toneladas, no território metropolitano, o que equivale a afirmar que a França é, dos países da Europa Ocidental, o mais rico em urânio. Além disso foram encontrados em Madagascar jazigos de urânio-torianite com um teor de 10-20% de urânio e de 60-70% de tório. Em Chatanooga, nos Estados-Unidos, a firma «Heavy Minerals Co» inaugurou uma fábrica destinada à produção de compostos de tório, nomeadamente de óxido de tório para reactores; nos seus laboratórios de Cincinnati, a «U. S. Industrial Chemicals Co» iniciou o estudo de um processo australiano de separação do háfnio e do zircónio com a intenção de o industrializar se os resultados fossem animadores. A obtenção de zircónio isento de háfnio por um processo económico é um dos condicionamentos de utilização, em larga escala, daquele metal nos reactores nucleares.

O segundo submarino americano de propulsão nuclear, o «Seawolf», saiu para o mar em Janeiro de 1957 depois de ter estado cerca de um ano e meio em reparações devido a acidentes de corrosão que se verificaram no sistema de arrefecimento por sódio líquido; o «Nautilus», depois de navegar durante mais de dois anos sem necessidade de se reabastecer



CURVAS DE CUSTO DE DAVIS-RODDIS. O gráfico ilustra o facto de, para qualquer central X, os custos de exploração iniciais serem mais elevados em virtude dos problemas especiais do arranque; as estimativas do gráfico baseiam-se em custos «estabilizados» descontando este factor. (Reproduzido de Nucleonics, Abril 1957)

de combustível, percorrendo cerca de 55 000 milhas, recolheu ao estaleiro a fim de ser substituído o núcleo do seu reactor e de se proceder a estudos relativos ao núcleo primitivo. O comportamento do «Nautilus» animou os Estados Unidos a ampliarem o seu programa de construção de navios de propulsão nuclear, prevendo-se que em 1966 a Marinha americana deverá dispor de 6 porta-aviões movidos por reactores e para breve o início da construção do cruzador «Long Beach». Também a Inglaterra e a França começaram a preocupar-se com a utilização dos reactores na propulsão naval: a primeira iniciou os estudos de um petroleiro e de um submarino (que virá a ser o «HMS DREADNOUGHT») e a segunda o de um submarino (Q-244) ao mesmo tempo que prepara activamente tripulações não só para este como para outros navios.

Prosseguiram as negociações para ratificação dos estatutos da Agência Internacional para a Energia Atómica e para a reunião em Veneza, da primeira conferência, ao mesmo tempo que uma Comissão Preparatória, presidida pelo delegado

governamental brasileiro Carlos Bernardes, preparava um projecto de trabalho que definia as relações entre a AIEA e as Nações Unidas.

Um grupo de delegados dos países do EURATOM, assistido por peritos americanos, anunciou a próxima publicação de um relatório pormenorizado estabelecendo as condições de êxito de um programa que previa a construção, até 1967, de centrais nucleares com uma potência total de 15 000 MW. Numa comunicação ao Congresso Nuclear de Filadélfia, W. Kenneth Davis e Louis H. Roddis, respectivamente director e director-adjunto da «Division of Reactor Development» da AEC americana, previram que, à volta de 1965, a energia nuclear seria produzida nos E. U. A. a um preço que poderia entrar em competição com o das fontes convencionais de energia.

As conclusões do estudo dos dois especialistas tiveram repercussão mundial e são resumidas pelas curvas representadas na figura que reproduzimos.

SEGUNDO SEMESTRE DE 1957

Com a assinatura pelo Presidente Eisenhower do respectivo instrumento de ratificação tornou-se numa realidade a Agência Internacional para a Energia Atómica. Era exigida a ratificação de dezoito países entre os quais figurassem pelo menos três dentre os cinco seguintes — Estados Unidos, Reino Unido, U.R.S.S., França e Canadá — para que a Agência se pudesse constituir. A assinatura dos Estados Unidos, em 29 de Julho, depois das da U.R.S.S. e da Grã-Bretanha, veio satisfazer as condições mínimas elevando a 21 o número das nações que ratificaram os estatutos da AIEA, entre as quais se contava PORTUGAL. Em Outubro reuniu-se em Viena a primeira Conferência dos países membros com o objectivo de escolher o Director Geral e o Conselho de Governadores, de fixar as contribuições dos membros, estabelecer o programa e orçamento do primeiro ano, bem como proceder à escolha da data e lugar da segunda Conferência Geral em 1958.

Foi indigitado e nomeado Director Geral da Agência o senhor W. STERLING COLE, membro do Congresso e do «Joint Committee on Atomic Energy» dos Estados Unidos, sendo PORTUGAL uma das 23 nações representadas no Conselho dos Governadores. No final de 1957 a Agência compreendia já 57 membros.

Por iniciativa da Universidade de Columbia reuniu-se, também em Outubro, a 12ª Assembleia Americana em que tomaram parte personalidades de renome internacional como os professores ROBERT OPPENHEIMER e I. I. RABI, o General LYMAN LEMNITZER, Sub-Chefe do Estado Maior General do Exército dos Estados Unidos, o presidente da Standard-Vacuum Oil Company, L. V. COLLINGS, Harold S. Vance da USAEC e muitas outras individualidades de destaque na política, na economia e nas forças armadas dos Estados Unidos. O relatório final da assembleia, publicado com o título «Atoms for Power: U. S. Policy in Atomic Energy Development» teve a maior repercussão mundial. Analisa a política americana da energia nuclear nos seus múltiplos aspectos que vão desde as questões de prestígio de uma grande potência como os Estados Unidos, até à recomendação de uma colaboração mais íntima entre os organismos governamentais e a indústria privada no desenvolvimento das aplicações pacíficas da energia atómica.

Têm especial interesse as prevenções contra o perigo de se tomar como realidade actual o que não passa de possibilidade a longo prazo. As desilusões seguir-se-iam necessariamente e cair-se-ia na posição de descrença tão injustificada como a anterior. O referido documento põe em confronto a posição dos Estados Unidos e da U.R.S.S., países ricos de recursos energéticos convencionais, com a de outros, como a Inglaterra e a França, para os quais a possibilidade de recurso a outra fonte de energia é providencial.

No entanto, a questão assume nos Estados Unidos aspectos especiais de modo que as «decisões sobre o tipo, dimensões e prazos de construção não podem ser tomadas apenas com os olhos postos nas necessidades de energia dos Estados Unidos e devem ser influenciadas por considerações de carácter internacional». No que respeita aos países subdesenvolvidos preconiza o relatório que se distinga entre os que já deram os primeiros passos na via da industrialização e os que ainda não começaram, sublinhando que: «— Embora a energia seja um elemento indispensável numa economia industrial, é, no entanto, apenas um elemento e não o mais importante do complexo. O seu desenvolvimento e utilização devem ser escalonados no tempo em relação com o desenvolvimento das necessidades de energia bem como com a satisfação dos requisitos de treino e pericia na utilização dos aparelhos produtores de energia». Na 11ª Conferência Mundial de Energia, reunida em Belgrado, duas comunicações russas permitiram fazer uma ideia do programa nuclear da U.R.S.S. sendo de notar o paralelismo existente entre este e o programa americano. Como nota uma dessas comunicações «é interessante o facto de o estudo independente dos reactores em diferentes países ter conduzido a decisões análogas no que respeita ao projecto de reactores».

Na Grã-Bretanha, o Ministro da Energia concedeu autorização formal para a construção da terceira central nuclear da «Central Electricity Authority» em Hinkley Point. Esta central virá a ter dois reactores de 250 MW (eléctricos) e custará cerca de 6 milhões de contos.

Em Espanha assiste-se a um incremento de interesse pela energia nuclear. Os peritos económicos chegaram à conclusão que, para este país, cuja população aumenta de

2 milhões em cada 5 anos, assim como para a Inglaterra, Suécia e outros estados europeus, a energia nuclear constitui a única perspectiva de salvação de uma grave, e de outro modo insolúvel, deficiência de recursos energéticos. Com esta visão do problema a Espanha vem realizando um programa de formação de técnicos e tem em construção um reactor de piscina de 3 MW, uma fábrica de água pesada e outra destinada à concentração dos minérios de urânio. Encara também a possibilidade de adquirir centrais nucleares noutros países.

Na França, em Chinon, prosseguiram os trabalhos de construção da central EDF-1, prevendo-se para 1959 a entrada em serviço do reactor de 60 MW moderado por grafite e arrefecido por anidrido carbónico. O CEA francês anunciou a intenção de construir um navio-tanque de 40 000 toneladas com propulsão nuclear.

A Suécia cujo primeiro reactor, R-1, foi inaugurado em 1954, anunciou um programa em que se previa a construção, num período de dez anos, de uma grande central nuclear e de 5 a 6 centrais produtoras de vapor para aquecimento.

No Canadá, depois de 6 anos gastos em trabalhos de projectos, estudos de engenharia e construção, divergiu o reactor NRU de alto fluxo que entrou em funcionamento a baixa potência, progressivamente elevada, mais tarde, até ao valor de 200 MW (térmicos). Este reactor tem como finalidade, além da produção de plutónio e de radioisótopos, a realização de ensaios de materiais e de experiências científicas. Em 16 de Setembro divergiu o reactor de piscina de 5 MW, da Universidade de S. Paulo, no BRASIL. Primeiro reactor a entrar em funcionamento na América do Sul, foi adquirido nos Estados Unidos e era, quando entrou em funcionamento, o maior reactor de piscina do mundo.

No domínio da investigação da fusão termonuclear não parecem ter sido grandes os progressos segundo se depreende do comunicado de uma conferência de especialistas americanos e ingleses realizada na Universidade de Princeton. A interpretação dos resultados experimentais não é clara, sendo difícil distinguir, dentre os neutrões produzidos no plasma, os que resultam de verdadeiras reacções termonucleares daqueles que são produzidos em consequência de outros mecanismos.

ENSAIOS

J. C. DA COSTA ANDRÉ

UMA ESTIMATIVA ACTUALIZADA DOS CUSTOS DE PRODUÇÃO DE ELECTRICIDADE NOS REACTORES DE MAGNOX

Em número recente da revista Nuclear Engineering (vol. 5, N.º 46, Março 1960) e sob o título *Magnox Reactor Generation Costs — An up-to-date assessment* aborda-se o problema da determinação dos custos do quilowatt-hora produzidos pelos reactores arrefecidos a gás e moderados a grafite, usando bainhas de Magnox.

Embora se não apresentem números definitivos fazem-se considerações de interesse tendentes a orientar os espiritos perturbados por abundantes escritos recentes sobre o tema. Em primeiro lugar é importante notar que o próprio CEBG se mostra relutante em apresentar números definitivos para os reactores deste tipo ainda que só para os de BRADWELL OU BERKELEY.

É verdade que se tem atribuído a este organismo a responsabilidade por alguns dos números publicados mas nos casos em que isso se tem verificado estes contêm *mais rubricas* que as referidas para as centrais convencionais, por exemplo, interruptores, instalações de acesso ao local da central, encargos de transporte excessivos e os importantes aumentos de encargos resultantes de alterações dos projectos.

Nota-se ainda que nos cálculos habitualmente publicados se avalia o custo dos elementos de combustível em £ 20 000 por tonelada. No entanto o preço actual que a Atomic Energy Authority está debitando nas vendas para os utilizadores estrangeiros de reactores projectados na Grã-Bretanha, é de cerca de £ 17 000 por tonelada (preço para mercadoria colocada sem embalagem num porto britânico). Entende a redacção da revista que mais correcto, quando se fazem cálculos abrangendo a vida útil provável da central, será trabalhar com o preço de £ 15 000 por tonelada, visto ser de aguardar uma queda de cotações de urânio quando se firmarem os novos contratos de compra.

Feita uma consulta aos construtores das referidas centrais sobre o possível custo de uma central de 150 MW (um só reactor) e outra de 500 MW (dois reactores) obtiveram-se os elementos que permitiram estimar os encargos médios prováveis nos seguintes quantitativos:

Quadro I

CENTRAIS CONSTRUÍDAS NO REINO UNIDO

Potência instalada	150 MW	500 MW
Edifícios e Equipamento, (£/kW)	135	95
Juros durante a construção, (£/kW)	18	13
Outros encargos (terrenos, linhas de transporte, etc., (£/kW)	5	5
	158	113
Custo da primeira carga de combustível, (£/kW)	16,5	16,5
Investimento Total (£/kW)	174,5	129,5
Encargos de capital, (d/kWh)	0,48	0,33
Encargos de imobilização do combustível, (d/kWh) *	0,04	0,04
Consumo de combustível, (d/kWh)	0,10	0,10
Encargos de exploração e conservação, (d/kWh) .	0,06	0,06
Custo do quilowatt-hora (d/kWh)	0,68	0,55

* Estes encargos são calculados aplicando as taxas de 5,5% sobre o custo da primeira carga de combustível, e a de 2,87% sobre a diferença entre o preço do combustível novo e o valor do plutónio recuperado.