ENERGIA *

CARLOS DE AZEVEDO COUTINHO BRAGA

Engenheiro Electrotécnico e Doutor em Ciências Físico-Químicas (U.P.)

PROFESSOR CATEDRÁTICO DA FACULDADE DE CIÊNCIAS DO PORTO

Foi-me confiada, por deliberação do CONSELHO ESCOLAR DA FACULDADE DE CIÊNCIAS, a incumbência de proferir a oração inaugural deste ano lectivo.

Aceitei-a por dever de cargo, embora reconhecendo a dificuldade de me desempenhar bem de tão honrosa missão; e, procurando um assunto de importância primordial no mundo de hoje, foi naturalmente que me veio ao espírito a ideia de escolher a ENERGIA para tema desta oração que não será de sapiência porque tal o não permitem a insuficiência dos meus conhecimentos e o limitado tempo de que posso dispor.

A energética, como diz W. OSTWALD no seu célebre livro *A energia*, permite encarar dum único ponto de vista as manifestações mais variadas do saber e do poder humanos e dá-nos o meio, não só de compreender o passado e de julgar o presente como ainda de prever o futuro.

Um balanço retrospectivo da evolução da noção de energia e da sua utilização pelo Homem, a enumeração das necessidades energéticas actuais de Portugal, da Europa, do Mundo, a previsão da evolução dessas necessidades e da forma de as satisfazer, eis o tema que me propus.

O encargo é pesado e modestos os conhecimentos e forças de que disponho mas quando nos propomos uma tarefa é necessário executá-la; que se não possa dizer que me faltou energia para falar da Energia.

Uma pessoa energética é a que começa por saber o que quer e que, em seguida, executa os seus projectos, mesmo quando estes são contrariados por toda a espécie de obstáculos. Foi, aliás, esta noção clássica que, transportada do domínio moral para o domínio físico, conduziu à noção física actual de energia.

O conceito de energia aparece pela primeira vez, dum modo claro e preciso, em 1842, na memória publicada nos *Annalen der Pharmacie und Chemie* pelo médico de Heilbronn, JULIUS ROBERT MAYER, sob o título *Observações sobre as forças da natureza inanimada*. A MAYER se deve o pri-

meiro princípio da Termodinâmica, como a SADI CARNOT o segundo princípio, exposto em 1824 no opúsculo intitulado *Reflexões sobre a potência motriz do fogo*.

Para os físicos de hoje, a Energia já não é apenas, como pensavam os fundadores da Termodinâmica, a porção de trabalho que podemos tirar dum sistema ou a capacidade que este possui de produzir trabalho; é, antes, num sistema isolado, um *invariante* do ponto de vista puramente matemático, uma grandeza *multiforme* do ponto de vista físico.

A Energia é, diz JEAN PERRIN, a Alma do Universo, realidade proteiforme indestrutível e inacessível aos nossos sentidos, substrato comum de todas as coisas. Mais prosaicamente diremos que a Energia é tudo o que produz ou pode produzir acção.

A noção de energia está assim ligada a todas as manifestações de força e de movimento e aparece-nos sob os mais variados aspectos: energia muscular, mecânica, gravítica, calorífica, química, eléctrica, magnética, radiante, nuclear.

Sabemos hoje que o calor ou é energia cinética global das moléculas ou é energia radiante e que esta, como a energia química e a de coesão, é de natureza electromagnética; mesmo assim somos obrigados a encarar quatro tipos diferentes de energia: potencial, cinética, electromagnética e nuclear.

Qualquer que seja o aspecto com que se nos apresenta a energia podemos, em última análise, medi-la pelo trabalho que lhe é equivalente, mas a capacidade que um sistema isolado possui de produzir trabalho diminui no decurso das suas transformações espontâneas.

Aumento de entropia, degradação de energia são modos de exprimir a redução da capacidade de produzir trabalho, a tendência à transformação

* Oração inaugural do ano lectivo 1957-1958 da Universidade do Porto, lida pelo autor em 16 de Outubro de 1957.

espontânea numa parcela mais nobre da energia em calor e deste à passagem a temperaturas cada vez mais baixas. Como diz G. BRUNHES no seu livro *A degradação da energia é necessário na energia global dum sistema distinguir entre energia-riqueza e energia sem valor*. A energia global conserva-se mas a energia-riqueza, a energia utilizável, capaz de se transformar em trabalho mecânico, essa gasta-se, diminui inexoravelmente nas transformações irreversíveis e nunca mais se recupera.

* * *

Ao pretender expor sumariamente, do ponto de vista energético, a evolução da Humanidade, parece lógico considerar três períodos distintos: um primeiro período que data do aparecimento do Homem e termina em 1860, início da chamada revolução industrial; um segundo período, de 1860 a 1942, e finalmente a era atômica cujo início se pode datar de 2 de Dezembro de 1942, dia em que entrou ao serviço em Chicago o primeiro reactor nuclear.

No período pre-industrial o Homem pouco mais consegue do que assegurar a sua subsistência. A energia muscular era a única de que dispunha, se não quisermos considerar, dado o seu aspecto restrito, a energia química proveniente da combustão da lenha e utilizada apenas para a cozinha, aquecimento e nas primeiras tentativas de tratamento dos metais.

O único motor utilizado é o motor humano e se este pode desenvolver, durante alguns segundos, uma potência superior à dum cavalo-vapor, esta não excede 100 watts em trabalho contínuo. A energia correspondente é da ordem de 150 a 180 kWh por indivíduo e por ano.

Sendo o valor energético numa ração diária cerca de 2 500 a 3 000 quilocalorias, aproximadamente 2 000 são gastas em pura perda, do ponto de vista da produção do trabalho; essa perda é indispensável, porém, do ponto de vista termodinâmico, para evitar o aumento de entropia e representa uma luta constante do ser vivo contra a degradação da energia. Nestas condições, o rendimento da máquina humana não excede 15% a 17%; considerando mesmo toda a população do globo este número baixa bastante, talvez para 5%. Notemos, porém, que uma máquina térmica, trabalhando entre as temperaturas do corpo humano e do meio ambiente, suposto a 15°C, teria um rendimento teórico máximo de 7%.

As primeiras máquinas inventadas pelo Homem, alavanca, plano inclinado, sarilho, roldana,

apenas lhe permitiram, à custa dum deslocamento maior, vencer uma grande resistência com a potência de que dispunham. Só à custa de multidões de escravos, trabalhando dezenas de anos, conseguiram os antigos realizar trabalhos que ainda hoje nos assombam como as Pirâmides do Egipto.

Todas as civilizações que se sucedem apelam para o trabalho muscular do homem e dos animais de tiro e iniciam o aproveitamento da energia do vento e dos cursos de água, em moinhos e azenhas.

O cavalo, só no início do século X, com o invento do colar rígido permitindo transmitir o esforço por intermédio das omoplatas e libertar-lhe o pescoço, evitando o perigo de estrangulamento, se torna um animal de tracção ao lado do boi. Uma parelha, que no tempo dos romanos não era capaz de puxar mais de meia tonelada, torna-se capaz de puxar 3 toneladas. Aos 150 ou 180 kWh/ano de trabalho do homem, per capita, vêm juntar-se os 500 kWh/ano de trabalho por animal. Nos tempos idos a riqueza dum homem media-se pelo número de escravos que possuía; hoje o trabalho manual apenas fornece 1% da energia utilizada no mundo e a quantidade de energia consumida por habitante dá uma ideia bastante exacta do grau de desenvolvimento dum país. Assim podemos agora avaliar a riqueza dum país pela capacidade de trabalho dos seus escravos eléctricos e mecânicos. PIERRE ROUSSEAU no seu livro *L'Energie* cita números obtidos para o ano de 1950: a energia posta à disposição equivale ao trabalho de 15 escravos por habitante em França, 35 em Inglaterra e 85 nos Estados Unidos.

O consumo médio anual, em 1956, de 2 082 kWh por cliente dos S.M.G.E. do Porto, mostra que a energia gasta em usos domésticos, se fosse utilizada integralmente em força motriz, equivalia a uma média de 12 escravos por cada família portuguesa.

Utilizada como material de construção e como combustível a lenha constituiu a matéria-prima fundamental de que o homem usou e abusou, transformando regiões outrora férteis em zonas secas e áridas. O desbaste das florestas fez-se tanto na Grécia antiga como na Espanha dos séculos XV e XVI.

No fim do século XVI, quando esse desbaste começava a inquietar também os ingleses que gastavam cada vez mais lenha em aquecimento doméstico e na metalurgia do ferro, tornou-se premente a utilização da hulha, abundante em Inglaterra, e que, já há séculos, era utilizada em pequena escala pelos habitantes de Newcastle.

A substituição progressiva do emprego da lenha, como combustível, pelo carvão, o petróleo e o gás natural, a substituição das primitivas máquinas manuais por máquinas cada vez mais complexas e eficientes, graças ao invento das máquinas de vapor, dos geradores, transformadores e motores eléctricos, dos motores de explosão e de combustão interna, marcam as diferentes fases da revolução industrial que caracterizam o segundo período, a era industrial.

Vejam os alguns factos precursores desta era. DENIS PAPIN inventa em 1681 a sua marmitta e THOMAS SAVERY em 1698 tira patente duma máquina de vapor. THOMAS NEWCOMEN tem a ideia genial de criar 2 órgãos distintos, a caldeira e o cilindro, para a produção e a utilização do vapor, o que torna possível a construção da primeira máquina de vapor industrial, em 1705, graças à associação de SAVERY, NEWCOMEN e do seu amigo CAWLEY. Deve-se a JAMES WATT, em 1763, o aperfeiçoamento da máquina de NEWCOMEN pela criação dum novo órgão separado do cilindro, o condensador. Praticamente, só em 1785 a máquina de WATT toma o aspecto definitivo que ainda hoje conservam as máquinas de êmbolo.

A máquina de vapor, a partir desta data, passa a ser aplicada em todas as indústrias mecânicas, desde a metalúrgica à têxtil, e vai permitir o desenvolvimento dos transportes. FULTON inaugura em 1807 o primeiro serviço de navegação a vapor, num percurso de 150 milhas entre New-York e Albany e, em 1829, a locomotiva de GEORGE STEPHENSON atinge, sem carga, a velocidade quase incrível de 56 km/h e reboca um comboio, no percurso Liverpool-Manchester a uma média horária de 29 km.

O século XIX torna-se assim o século do vapor e o consumo de carvão, a partir de 1880, ultrapassa o da lenha. Contudo a energia assim produzida só podia ser transmitida por correias ou veios de transmissão e, portanto, tinha de ser utilizada no próprio lugar em que era produzida, o que limitava extraordinariamente as suas possibilidades de aplicação.

Entretanto outras descobertas estão na base da revolução industrial. Quero referir-me ao desenvolvimento dos conhecimentos humanos sobre a electricidade que tornam o século XX o século da electricidade.

A descoberta por FARADAY dos fenómenos de indução electromagnética em 1831 levou vários construtores à realização das primeiras máquinas eléctricas, como a máquina da Sociedade Aliança, máquina dínamo-eléctrica accionada por um pe-

queno motor a vapor. Em 1837, DAVENPORT patenteava nos Estados Unidos o primeiro motor eléctrico, cujo inductor tinha de ser alimentado por baterias.

JACOBI, em 1838, utiliza um motor semelhante na propulsão dum barco necessitando de empregar uma bateria de 320 pilhas Daniell.

Na base da descoberta da máquina de corrente contínua auto-excitada estão os trabalhos de WHEATSTONE e de SIEMENS em 1867.

Em 1870, ZENOBIO GRAMME tendo tido a ideia genial de bobinar o induzido sobre um núcleo de ferro macio e de lhe juntar um colector criou, por assim dizer, o dínamo actual. Três anos mais tarde realiza-se em Viena uma exposição internacional de electricidade na qual se expunham duas máquinas de GRAMME, uma das quais enviada como reserva para um caso de avaria; um erro de montagem fez que as duas máquinas ficassem ligadas em paralelo de modo que ao arrancar a primeira, accionada por um motor a gás, a segunda máquina punha-se em movimento sob os olhares incrédulos do engenheiro HIPOLITO FONTAINE; este entreviu imediatamente as consequências prodigiosas dum tal acidente meramente fortuito; nada mais, nada menos do que a descoberta da reversibilidade da máquina eléctrica, e da possibilidade de transformação da energia eléctrica em força motriz. A experiência foi realizada por Fontaine perante o imperador da Áustria no dia da inauguração da exposição.

Até aí as máquinas dínamo-eléctricas eram empregadas em galvanoplastia, inventada por JACOBI e SPENCER em 1837, em telegrafia eléctrica, ideada por SAMUEL MORSE e aplicada pela primeira vez nos Estados Unidos em 1844, e em iluminação por meio de lâmpadas de arco, substituídas por lâmpadas de incandescência após o seu aperfeiçoamento por EDISON em 1879.

Os primeiros motores eléctricos, motores série de corrente contínua utilizados em tracção accionaram o primeiro caminho de ferro eléctrico na exposição de Berlim de 1879, o primeiro ascensor em 1880 e o primeiro carro eléctrico em 1881.

Quando se começou a utilizar a energia das quedas de água para impulsionar os dínamos utilizados em iluminação tornou-se necessário estabelecer gigantescas transmissões mecânicas como, por exemplo, em Schaffhouse, na Suíça, em que a potência de 750 cavalos, produzida numa queda do Reno, era transmitida mecânicamente a uma distância de 480 metros.

O engenheiro francês MARCEL DEPREZ é o primeiro a reconhecer que a energia eléctrica só pode

ser transmitida a grandes distâncias se for produzida a tensões elevadas, o que consegue ligando em série vários dinamos. A ideia foi posta em prática por VON MILLER por ocasião da exposição de Munich, em 1882; corrente contínua gerada a 57 km de distância e transmitida, a 1 343 volts, com uma intensidade cerca de *meio ampère*, pela linha telegráfica de Mielsbach a Munich punha em marcha um grupo motor-bomba que fornecia água a uma queda artificial. A potência transmitida era apenas 1/4 de cavalo e o rendimento 30 %. Mas rapidamente se obtiveram melhores resultados; logo no ano seguinte uma potência de 2 cavalos era transportada a 8,5 km com um rendimento de 40 % e, em 1886, DEPREZ consegue transmitir uma potência de 200 a 250 Cv, entre Creil e Paris, distantes de 58 km, à tensão de 6 kV.

A necessidade de transmitir a energia em alta tensão para reduzir as perdas em linha e de a empregar em baixa tensão para evitar o perigo das tensões elevadas, exigiam o invento duma máquina capaz de produzir essa transformação e limitavam as possibilidades de emprego da corrente contínua.

Deve-se a MARCEL DEPRES a ideia do transformador que, construído por LUCIEN GAULARD funcionou em público pela primeira vez, em 1884, na exposição de Turim.

Outros tipos de transformador de circuito magnético fechado foram ideados por ZIPERNOWSKY, DÉRÉ e BLATHY, engenheiros da firma GANZ & C.^o de Budapeste.

Esta mesma firma criava em 1885 o motor série monofásico, ELIHU THOMSON em 1887 o motor de repulsão e HASSELWANDER instala, em 1888, o primeiro motor síncrono.

A descoberta dos campos girantes por FERRARIS e TESLA, em 1886-87, está na base do invento de DOLIVO-DOMBROWOLSKY, em 1889, do motor trifásico moderno de rotor em curto-circuito.

A batalha travada nessa época entre os partidários da corrente contínua e os da corrente alternada decide-se a favor da corrente alternada trifásica. Tornou-se célebre a transmissão de energia trifásica entre Lauffen s/M e Francfort, distantes de 175 km, por ocasião da exposição de Francfort de 1891.

Uma potência de 235 Cv era transmitida a 15 ou 30 kV com perdas insignificantes. Estava resolvido o problema do transporte, distribuição e utilização da energia eléctrica. Restava obtê-la em quantidades cada vez maiores e dum modo económico. Foi o que se conseguiu com os grupos turbo-alternadores.

A teoria da turbina hidráulica estava feita por EULER desde 1750 mostrando a possibilidade de transformar a energia duma queda de água em energia mecânica com um rendimento elevado. As primeiras realizações devem-se a FOURNEYRON, em 1829, com a sua turbina radial centrífuga, a FONTAINE, em 1836, com a sua turbina axial, a PELTON, em 1846, com a sua roda tangencial e a FRANCIS, em 1850, com a sua turbina radial centrípeta.

Já em 1900 se construíam rodas PELTON para quedas de 900 metros.

Ao lado das turbinas hidráulicas desenvolvem-se as turbinas de vapor. Data de 1629 a ideia de produzir um movimento de rotação fazendo actuar um jacto de vapor sobre uma roda de pás. Foi o italiano GIOVANNI DE BRANCA quem primeiro lhe deu realização, embora duma forma rudimentar; as primeiras aplicações industriais devem-se ao engenheiro sueco DE LAVAL e ao inglês PARSONS.

Hoje constroem-se turbo-grupos de 100 MW e mais e a mais potente central térmica do mundo, em Shawnee, nos E. U. A., tem uma potência instalada de 1 500 MW e consome 15 mil toneladas de carvão por dia.

O Homem consumiu tanto carvão nos 25 anos que vão de 1923 a 1948 como tinha consumido até 1923.

* * *

Ao lado do carvão e da energia hidráulica, o petróleo e o gás natural são as outras fontes clássicas de energia.

Embora conhecidos há já milhares de anos antes de Cristo e utilizados na iluminação dos templos desde o século VI a. C. pelos povos do Médio-Oriente, pode dizer-se que o petróleo foi redescoberto em 1829 nos Estados Unidos e que a sua utilização data da perfuração dos primeiros poços por DRAKE na Pensilvânia, em 1855. Em 1860 o engenheiro JEAN LENOIR realiza o primeiro motor de explosão e consegue em 1863 aplicá-lo a um veículo automóvel no qual gasta 3 horas no percurso de 18 km entre Paris e Joinville; o motor tinha 1,5 Cv e consumia 3 m³ de gás de iluminação por hora. Em 1862, BEAU DE ROCHAS inventa o ciclo de quatro tempos e simples efeito que apresentou na exposição de Paris de 1878 e com o qual consegue reduzir o consumo a 1 m³ de gás por cavalo e por hora.

O rendimento do ciclo dependendo unicamente do grau de compressão os construtores empenharam-se em aumentar este, atingindo facilmente

o valor de 4; mas quando tentaram ultrapassar este valor surgiu uma dificuldade imprevista; a mistura não esperava pela faísca para explodir; inflamava-se automaticamente e, em vez duma deflagração relativamente lenta, dava-se uma detonação brutal. Isso levou a modificar as propriedades químicas da gasolina, de modo que recuasse o limiar da detonação, misturando-lhe produtos anti-detonantes.

Um outro modo de resolver o problema era ladear o obstáculo comprimindo apenas o ar e injectando depois o combustível que se inflamaria espontaneamente. Foi o que conseguiu RUDOLPH DIESEL que, em Janeiro de 1893, publicou a sua *Teoria e construção dum motor térmico racional*. Em 1898 constroi-se o primeiro motor Diesel europeu, motor Sulzer, vertical, de 20 Cv, 160 r.p.m.. No mesmo ano se fabrica em S. Louis, o primeiro motor Diesel americano de 2 cilindros, 60 Cv e pesando 9 toneladas.

Até há 1/4 de século a utilização dos motores Diesel limitava-se a instalações fixas, devido ao seu peso e ao seu custo, ambos excessivos; eram vulgares nessa época motores pesando 100 kg/Cv. A firma General Motors expôs, em 1933, na feira mundial de Chicago, 2 motores de 600 Cv, tendo um peso 80 % menor do que os motores até então; com outras modificações introduzidas foi possível reduzir nessa altura o peso a 10 kg/Cv. Tornou-se assim vantajoso o seu emprego em tracção, quer em camiões quer em barcos e locomotivas. A substituição das locomotivas a vapor por locomotivas Diesel-eléctricas permitiu economizar centenas de milhões de toneladas de carvão e, conseqüentemente, obter uma melhoria apreciável do rendimento global da energia.

ENERGIA NO FUTURO

Em 1949, a Comissão de Energia Atómica dos E. U. A. encarregou o engenheiro consultor PALMER C. PUTNAM de fazer um estudo sobre as necessidades energéticas mundiais e sobre o melhor meio de as satisfazer. Tratava-se fundamentalmente de responder às duas perguntas seguintes:

Onde encontrar energia barata capaz de satisfazer os pedidos crescentes devidos não só ao aumento da população do globo mas também à sua intensiva industrialização? Qual será o papel a desempenhar pelos combustíveis nucleares nos próximos 50 ou 100 anos?

As conclusões do seu estudo foram apresentadas no livro *Energy in the Future*. Escolheu PALMER PUTNAM para unidade adequada de energia $Q = 10^{18}$ B. Th. U. = $1,05 \cdot 10^{21}$ J = $252 \cdot 10^{15}$ kcal =

= $293 \cdot 10^{12}$ kWh que corresponde à combustão completa de $35 \cdot 10^9$ toneladas de carvão com um poder calorífico de 7 200 kcal/kg.

O consumo nos primeiros 1860 anos da era cristã, excluído o trabalho animal, não excedeu 9Q, ou seja, em média, 0,5Q por século. Em 1850 a taxa de consumo é de 1Q por século, o que mostra que, tendo em conta o aumento da população, o consumo individual de energia devia ter variado muito pouco durante os dezoito primeiros séculos da nossa era; de 1860 a 1947 o consumo foi de 4Q.

De então para cá a taxa de consumo aumenta constantemente; o consumo anual passa de 0,01Q em 1850 a 0,093Q em 1947 e a 0,099Q em 1952; no ritmo actual consumiremos tanta energia no ano 2000 como durante os 1947 anos anteriores. PALMER PUTNAM avalia em 30Q a energia consumida desde os tempos históricos até o ano de 2000 e que o consumo no ano 2050 atinja 10Q. Ora as reservas mundiais de carvão, petróleo e gás natural são avaliadas respectivamente em 68, 8 e 0,4Q, o que mostra que essas reservas são limitadas e da ordem de $22 \cdot 10^{15}$ kWh. Por outro lado, o máximo anual teórico de produção de energia hidráulica é da ordem de 1Q. Nestas condições torna-se forçoso pensar a sério em melhorar o rendimento das fontes clássicas e desenvolver novas fontes de energia tais como o aproveitamento da energia nuclear e a utilização directa da energia solar.

A CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA ATÓMICA PARA FINS PACÍFICOS, reunida em Genebra em Agosto de 1955, foi a mais importante das reuniões consagradas à energia atómica e também a primeira que teve um carácter verdadeiramente internacional. As actas dessa conferência constituem o documentário mais completo sobre o assunto; 1061 comunicações foram apresentadas por 38 países das quais 14 por Portugal; foram escolhidas para ser discutidas durante a conferência 470 das quais 3 portuguesas.

Num dos trabalhos apresentados na tarde do dia 8, N. B. GUYOL, do Secretariado da Organização das Nações Unidas, apresentou um mapa com números referentes à origem e utilização da energia em 1952, a partir dos quais calcula a energia útil necessária em 1975 e no ano 2000. Num total de $29 \cdot 10^{12}$ kWh, 41,4 % foram produzidos em 1952 pela combustão de carvão, 26,5 % pela combustão de petróleo, 15,9 % pela combustão de lenha e outros combustíveis vegetais, 9,3 % por gás natural, 4,5 % pela combustão de linhite e turfa e apenas 1,4 % por hidro-electricidade e 1 % por trabalho animal. Verifica-se assim que 97,6 % da energia é produzida pela combustão de matérias primas vegetais e minerais.

A energia utilizada foi apenas $10,2 \cdot 10^{12}$ kWh, ou seja, pouco mais de 35 % da energia produzida. Da energia utilizada 79,4 % são gastos em aquecimento e 20,6 % em força motriz. Prevê-se que a energia utilizada quase triplique em 1975 e se torne 8 vezes maior em 1952 ¹.

Cerca de 65 % da energia produzida em 1952 foi energia perdida o que mostra a importância do rendimento das transformações.

O rendimento médio da transformação da energia bruta em energia útil passou de 11 a 22 % entre 1900 e 1950. Citemos os rendimentos médios de utilização em 1952: 15 % para a produção de energia mecânica nos motores de combustão interna, 50 % para a transformação em calor. Na Europa ocidental o rendimento médio das centrais térmicas é 24 % chegando a 38 % nas mais eficientes de tal modo que o rendimento irá crescendo à medida que as antigas centrais forem modernizadas ou substituídas.

Daqui resulta que o número de calorías consumidas não cresce proporcionalmente à produção de energia térmica; se se considera a evolução do consumo específico para certas unidades características verifica-se que passou na Europa de 7 000 kcal/kWh em 1920 a 2 760 kcal/kWh em 1955 para as mais modernas. Em França, por exemplo, a multiplicação por um factor 4 da produção de energia térmica acarretou apenas um consumo triplo. Nos E. U. A. o consumo específico médio das centrais térmicas passou de 3,1 kg/kWh em 1920 a 0,5 kg/kWh em 1953. A mesma quantidade de combustível, queimada nas centrais e nas locomotivas dos E. U. A. forneceu 3 vezes mais energia em 1952 do que em 1929. O consumo específico médio das centrais belgas, avaliado em 3 800 kcal/kWh em 1955 evoluiria, segundo as previsões, de modo que atinja 2 400 em 1957 e 2 300 kcal/kWh no ano 2000.

A potência hidro-eléctrica instalada em 1950 era, no mundo, de 95 milhões de kW e pode prever-se que seja 4 vezes maior no ano 2000; a contribuição hídrica será assim, no máximo, da ordem de $3,3 \cdot 10^{12}$ kWh/ano ou seja apenas 4 % da energia necessária. Outros 4 % poderão ser fornecidos pela combustão de lenha, admitindo que uma exploração racional permita manter o valor de 4 % atingido em 1950; as reservas florestais que outrora se podiam avaliar em $4,8 \cdot 10^9$ ha, são hoje cerca de $3,6 \cdot 10^9$ ha, dos quais somente $1,2 \cdot 10^9$ são explorados. A contribuição da queima de detritos vegetais e de escrementos animais, da ordem de $5,1 \cdot 10^{12}$ kWh/ano, manter-se-á provavelmente no próximo século. PUTNAM prevê que assim aconteça,

atendendo a que, por um lado, a energia solar será cada vez mais utilizada no aquecimento doméstico em certos países, como a Índia e o Egipto e, por outro lado, a utilização de outras fontes de energia e, principalmente, uma electrificação mais generalizada, permitirão utilizar como adubo esses resíduos vegetais e animais de modo que aumentem o rendimento dos terrenos.

ENERGIA SOLAR

Vejamus a importância da energia solar na solução do problema energético mundial. O Sol irradia $11 \cdot 10^{13}$ Q/ano, seja, cerca de $32 \cdot 10^{26}$ kWh/ano. A Terra, que se encontra a uma distância média de 150 milhões de km, capta menos de $5 \cdot 10^{-10}$ dessa energia, mas esta fracção ínfima é ainda considerável.

PALMER PUTNAM avalia em $5\,300\,000\,000\,000\,000$ kWh a energia solar interceptada pelas camadas altas da atmosfera e em $3\,200\,000\,000\,000\,000$ kWh a energia atingindo, em média e por ano, a superfície terrestre, o que correspondem 207 W/m².

Em Portugal, em 1954, o valor médio foi 230 W/m² e o máximo, no Porto, 400 W/m².

Excluindo as superfícies polares e dos oceanos, mesmo assim, a energia captada pela terra firme e mais ou menos habitada é da ordem de mil unidades Q por ano; se a Terra a tivesse de pagar ao Sol ao preço de um centavo por kWh o custo seria de $2,9 \cdot 10^{12}$ contos por ano, ou seja, cerca de cem mil contos por segundo; ao mesmo preço, a energia solar recebida no continente português custaria cerca de 1 780 milhões de contos por ano.

É ao Sol que devemos, directa ou indirectamente, toda a energia que vulgarmente utilizamos; os alimentos com que os homens se sustentam, as forragens consumidas pelos animais de tiro, não poderiam ter sido produzidos sem a luz solar; os combustíveis clássicos não são mais do que reservas acumuladas de energia solar; a hidro-electricidade utiliza as quedas de água que se mantêm graças à evaporação produzida pelo calor solar e consequente precipitação; o próprio vento é devido à diferença de insolação entre as várias regiões do globo.

¹ A energia utilizada no globo em 1952 e a prevista para os anos de 1975 e 2000 é a seguinte em 10^{12} kWh:

Ano	1952	1975	2000
Força motriz.....	2,1	8	28
Aquecimento	8,1	19	56
Total	10,2	27	84

Se nos lembrarmos, porém, que a energia solar é devida à transmutação do hidrogénio em hélio e que o Sol, do ponto de vista energético, não é mais do que um imenso reactor de fusão, teremos de concluir que a energia nuclear é afinal, directa ou indirectamente, a energia que utilizamos e utilizaremos no futuro.

Vejamos o partido que o homem tira da energia solar. Uma pequena fracção é convertida em energia mecânica ou eléctrica pelas centrais hidráulicas e uma outra fracção é utilizada pelas plantas com um rendimento médio de 0,25 %.

A foto-síntese biológica é efectuada pela clorofila reduzindo o anidrido carbónico e fixando o carbono; calcula-se em $1,47 \cdot 10^{12}$ kWh/ano a energia assim aproveitada. Nos E. U. A. têm sido feitas experiências com uma variedade de algas monocelulares (*Clorella pyrenoidosa*) em que a energia solar é absorvida com um rendimento da ordem dos 3 %; consegue-se assim obter, por unidade de superfície, 200 vezes mais proteínas do que as obtidas cultivando soja em condições normais.

Uma das tarefas mais importantes que os cientistas têm de executar é inventar processos para transformar ou armazenar a energia recebida do Sol; estes podem classificar-se segundo o modo de utilização e as condições de captação da energia. No intervalo entre a temperatura ordinária e 80°C, o método vulgar de captação é o das estufas utilizadas não só em foto-síntese como para aquecimento e destilação de água. Nas regiões frias podem utilizar-se os raios solares com bom rendimento para aquecimento das casas durante o inverno. Uma casa construída em Dover (Massachusetts) é aquecida graças a um sistema ideado por MARIA TELKES, quando estava no «Massachusetts Institute of Technology», no qual o calor de origem química que liberta o sulfato de sódio hidratado, sob a acção da luz solar é utilizado para manter a temperatura de 32°C, podendo o calor ser armazenado durante dez dias na previsão de períodos sem sol.

Para obter temperaturas entre 80 e 200°C tornam-se necessários aparelhos capazes de concentrar a radiação solar tais como os fornos e as cozinhas solares. Parece que foi DE SAUSSURE, em 1776, o primeiro a utilizar um forno solar, isto é, uma caixa isolada e enegrecida interiormente, com janelas de vidros duplos deixando penetrar a luz solar e impedindo a saída das radiações infra-vermelhas. Os espelhos parabólicos são muito eficazes porque concentram a energia solar sobre uma pequena superfície permitindo atingir temperaturas elevadas. Dois físicos, MATHUR e KHANNA, do Laboratório Nacional de Física da Índia, construíram uma cozinha solar, cujo custo é inferior a 500 escudos (79 rupias)

constituída fundamentalmente por um espelho parabólico de alumínio com cerca de 0,9 m² de superfície. O birmanês BA HLI, autor duma das comunicações sobre fontes de energia não clássicas, apresentadas à Conferência de Genebra, imaginou uma cozinha solar ainda mais barata, podendo ser fabricada pelos rurais e servir para cozinhar quaisquer alimentos, constituída por um espelho cilíndrico de secção parabólica de 1,2 m de altura e 0,3 m de largura.

Para temperaturas entre 200 e 1000°C a energia solar é utilizada em motores de rendimento elevado. Estas máquinas também não são de invenção recente. Numa exposição em Paris em 1884 uma impressora era accionada por uma máquina de vapor cuja caldeira era aquecida pela radiação solar concentrada por meio dum espelho parabólico. Em 1913, o calor concentrado por um grande espelho cilíndrico, sobre um tubo contendo água, produzia o vapor necessário para pôr em marcha uma máquina de 20 Cv, accionando uma bomba aspirante da água do Nilo e empregada em irrigação. Em 1934, o professor russo TROFIMOV, captando a energia solar em Tachkent pôde empregá-la no aquecimento dum balneário, em cozinhas, em caldeiras de destilação e no accionamento de bombas. Em 1940, o alemão MAIER planeou uma central na qual os raios solares elevariam a 300°C a temperatura do óleo empregado no aquecimento de blocos de betão empregados como acumuladores de calor. Na conferência sobre energia solar realizada na Índia, em 1954, V. BAUM (U. R. S. S.) expôs um processo de produção de 250 kg de gelo por dia, por meio dum aparelho utilizando a energia solar.

Temperaturas superiores a 1000°C podem ser usadas no tratamento de minérios e em todos os processos físicos e químicos exigindo temperaturas elevadas.

Se os raios solares pudessem ser concentrados ao máximo seria possível atingir a temperatura de 6000°C ou seja a temperatura da superfície solar.

Lavoisier utilizando uma lente oca, de 1,3 m de diâmetro, cheia de alcohol, conseguiu fundir a prata, o ferro e o cobre e atingir quase a temperatura de fusão da platina, 1773°C. Recentemente três investigadores franceses, FELIX TROMBE, MARC FOEX e CHARLOTTE DE LA BLANCHETAIS, com um projector de aviação de 2 m, abandonado pelos alemães, conseguiram no Observatório de Meudon, obter uma temperatura de 3300°C, concentrando uma potência de 2,5 kW sobre uma superfície inferior a 1 cm² e, deste modo, fundir em poucos segundos, a alumina, a cal e o crómio, destilar o ferro, volatilizar a grafite e realizar a síntese do ácido azótico por união do oxigénio e do azoto do ar.

A instalação realizada por TROMBE em Montlouis (Pirenéus), é um protótipo semi-industrial, dando no foco da lente, temperaturas de 3000°C e superiores, com uma potência máxima de 75 kW, permitindo a fusão de metais e de corpos refractários, a fabricação de cal e cimento e a cozedura de tijolos e cerâmicas. PALMER PUTNAM prevê que a energia solar utilizada no Mundo nos próximos cem anos seja cerca de 5 Q.

ENERGIA DO VENTO

Uma outra fonte de energia usada pelo homem, desde os tempos pre-históricos, quer em navegação, quer em moinhos e azenhas, é o vento. Ainda hoje os aero-motores são úteis e económicos naqueles casos em que não faz grande diferença a irregularidade de funcionamento, como, é, por exemplo, o caso da elevação de água. A roda de pás múltiplas, em voga desde 1870, e que ainda hoje se encontra vulgarmente pelas nossas cidades e aldeias, tende a ser substituída pelas hélices de 2 a 4 pás, de passo variável, susceptíveis de adaptar a sua velocidade à força do vento, accionando dínamos ligados em paralelo a baterias de acumuladores. A energia assim obtida é certamente mais cara do que a distribuída por linhas de transmissão mas é um recurso em todas as regiões onde não haja ainda distribuição de energia.

Do ponto de vista industrial, a energia eólica só tem possibilidades de ser economicamente utilizável nas raras regiões em que o vento sopra com força e regularidade suficientes. A potência obtida varia proporcionalmente ao cubo da velocidade do vento e ao quadrado do diâmetro da hélice. Convém que a velocidade média anual do vento seja superior a 28 milhas por hora.

A primeira central aero-motriz data de 1931 e foi instalada em Balaclava, na Crimeia. A hélice, de 30 m de diâmetro, com 3 pás gira com velocidade constante, orientando-se automaticamente de modo que aproveite a força variável do vento. A potência útil é de 100 kW, sendo a corrente eléctrica gerada a 220 V e transformada para 6,3 kV, alimentando a rede de Sebastopol.

A segunda central aero-motriz foi construída em Grandpa's Knob, no estado americano de Vermont; a hélice era constituída por 2 pás de aço inoxidável com 53 m de comprimento total, fornecendo uma potência de 1000 kW, tendo sido substituída, em 1945, por outra hélice de mais de 60 m, permitindo obter 1500 kW.

Principalmente na Rússia e nos E. U. A. estão previstas instalações bastante mais potentes e na Alemanha foram projectadas torres metálicas de

250 a 300 m de altura com hélices de 130 m de diâmetro.

PUTNAM prevê que a energia de vento utilizada nos próximos cem anos seja cerca de 0,1 Q.

ENERGIA DAS MARES

Uma outra fonte de energia utilizável é a energia das marés. A atracção resultante das acções do Sol e da Lua sobre as águas dos mares cria em determinados pontos do globo desníveis da ordem de 10 a 20 m entre a maré vazante e a maré cheia. Retendo as águas do mar, por meio de barragens em pontos desfavoráveis da costa, durante a maré cheia, e deixando-as escoar, na maré vazante, através de turbinas, torna-se possível utilizar a energia da queda; esta será naturalmente tanto maior quanto maior for o desnível e o volume da água armazenada. O desnível atinge 19,6 m nas baías de Passamaquoddy e de Fundy, no Canadá, 18 m em Porto Galegos, na Argentina, 16,3 m em Severn, no canal de Bristol (Inglaterra), 14,7 m na baía do Mont de St. Michel e 11,4 m no estuário do Rance, em França. Estudos feitos mostram que a energia recuperável é, em 10^9 kWh por ano, respectivamente, 3 e 17 nos pontos citados do Canadá, 2,5 em Severn, atingindo 72.10^9 kWh/ano no golfo de Mezen na U. R. S. S.

A construção da central de Rance está prevista no actual plano de fomento francês; o projecto consiste em fechar o estuário do Rance por meio dum dique de 730 m, formando uma bacia de 2200 ha, cujo débito pode elevar-se a 15000 m³/s; no dique serão montados 38 grupos de 7000 kW de potência unitária, estudados para funcionar como turbinas nos dois sentidos, isto é, tanto a encher como a vazar o reservatório; poderão ainda funcionar como bombas elevatórias utilizando energia eléctrica da rede nas horas de fraca carga para armazenar no estuário uma reserva de água suplementar que será restituída nas horas de plena carga. A produção anual prevista é de $0,8.10^9$ kWh.

O equipamento completo da baía do Mont de St. Michel, com uma barragem de 23,5 km, entre Granville e Cancale, e um dique normal à barragem dividindo a baía em duas bacias comunicando com o mar, uma na maré cheia e a outra na maré vazante, produzirá 13.10^9 kWh.

Atendendo a que são raros os pontos do globo onde a energia das marés pode ser economicamente utilizada PUTNAM calcula em 0,025 Q, no máximo, a energia possivelmente assim obtida nos próximos cem anos.

ENERGIA TÉRMICA DOS MARES

A possibilidade da utilização da diferença de temperatura entre a superfície e a profundidade dos mares veio naturalmente ao espírito de muitos físicos célebres tais como d'ARSONVAL, BRAUER, LE CHATELIER e BARJOT. Em 1926, GEORGES CLAUDE apresentou à «Académie des Sciences» um modelo e, em 1930, fazia as suas primeiras experiências ao largo de Havana; a diferença de temperatura entre o nível do mar e a profundidade de 600 m era de 13°C e a potência obtida de 22 kW; um furacão destruiu a instalação. Mais tarde, em 1934, de colaboração com Boucherot, equipou um cargueiro de dez mil toneladas, o «Tunísia», com uma central térmica flutuante que ensaiou na baía do Rio de Janeiro, infelizmente com maus resultados porque o mar destruiu o tubo de aspiração de 2,5 m de diâmetro e 700 m de comprimento, logo na primeira tentativa de imersão. O inventor, que já tinha gasto uma fortuna nas suas várias experiências, viu-se obrigado a abandoná-las e a regressar a França. O governo francês, em 1947, recomeçou as experiências e projectou uma central perto de Abidjan, na Costa do Marfim, para utilizar a diferença de temperatura de 30°C à superfície e 8°C a 400 m de profundidade, capaz de produzir anualmente 50 milhões de kWh.

ENERGIA GEOTÉRMICA

Sendo de 1°C por cada 30 m de profundidade a elevação de temperatura, igualmente se torna possível utilizar este desnível térmico e o calor considerável contido no interior do globo. Experiências feitas na Califórnia mostraram, porém, que as calorias assim obtidas saíam mais caras que as obtidas queimando carvão ou petróleo.

Desde 1930 que na Islândia se aproveitam fontes termais para aquecimento. A cidade de Reykjavik usa assim cerca de 30 000 m³ de água muito quente por dia.

Em Itália, na Toscana, os «soffioni», jactos intermitentes de vapor de água, com temperaturas de 200 a 250°C e pressões de 4 a 5 atmosferas, saídos do solo vulcânico, são utilizados desde 1894 para accionar máquinas de vapor.

As centrais geotérmicas de Larderello, únicas no Mundo, desenvolvem muitas centenas de milhar de kW; o vapor natural, recolhido em colectores de vapor, é aproveitado nas turbinas e da água condensada extrai-se o ácido bórico e o anidrido

carbónico para usos farmacêuticos e industriais e também amoníaco, hidrogénio, argon, hélio e metano.

* * *

O que acabamos de expor sobre as perspectivas e possibilidades de utilização da energia do vento, das marés, térmica dos mares ou geotérmica mostram que essa utilização só é possível em locais determinados e nem sempre em condições que se prestem a grandes transportes e que, portanto, só muito parcialmente contribuem para a solução do problema energético mundial.

Se a energia solar é uma fonte inesgotável vimos também quais as dificuldades da sua utilização e que, portanto, não será esta também que resolverá a dificuldade de satisfazer as necessidades crescentes de energia.

ENERGIA NUCLEAR

Felizmente que as possibilidades que oferece a utilização da energia nuclear permitem encarar com confiança o problema energético e, mais ainda, pensar em reservar os recursos de carvão e petrolíferos para o fabrico de produtos químicos e para accionamento dos transportes.

Nesta primeira fase da utilização da energia nuclear pela humanidade o calor libertado pela cisão de determinados núclidos (U^{235} , Pu^{239}) é aproveitado num sistema produtor de energia do tipo convencional. Uma central nuclear é, portanto, uma central térmica em que a caldeira é substituída pelo reactor nuclear como gerador de vapor.

O fenómeno de cisão é interessante por dois motivos: a energia libertada é considerável em relação à obtida com os combustíveis clássicos, cerca de 23 mil kWh por grama de U^{235} efectivamente cindido e, atendendo a que nessa cisão se libertam, em média, 2,55 neutrões torna-se possível a manutenção duma reacção em cadeia.

Num trabalho apresentado à 4.^a CONFERÊNCIA MUNDIAL DE ENERGIA, realizada em Londres, em 1950, DAVISON dizia o seguinte: os problemas técnicos que devem ser resolvidos antes de ser possível a construção de reactores destinados à produção de energia eléctrica parecem nesta altura muito mais difíceis do que há três anos. É essencial dispor de materiais tendo um poder de absorção de neutrões tão baixo quanto possível, conservando-se estáveis quando expostos a radiações intensas e possuindo as propriedades físicas requeridas às temperaturas elevadas. É difícil mesmo hoje estudar esta fase do problema porque faltam as facilidades necessárias para o seu desenvolvimento.

Existem também outros problemas concernentes à concepção dos reactores de reprodução (*breeder reactors*) porque é duvidoso poder manter uma produção de electricidade em grande escala durante numerosos anos se esta depender exclusivamente do U^{235} ou do seu equivalente Pu^{239} . A utilização de outros produtos que não dão lugar a uma cisão espontânea tais como o U^{238} e talvez o Th^{232} parece necessária.

O urânio não é um elemento raro na crosta terrestre; é mesmo dez vezes mais abundante que o mercúrio, embora seja dez vezes menos abundante que o cobalto, o zinco, e o cádmio e quatro vezes menos que o chumbo. O urânio natural é constituído por três isótopos, nas proporções respectivamente de 99,274% de U^{238} , 0,72 de U^{235} e 0,006% de U^{234} . Destes 3 isótopos naturais só o U^{235} é cindível por neutrões de modo que se as reservas mundiais de urânio natural se podem avaliar em 1700 Q, as de U^{235} são apenas 12,24 Q. Daqui o interesse dos reactores de reprodução (*breeders*) que permitem a partir de materiais férteis tais como o U^{238} e o Th^{232} , obter materiais cindíveis como o Pu^{239} e o U^{233} .

O Dr. Eng.^o MAS HOYAUX da ACEC compara os núclidos cindíveis a lenha seca e os férteis a lenha húmida; a primeira arde espontaneamente, o que não acontece com a segunda, tornando-se porém possível usar uma fogueira de lenha seca para secar a húmida; concebe-se ainda que seja possível secar mais lenha húmida do que se consome de lenha seca e acabar assim por alimentar uma fogueira com lenha húmida. Uma situação análoga se apresenta com os combustíveis nucleares, visto que a abundância dos materiais férteis na natureza é cerca de 300 vezes a dos materiais cindíveis.

Os números geralmente admitidos para as reservas de U e Th são respectivamente 22,5 e 1 milhão de toneladas, equivalente a 1960 Q ou seja cerca de 22 a 25 vezes as reservas mundiais de combustíveis clássicos.

Uma das principais dificuldades encontradas para a realização dos reactores de potência foi a obtenção dum material eficiente para o fabrico dos permutadores de calor, no interior dos quais deve circular o fluido destinado a subtrair o calor à pilha e a cedê-lo à instalação de aquecimento do vapor de alimentação do turbo-grupo. Esse material deve não só resistir às altas temperaturas mas também ter uma secção eficaz muito baixa para a absorção de neutrões; os duralumínios, principalmente os ricos em magnésio, os aços inoxidáveis, o magnésio têm sido empregados nos reactores em que se atingem temperaturas relativamente pouco elevadas; o metal talvez com mais probabilidades de utilização futura é o zircónio mas tornou-se necessário desco-

brir métodos de preparação, purificação (é essencial desembaraçá-lo do seu companheiro habitual, o háfnio) e de trabalho mecânico.

O fluido refrigerante também não deve absorver os neutrões, deve ser eficiente na transmissão do calor, e sendo líquido, deve ter um ponto de ebulição elevado. A água pode ser usada a altas pressões mas torna-se corrosiva às temperaturas elevadas e tem o inconveniente de absorver os neutrões num certo grau; a água pesada é evidentemente mais vantajosa mas o seu custo é proibitivo; o hélio tem a vantagem de não absorver os neutrões mas só a pressões muito elevadas atinge uma densidade suficiente para não aumentar demasiado as dimensões do permutador de calor; os metais líquidos apresentam numerosas vantagens, como o sódio e o bismuto e sobretudo a mistura eutéctica NaK, líquida à temperatura ambiente. É este o sistema de refrigeração do reactor EBR-1 (*Experimental Breeder Reactor*) da REACTOR TESTING STATION de Arco (Idaho) que é um reactor de neutrões rápidos com um núcleo central de urânio fortemente enriquecido em U^{235} , revestido por urânio natural; em ensaios realizados verificou-se que o Pu^{239} produzido no revestimento foi superior ao U^{235} consumido no núcleo central. Foi este reactor o primeiro a fornecer energia eléctrica a uma rede de distribuição em 20 de Dezembro de 1951.

Um outro reactor EBR-2 foi começado a construir em 1956 empregando como combustível uma liga de 80% U nat. + 20% Pu e o U natural como material fértil. Este reactor deverá produzir 62,5 MW térmicos e 60% mais Pu do que o consumido; nestas condições a quantidade de Pu^{239} duplica ao fim de dezoito meses de funcionamento do reactor que fornecerá simultaneamente uma potência eléctrica de 15 MW.

Para utilização do tório como material fértil foi construído em Oak Ridge o reactor HRE-1 (*Homogeneous Reactor Experiment*) que entrou ao serviço no princípio de 1953 e que foi desmontado e substituído pelo HRE-2 ou HRT (*Homogeneous Reactor Test*) cuja construção iniciada em Julho de 1954 terminou em Maio de 1956. O material cindível é o U^{235} a 90% sob a forma de UO_2SO_4 dissolvido no moderador, D_2O , envolvido pelo material fértil, ThO_2 em suspensão na água pesada. Do mesmo tipo mas empregando o U^{233} como combustível, em vez do U^{235} é o reactor HTR (*Homogeneous Thorium Reactor*) com uma potência eléctrica de 16 MW, oito vezes maior do que a do HRT; o tempo necessário nestes reactores para duplicar a quantidade de U^{233} é de cinco anos.

Embora estes reactores tenham sido concebidos com o duplo fim de produzir energia e materiais cindíveis à custa de materiais férteis a verdade é

que convém que a temperatura seja baixa nos reactores de reprodução e a mais alta possível, por razões termodinâmicas, nos reactores de potência.

Os reactores de potência podem classificar-se atendendo ao modo como é feita a sua refrigeração e a permutação do calor entre o reactor e o turbo-grupo.

Nos reactores ingleses e franceses já construídos a refrigeração é feita por um gás (ar ou CO_2). Embora os americanos tivessem também pensado na construção dum reactor de U natural, tendo como moderador o BeO e como refrigerante o He sob pressão, a verdade é que esse projecto de Daniels foi abandonado em 1951.

Foi a Grã-Bretanha o primeiro país a estabelecer um programa de equipamento nuclear, na importância de 300 milhões de libras destinadas à construção de 12 centrais com uma potência de 1,5 a 2 MW, capazes de produzir, em 1965, $12 \cdot 10^9$ kWh equivalentes a um consumo de 5 a 6 milhões de toneladas de carvão.

Faz amanhã, 17 de Outubro, um ano que a Rainha Isabel inaugurou oficialmente a Central de *Calder Hall*, no Cumberland que na sua primeira fase seria constituída por dois reactores de U natural, com moderador de grafite e resfriamento por CO_2 à pressão de 7 atmosferas. A montagem iniciou-se no verão de 1953 tendo o primeiro reactor entrado ao serviço em 22 de Maio de 1956, tendo sido realizados os ensaios dos turbo-grupos em Agosto e Setembro. O segundo reactor entrou ao serviço em 11 de Dezembro de 1956. A potência eléctrica prevista era de $2 \times 25 = 50$ MW.

Esta central experimental permitiu introduzir modificações com as quais se obtém nos 2 reactores já montados e nos dois a montar na nova central de *Calder Hall* uma potência eléctrica de 92 MW. A estas centrais deve seguir-se a construção das centrais de *Chapel Cross* (Annan, Dumfries) de 184 MW, com 4 reactores, de *Berkeley* (Gloucestershire) de 275 MW, com dois reactores, de *Bradwell* (Essex) de 300 MW, com dois reactores e de *Hunterston* (Ayrshire) de 360 MW, com dois reactores. Todas estas centrais usarão como combustível o U natural nos seus catorze reactores e deverão estar concluídas até 1962.

O programa britânico foi ampliado de 300 para 900 milhões de libras de modo que tenha instalada a potência de 6000 MW em 1965 em 19 centrais nucleares com um total de 28 reactores.

A CENTAL ELECTRICITY AUTHORITY (C. E. A.) pensa instalar uma central em *Hinkley Point* (Somerset) com um reactor de U ligeiramente enriquecido com Pu, de 275 MW de potência eléctrica, e dez outras

centrais com reactores semelhantes embora de potência unitária superior: 400 MW.

Na Irlanda do Norte está prevista a instalação duma central de 150 MW, com 2 reactores de urânio fortemente enriquecido com plutónio.

Resta-me citar o reactor que a «United Kingdom Atomic Energy Authority» espera ter ao serviço em 1958 e que é um protótipo de *breeder* de neutrões rápidos com uma potência de 60 MW (calor), empregando o líquido metálico Na/NaK como refrigerante. Para o período de 1965-75 o programa britânico prevê a utilização do tório combinado com o plutónio e a construção de reactores homogêneos e de *breeders* de tal modo que a potência total das centrais nucleares atinja 15 mil MW em 1975.

O primeiro plano quinquenal estabelecido em França em 1952 previa a instalação em *Marcoule*, no vale do Ródano, perto de Avignon, dum centro industrial com três reactores e duas centrais eléctricas, uma experimental associada à primeira pilha e a outra, mais importante, ligada à segunda e devendo produzir energia eléctrica industrial; no mesmo centro seria montada uma instalação para a extracção do plutónio e o tratamento dos combustíveis nucleares e uma oficina para tratamento da grafite. A edificação do centro de *Marcoule* começou no fim de 1953.

O primeiro reactor G-1 é um reactor de U natural, com moderador de grafite e resfriamento por ar à pressão atmosférica com uma potência térmica de 40 MW e uma potência eléctrica de 5,75 MW, que aliás representa apenas uma fracção dos 8 MW exigidos pelos ventiladores que asseguram a refrigeração. O reactor G-1 entrou ao serviço em 7 de Janeiro de 1956 tendo atingido a plena potência em Julho de 1956 e devendo produzir cerca de 15 kg de Pu por ano. O segundo reactor G-2 é também um reactor de U natural e moderador de grafite mas a refrigeração é feita por CO_2 a 15 atmosferas, sendo a potência térmica de 150 MW. Este reactor, assim como o reactor idêntico, G-3, destina-se não só a produzir 35 kg de Pu por ano mas também energia eléctrica sendo a sua potência de 30 MW. A entrada ao serviço destes reactores está prevista respectivamente para o fim de 1957 e início de 1958.

A produção de electricidade de origem nuclear representará em 1960, 1% da produção total da França. Para 1961 está prevista a entrada ao serviço da primeira central nuclear francesa, a instalar na confluência dos rios Loire e Vienne, a 15 km de Chinon; o reactor EDF-1 terá uma potência térmica de 300 e eléctrica de 60 MW. O plano francês prevê 850 MW instalados em 1965 assegurando 5% das necessidades de energia eléctrica; estes números elevam-se para 8000 MW e 35% em 1975.

Na U. R. S. S. uma primeira central, em *Kaluga*, a 300 km de Moscovo, fornece energia eléctrica desde Junho de 1954; o reactor A. P. S. é um reactor de U enriquecido a 5%, com moderador de grafite, utilizando a água a 100 atmosferas como refrigerante e permutador de calor; a potência térmica é de 30 MW e a eléctrica 5 MW.

Uma segunda central, de 100 MW eléctricos, cuja entrada em serviço estava prevista para o fim de 1956 será o protótipo de centrais a instalar em certas regiões da U. R. S. S.

Nos E. U. A. o problema da produção de energia eléctrica por centrais nucleares não tinha a mesma urgência que, por exemplo, em Inglaterra.

A primeira verdadeira central nuclear dos E. U. A. foi começada a construir em *Shippingport*, perto de Pittsburgo, em Setembro de 1954 para entrar ao serviço ainda em 1957; o reactor PWR (*Pressurized Water Reactor*) tem uma potência térmica de 264 e eléctrica de 60 MW; o combustível é o U enriquecido a 90%, o moderador a água e o refrigerante água à pressão de 150 atm; a pressão do vapor de alimentação do turbo-grupo é de 41 atm, e a temperatura de 250°C.

Dum tipo diferente é o EBWR (*Experimental Boiling Water Reactor*) de *Arco* (Idaho) começado a construir em Junho de 1955, em que o refrigerante é a água em ebulição a 42 atm e 252°C, alimentando directamente o turbo-grupo; a potência térmica do reactor é 20 MW e a eléctrica 4,5 MW. Antes deste foram construídos três reactores Borax, o primeiro em funcionamento desde 1954 e o terceiro tendo sido ligado a título de experiência a uma rede de distribuição em 1955. As experiências feitas com a série dos Borax deram resultados satisfatórios quanto à estabilidade de funcionamento dos reactores de água em ebulição, instalados em terra; o problema no que respeita à sua instalação em navios é mais complexo mas não é considerado insolúvel, a priori. Da comparação entre estes dois tipos de reactores parece poder concluir-se que os reactores de água sob pressão são mais compactos e consequentemente menos pesados e que os de ebulição directa serão provavelmente mais baratos. Dos reactores empregando o sódio como refrigerante citemos o SRE (*Sodium Reactor Experiment*) cuja construção foi iniciada em 1955 em *Santa Susanna*, perto de Los Angeles, de 20 MW de potência térmica; de início não estava prevista a recuperação de calor mas a «Southern California Edison Co» propôs à A. E. C. (ATOMIC ENERGY COMMISSION) construir à sua custa uma instalação de recuperação de calor e produção de energia eléctrica.

Análogos a este são os reactores SGR-1 e 2 (*Sodium Graphite Reactors*) com uma potência térmica de 250 MW e eléctrica de 75 MW, estudados

pela «North American Aviation». Entre os tipos mais interessantes de reactores, citemos o LMFR (*Liquid Metal Fuel Reactor*) estudado pelo Laboratório Nacional de Brookhaven e de cuja construção foi encarregada a Babcock & Wilcox, após concurso entre doze firmas aberto pela A. E. C. Trata-se dum reactor em que o combustível é o U^{233} dissolvido em Bi líquido, actuando este como refrigerante e havendo entre o reactor e o circuito de vapor de água a 88 atm e 480°C, um circuito intermediário de Na líquido, isento de radioactividade, em que a temperatura atinge 500°C; a temperatura do circuito primário à saída do reactor atinge 520°C; o dispositivo adoptado evita o aparecimento de radioactividade no segundo permutador de calor, que serve de gerador de vapor e permite obter temperaturas suficientemente elevadas para poder alimentar o turbo-grupo com vapor sobre-aquecido. Um revestimento do núcleo de U^{233} com Th^{232} permite uma reprodução com um ganho de 10%. A potência térmica do reactor é de 500 MW e a eléctrica de 210 MW. O custo é de 50 milhões de dólares e o preço previsto da energia eléctrica produzida, admitindo um factor de utilização de 90% e a amortização em 20 anos, cerca de 20 centavos/kWh. É este talvez o tipo de reactor com mais probabilidades de utilização no futuro.

O custo actual da energia eléctrica produzida em *Calder Hall* é de 20 centavos/kWh mas Sir JOHN COCKCROFT, numa conferência feita em Harwell, no princípio deste ano, disse que julgava provável que o custo da energia produzida em centrais nucleares baixasse para 14 centavos, o que poria a electricidade de origem nuclear em concorrência com a energia hidroeléctrica e mais barata que a produzida pela combustão de combustíveis clássicos.

No livro recente do engenheiro francês THOMAS REIS, *L'Energie Nucléaire dans le Monde* citam-se como existindo em funcionamento no Mundo setenta reactores, dos quais 23 na Europa e 44 nos E. U. A.. A estes números há que acrescentar 80 reactores em construção e 118 projectados para construção antes de 1960-61.

Portanto, dentro de três anos deverão existir no Mundo uns 270 reactores nucleares dos quais cerca de 100 serão de investigação e os restantes *breeders* e reactores de potência.

ENERGIA DE FUSAO

Uma outra forma de obter energia nuclear é a partir dos fenómenos de fusão, isto é, a aglomeração de núcleos leves de modo a formar núcleos mais pesados. Nas estrelas a energia é gerada quase exclusivamente a partir da conversão do H em He, sendo

a energia libertada de 200 milhões de kWh por kg de H convertido em He, isto é, quase dez vezes mais do que a obtida nos fenómenos de cisão, cerca de 23 milhões de kWh/kg de U ou Th.

Estas reacções designadas por termonucleares são possíveis às temperaturas da ordem da dezena de milhões de graus existentes no interior das estrelas. Nessas condições, os choques entre os átomos são suficientes para os ionizar completamente e a agitação térmica capaz de vencer as forças eléctricas de repulsão entre os prótons e os outros núcleos leves.

A bomba de hidrogénio aproveita o fenómeno de fusão, a partir dos isótopos do hidrogénio, o deutério e o trítio; a temperatura de cem milhões de graus é obtida pela explosão duma bomba do tipo A; esta temperatura extrema dura apenas um milionésimo de segundo, tempo demasiado curto para manter uma reacção controlada dum modo permanente.

É evidente que a produção controlada da fusão termonuclear dotaria a humanidade com uma fonte de energia praticamente ilimitada.

Mesmo que seja possível usar ciclos com deutério e lítio que exigem temperaturas da ordem de 10^6 ou 10^7 °K, como arranjar recipientes capazes de resistir a temperaturas dessa ordem quando 6000°C são suficientes para volatilizar qualquer substância conhecida?

Uma possibilidade é obter, não temperaturas reais, mas temperaturas aparentes tais como se definem a partir da noção de energia cinética média; assim, por exemplo, num rectificador de vapor de mercúrio, em que o vapor é mantido a uma temperatura inferior a 100°C, a temperatura electrónica atinge umas dezenas de milhar de graus Kelvin. A verdade é que a aceleração de partículas em ciclotrões ou noutros tipos de aceleradores exigiria uma energia bastante superior à produzida, dada a pequena secção eficaz da reacção de fusão assim obtida, mesmo duplicando a velocidade relativa pelo choque de partículas animadas de velocidade de sentidos opostos.

Por ocasião da visita dos ministros soviéticos BULGANINE e KHRUSTCHEV à Grã-Bretanha, o físico russo IGOR KURCHATOV realizou em Harwell uma conferência no dia 26 de Abril do ano passado sobre as experiências russas para uma eventual realização de reacções termonucleares controladas. A originalidade e o interesse dos trabalhos russos provém do facto da temperatura elevada permitindo o escorvamento da reacção ser obtida directamente graças a uma descarga dum condensador potente através dum gás. Conseguem-se desse modo dois resultados essenciais: a coluna criada pela descarga eléctrica,

sob a acção do campo magnético criado pela própria descarga, sofre um efeito de contracção, o *Pinch effect*, graças ao qual a elevação de temperatura se concentra na vizinhança do eixo do tubo, isolando de certo modo térmicamente as paredes deste e evitando assim a sua volatilização; por outro lado, consegue-se, por efeito da descarga, libertar os neutrões necessários ao escorvamento da reacção. No deutério, à pressão de 0,1 mmHg, começam a obter-se neutrões para descargas de 500 000 ampères mas a emissão de neutrões dura apenas uns décimos de micro-segundo.

Por sua vez nos E. U. A. o problema é estudado desde 1952 pelos físicos que trabalham no programa Sherwood, concebido pela A. E. C. Na Universidade de Princeton foram construídos aceleradores estelares, os Stellarator A e B, tendo-se iniciado este verão a construção do Stellarator C que é um aperfeiçoamento dos anteriores; actualmente estão a fazer-se trabalhos de investigação, sobre a utilização da energia termonuclear para fins pacíficos, nas Universidades de Princeton, Nova-Yorque e Califórnia e também nos Laboratórios de *Oak Ridge* e *Los Alamos* e onze sociedades produtoras de electricidade começaram a dar a sua colaboração à A. E. C. e à divisão atómica da «General Dynamics Corporation» num programa de investigação visando a produção de energia termonuclear. Os problemas a resolver são muito difíceis e possivelmente só daqui a um ano após a realização em Genebra, de 1 a 14 de Setembro de 1958, da 2.^a Conferência internacional, na qual ingleses, americanos e russos parecem dispostos a expor os resultados já obtidos, se poderá saber se a fusão termonuclear é ou não técnica e economicamente realizável e se os reactores de fusão poderão, num futuro mais ou menos próximo, competir com os reactores de cisão, que já são hoje uma prometedora realidade.

* * *

No relatório da O. E. C. E. publicado em Maio de 1956 *L'Europe face à ses besoins croissants en énergie* avalia-se em 730.10⁶ toneladas de equivalente carvão a energia primária consumida em 1955 na Europa ocidental e prevê-se que este consumo se eleve para 840 e 1200 milhões de toneladas em 1960 e 1975, respectivamente; dessa energia cerca de 8% será em 1975 de origem nuclear. Os recursos energéticos dos 17 países membros da O. E. C. E. são muito diferentes. Assim o carvão é praticamente o único recurso dos países do Benelux, do Sarre e do Reino Unido e o principal recurso da França, da República Federal Alemã e da Turquia; pelo contrário, a energia hidráulica é o principal recurso

da Grécia, da Islândia, da Irlanda, da Noruega, de Portugal, da Suécia e da Suíça enquanto a Áustria e a Itália dispõem de energia hídrica, petróleo, gás, natural e algum carvão. Enquanto até 1929 a Europa ocidental exportava carvão o aumento de consumo e a diminuição de produção das suas minas faz que aumente constantemente a importação de combustíveis, principalmente petróleo e seus derivados. Em 1955 essas importações foram de 29.10⁶ toneladas de carvão e 84.10⁶ toneladas de produtos petrolíferos, com um custo superior a 50 milhões de contos.

Dos 29.10¹² kWh produzidos no Mundo em 1952, cabem à Europa cerca de 5,5.10¹². Comparando estes números com a produção de Portugal continental, 33,5.10⁹ kWh, ou mesmo do continente e províncias ultramarinas, 63,1.10⁹ kWh, vemos a modéstia da nossa posição. Essa modéstia ressalta mais ainda comparando os consumos específicos respectivamente 12,1 MW/hab no Mundo, 18,1 na Europa, 3,9 para o continente português e 3,26 para Portugal continental e províncias ultramarinas.² A produção de energia e o consumo por habitante mostram que a nossa posição só é comparável na Europa à da Grécia e da Turquia. De notar, porém, que as condições climáticas permitem uma economia importante no que respeita ao aquecimento.

Se nos referirmos particularmente à produção de energia eléctrica verifica-se que, tendo aumentado muito lentamente até 1945, começou a aumentar a um ritmo acelerado em 1946, em que a taxa de aumento anual foi de 10,2%, elevando-se para 15,1% em 1950. Em 1956 a produção foi de 2167 × 10⁶ kWh com um aumento de 14,7% em relação ao ano anterior.

Estes números podem considerar-se muito bons se os compararmos com a média europeia de 7% de aumento anual, correspondente a uma duplicação de dez em dez anos. Como se lê no último relatório da C. N. E.: «Subiu assim para 260 kWh a produção por habitante do continente português, o que nos vai aproximando, embora devagar e de longe, da média europeia, que já ultrapassa os 1 000; a rapidez com que os outros sobem só nos deixa pequena margem na velocidade relativa».

De notar que nos E. U. A., na Suécia e na Suíça essa média é da ordem dos 2 500 kWh/habitante e por ano e que, na Noruega, que de longe ocupa sob este aspecto o primeiro lugar no Mundo, foi em 1953 de 5 842 kWh/habitante.

Uma diminuição progressiva se tem verificado na nossa produção térmica à medida que aumenta a potência hidro-eléctrica instalada. Enquanto em 1946 a produção térmica, 321.10⁶ kWh, era li-

geiramente superior a 50% do total, em 1956 essa produção baixa para 136.10⁶ kWh, ou seja, apenas 6,3% do total.

Vejam os quais os recursos nacionais para fazer face ao aumento de consumo:

- reduzidíssimas existências de combustíveis clássicos em território metropolitano e certas esperanças nas possibilidades dos territórios ultramarinos;
- disponibilidades hidroeléctricas metropolitanas que, como ordem de grandeza, se podem admitir superiores a 12.10⁹ kWh, em ano médio seco, isto é, cerca de 5,5 vezes a produção necessária ao consumo de 1956;
- largas disponibilidades hidroeléctricas nos territórios ultramarinos.

Existem ainda no continente português disponibilidades hidroeléctricas apreciáveis e é lógico, portanto, que se prossiga na política do seu aproveitamento de modo que sejam suficientes, em anos hidrológicos médios, para satisfazer as necessidades tanto de energia como de potência.

A verdade, porém, é que as condições climáticas do país são muito irregulares tanto no decurso do ano, como de ano para ano. Não resisto à tentação de transcrever aqui o que se diz no já citado relatório da C. N. E.:

«Esta inconstância de chuvas, nem por ser bem conhecida e frequentemente apontada, é vista em todas as ocasiões com o realismo que requer; mas tudo parece indicar que o ambiente português vai tomando plena consciência do problema e que os futuros programas de produção eléctrica (como o Plano de Fomento em curso) terão em conta, sem mesquinhez nem exagero, a justa necessidade de compensação estival pelo apoio térmico e pela regularização hidráulica interanual.

Separando as fontes de energia em comerciais (combustíveis sólidos e líquidos, gás natural, energia hidráulica) e não comerciais (lenha, resíduos de serração e outros combustíveis vegetais) a produção de energia em 1952, avaliada em 10⁹ kWh, foi no Mundo, na Europa, em Portugal e nas suas províncias ultramarinas (Angola, Moçambique, Guiné e Cabo Verde) a seguinte:

	Comerciais	Não Comerciais	Total	MWh/habitante
Mundo	24100	4900	29000	12,1
Europa	5093	395,4	5488,4	18,1
Portugal Contin....	17,4	16,0	33,5	3,9
Prov. Ultramarinas	5,8	23,8	29,6	
Total	23,2	29,8	63,1	3,26

«Temos hoje na rede interligada, para a potência hidráulica de 900 MVA, a potência térmica de 137 MVA, valendo 15% daquela; para o ano que vem, com *Picote* e o primeiro grupo da *Tapada do Outeiro* em ordem de marcha, estaremos em 18% — número que parece escasso para o carácter das nossas quedas de água.

«Outros países de regime torrencial semelhante ao nosso e sujeitos às mesmas contingências, com capacidades de albufeira do mesmo nível (30 a 40% da produção hidráulica média), têm hoje valores mais altos na relação das potências térmica-hidráulica e, no entanto, sofrem por vezes limitações severas nas quantidades de energia disponível; isso os leva — e o panorama é geral na Europa neste momento — a pôr em execução vigorosos programas de produção térmica, mesmo onde os combustíveis são escassos ou não existem.

«Estes exemplos são para nós proveitosa lição de dura realidade — sobretudo para quem tenha esquecido 1949. O programa das novas centrais, em preparação para 1959-64, embora inclua, como se espera, um ou dois armazenamentos interanuais, não pode deixar descer a relação de 0,18 que acima se aponta, prevendo a montagem de mais um grupo térmico.

«Acrece que os 137 MVA da potência estatística actual não são eternos, estão em parte a atingir o limite de idade, e os seus altos custos de produção, devidos aos anos e ao preço do carvão estrangeiro, podem aconselhar, dentro de pouco tempo, a desclassificação antecipada de alguns grupos».

Parece, portanto, que estava dentro da razão quando, em 1948, defendi no segundo Congresso Nacional de Engenharia, realizado no Porto, a tese que, de colaboração com o Eng.^o Joaquim Álvares, apresentei sobre *A necessidade de instalação duma grande central térmica no norte do país*.

Os dois primeiros grupos da central da *Tapada do Outeiro* deverão ser suficientes até 1964; posteriormente parece que se deve pensar na utilização da energia nuclear começando por um grupo de 100 MW, que poderá ser o terceiro e último grupo daquela central ou o primeiro duma central a instalar nos arredores de Lisboa para reforço ou substituição da Central Tejo.

Dentro desta ordem de ideias é de prever que a potência nuclear instalada em Portugal seja de 200 MW dentro de 12 anos.

As centrais nucleares deverão trabalhar juntamente com as centrais a fio de água na base do diagrama de carga, atendendo a que se assemelham do ponto de vista económico, com grandes despesas de primeiro estabelecimento e reduzidas despesas de exploração. Se nessa data a potência hídrica

instalada for de 2 GW, a potência nuclear será apenas 10% daquela e, nessas condições, será viável a utilização da energia nuclear sem prejuízo das empresas hidro-eléctricas.

Felizmente que se não põe para nós a premente necessidade de instalar em curto prazo uma central nuclear o que nos permite aproveitar a experiência alheia no que se refere à evolução da técnica dessas centrais.

Nem por isso me parece que fosse inoportuno o ter apresentado também em 1948 no referido Congresso uma tese sobre *A Engenharia Portuguesa e o problema da utilização da energia atómica para fins pacíficos*.

Foi em 1952 que o INSTITUTO DE ALTA CULTURA resolveu formar uma COMISSÃO DE ENERGIA ATÓMICA e organizar o PRIMEIRO CENTRO DE ESTUDOS DE FÍSICA NUCLEAR, a quem se devem os trabalhos preliminares neste campo.

Em Abril de 1954 foi criada a JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR tendo como principais objectivos o da «determinação das nossas reservas de urânio e a preparação de pessoal técnico especializado, tudo por forma a criar um ambiente que nos permitisse acompanhar de perto a evolução do problema da energia nuclear a fim de, chegado o momento, nos encontrarmos aptos a conhecer da oportunidade da sua utilização para fazer face às necessidades internas do país e tecnicamente preparados para dela podermos tirar todo o proveito possível, sem para tal dependermos exclusivamente de terceiros» como foi dito por Sua Ex.^a o Presidente do Conselho no acto de posse da Junta.

À falta de pessoal especializado foram organizados cursos para a formação de colectores, prospectores e agentes técnicos de minas, com a duração de cerca de seis meses e constituídos por aulas teóricas e prática no campo; simultaneamente foram especializar-se no estrangeiro alguns engenheiros e geólogos.

Em 1956 iniciou-se uma vasta campanha de prospecção de minérios radioactivos na região granítica, com uma área de cerca de 10 000 km², limitada ao norte pelo rio Douro, a sul pelo paralelo de Belmonte e estendendo-se desde a fronteira até ao mar; já se iniciou também um reconhecimento geral na província de Trás-os-Montes.

No nosso sub-solo encontram-se sobretudo minérios secundários de urânio, como a autunite e a tobernite e também pechblenda, geralmente associados com pequenas quantidades de sulfuretos (pirite, galena); admite-se que o minério tenha uma percentagem de 0,3 a 0,6% de U₃O₈.

As nossas minas de urânio começaram a ser exploradas em 1908, tendo-se de 1913 a 1926 proce-

dido à extracção do rádio em Barracão (Guarda); a partir de 1945 intensificou-se nas minas da Urgeiriça a extracção do urânio.

Ainda hoje não é possível confirmar as previsões quanto ao valor quantitativo das nossas reservas uraníferas mas os trabalhos efectuados se não permitiram encontrar até agora um jazigo com o valor da Urgeiriça permitiram encontrar 35 outros embora menos valiosos mas em número suficiente para garantir uma produção anual de 200 toneladas de urânio metálico, mais do que suficiente para garantir a primeira fase da utilização da energia nuclear em Portugal.

Com efeito pode admitir-se que, por cada 100 MW de potência eléctrica instalada, se necessita duma carga inicial da ordem das 200 toneladas e se consome cerca de 50 toneladas de urânio por ano.

No princípio deste ano foi adquirido nos arredores de Lisboa, ao km 4 da estrada de Vila Franca, um terreno para a instalação dum LABORATÓRIO DE FÍSICA E ENGENHARIA NUCLEARES, que se espera possa entrar em funcionamento no próximo ano. Para equipamento do Laboratório foram adquiridos: um acelerador COCKCROFT-WALTON de 600 keV, um acelerador VAN DE GRAAFF de 2 MeV e um reactor piscina de 1 MW. No mesmo local será instalado um laboratório de química e metalurgia e uma instalação piloto para a produção de urânio metálico a partir dos nossos minérios.

Este Laboratório será um ótimo centro de ensino e de investigação posto à disposição das nossas escolas superiores e da indústria nacional.

Está o nosso país, como nação produtora de urânio, representado na «Agência Internacional da Energia Atómica», fazendo parte do grupo fundador, no «Comité de Direcção da Energia Nuclear da O. E. C. E.» e na «Sociedade Europeia de Energia Atómica». Temos assim uma posição satisfatória no âmbito das organizações internacionais.

* * *

Portugal, de mãos dadas com as outras nações da O. E. C. E., terá de acompanhar o ritmo da marcha do progresso. Mal vai se se deixar ficar isolado ou se não criar as condições indispensáveis para não perder o fôlego na corrida.

É para tal precisa fundamentalmente de criar homens capazes.

«A principal riqueza dos países economicamente mais desenvolvidos não é constituída pelo seu equipamento material; é antes a soma de conhecimentos acumulados na sequência de experiências concludentes, a aptidão da população para utilizar eficazmente estes conhecimentos e a formação que a

coloca em situação de o fazer» escreveu-o o Prof. FERNANDO SEABRA, meu ilustre predecessor neste lugar.

Dêem-me um ponto de apoio e uma alavanca e levantarei o Mundo, disse ARQUIMEDES. Dêem aos estudantes portugueses o apoio duma sólida preparação moral e profissional e eles levantarão Portugal no conceito do Mundo.

Mas não é, por exemplo, com uma licenciatura única em Ciências Físico-Químicas, com 2 catedráticos para 11 disciplinas de Física, com verbas laboratoriais insuficientes que se poderão formar os físicos indispensáveis, ao lado dos químicos e dos engenheiros das diferentes especialidades, mencionadamente electrotécnicos e mecânicos, para projectar, construir e explorar os reactores nucleares de que Portugal vai necessitar para resolver o seu problema energético. Mas se do Estado depende fundamentalmente a organização do ensino, a sua eficiência depende da mentalidade dos alunos; torna-se necessário que a maioria dos que frequentam um curso superior veja nele o meio de obter a formação indispensável à sua vida futura e não apenas o de obter uma carta de curso. Ao afirmar há meses na Associação Académica de Coimbra:

«as escolas não existem apenas com o fim de criarem profissionais, mais ou menos especializados, mas principalmente para formar homens», Sua Ex.^a o Ministro da Educação Nacional, Prof. LERTE PINTO, aflorou um dos mais complexos problemas pedagógicos de todos os tempos e que hoje se reveste para nós de acuidade especial.

Mais do que nunca, a preparação profissional e a formação moral dos homens é o ponto fundamental do progresso das nações e em especial de países como o nosso.

Se, na frase lapidar do Prof. MIRA FERNANDES «ensinar é transmitir conhecimentos criando aspirações de saber» direi que aprender é assimilar conhecimentos e destes, com um esforço pessoal, extrair a Verdade.

É essa a vossa missão, jovens estudantes universitários, e a procura da Verdade terá como consequência lógica o amor da Verdade.

Possa esse amor estender-se, num desenvolvimento harmónico e completo da vossa personalidade, aos grandes valores eternos: Deus, Pátria, Família.

Se assim for, tereis conseguido, a par duma especialização científica ou técnica que vos permitirá contribuir para o progresso material, aquele «suplemento de alma» de que fala BERGSON e que será medida do vosso valor moral.

É Portugal poderá tornar-se não só mais próspero mas também mais feliz.