



CAMINHOS DA INVESTIGAÇÃO APLICADA EM FACE DA CRISE ENERGÉTICA ⁽¹⁾

Resumindo-se a chamada «crise da energia» até hoje verificada, no aumento espectacular dos preços dos produtos petrolíferos, o que realmente se prevê e se teme a prazo não muito longo é a crise de carência desses produtos, cujo consumo aumenta a elevado ritmo. Porque o seu emprego traz vantagens muito grandes sobre o do carvão, uma parte considerável do esforço de investigação hoje despendido processa-se no sentido de encontrar os meios mais aperfeiçoados e económicos de transformar os combustíveis sólidos (carvões, xistos e areias betuminosas) em substâncias líquidas ou gasosas que possam substituir os derivados líquidos do petróleo e gás natural. Simultaneamente se intensificam a I & D referentes à energia nuclear (de fissão e fusão), energia solar, pilhas de combustíveis, etc.

I — A expressão «crise de energia», posta a correr mundo, como sineta de alarme, pelo embargo dos países árabes às vendas de petróleo ao Mundo Ocidental é, no seu início, praticamente apenas uma *crise de preços*, que subiram de maneira espectacular. Carência propriamente dita, só episodicamente se tem feito sentir. Mas é esta carência de matérias-primas para a energia, nomeadamente de petróleo e de gás natural, que constitui, a não muito longo prazo, a temida «crise energética». Quanto ao maior preço por que teremos de pagá-las, já não se vislumbra maneira de evitar o acontecimento.

A verdade é que o homem das chamadas «sociedades de consumo» se habituou, desde há bastante tempo, a dispor de energia barata, aparecendo como padrão desta barateza o petróleo e seus derivados. Por volta das décadas de 1920 e 1930, ouviam-se frequentemente avisos de especialistas anunciando a duração das reservas de petróleo bruto apenas para mais 15 ou 20 anos. Iniciou-se um período de investigação, mais intensa nos países europeus desprovidos dessas reservas, procurando encontrar modos de transformação de combustíveis tradicionais em líquidos, semelhantes ao petróleo ou seus derivados. Surgiram assim os processos de «carbonização a baixa temperatura», o de «hidrogenação do carvão» e o chamado processo de «Fischer-Tropsch», os quais permitiram à Alemanha produzir grandes quantidades de carburantes durante a última grande guerra. Mas, a partir da década dos anos cinquenta, com a descoberta de novos jazigos, alguns deles de extraordinária riqueza, o Mundo Ocidental passou a período de euforia energética: preços baixos de produtos petrolíferos e a sensação de poder gastar estes sem qualquer preocupação, isto a despeito de continuarem os avisos sobre a limitada duração das reservas em face do consumo crescente dessas matérias-primas. A chamada crise do Suez, de 1956, foi um rebate apenas; uma vez anulados os seus efeitos sobre o custo do petróleo, todos os países se lançaram de novo num período de consumo despreocupado e sempre crescente. Os Estados Unidos da América, com importante produção própria e exportadores tradicionais de petróleo, gozavam de condições de

(1) Comunicação à Classe de Ciências da Academia das Ciências de Lisboa, em 4 de Abril de 1974.

preço excepcionais e descobriram grandes jazidas de gás natural, matéria-prima energética que, até há muito pouco tempo, os consumidores norte-americanos pagavam por 2,5-3,5 ctv/th (1).

Mas, com os anos, os EUA passaram a importar petróleo e começaram a ver diminuir também as suas reservas de gás natural e, portanto, ameaçadas as condições excepcionais de preços de energia até há pouco tradicionalmente preservadas (Tabela 1).

Tabela 1

Reservas mundiais de petróleo
Em 10⁶ bbl

Regiões	Reservas certas	% do total	Produção em 1972	Produção em % das reservas
Médio Oriente	335 852	53,3	6 611	1,9
África	106 402	15,9	2 176	2,0
U.R.S.S.	75 000	11,2	2 876	3,8
E.U.A.	36 823	5,5	3 455	9,4
América Latina	27 782	4,2	1 540	5,5
China	19 500	2,9	186	1,0
Canadá	10 200	1,5	554	5,4
Indonésia	10 005	1,5	387	3,9
Europa Ocid.	8 582	1,3	113	1,3
Outros	16 737	2,5	674	4,0
Total	666 883	100,0	18 568	4,0

(M. A. Adelman, «The World Petroleum Market», John Hopkins University — 1973.)

Não admira pois que o alarme da crise energética viesse inicialmente dos EUA e seja agora este país que decide pôr-se na vanguarda da investigação de novas formas de energia e de novos caminhos para a transformação dos combustíveis sólidos em combustíveis líquidos ou gasosos, e os líquidos mais pesados em mais leves ou em gás (2).

2 — Vale a pena abrir aqui pequeno parêntese para reflectir nas causas que levam a desejar tal transformação. Não se trata agora de obter preços mais favoráveis; o petróleo encareceu e os custos que se conseguirem nessas operações já podem portanto ser mais elevados. Mas o que importa é obter combustíveis fáceis de manejar, que se «escoem por si quando se abre uma torneira» e

que possam trabalhar nos actuais motores de explosão ou de combustão interna. Pode dizer-se que a excelência dum combustível, sob o ponto de vista do homem de hoje, é proporcional ao seu teor de hidrogénio. Por exemplo, ao passo que um carvão contém de 2 a 6 % de H, a gasolina tem cerca de 14 % e o gás natural 25 %.

3 — Assim se compreende que uma dessas operações de transformação de carvão em petróleo ou em gás seja a hidrogenação, inicialmente estudada e praticada outrora, em larga escala, na Alemanha, onde foi baptizada com o nome de «berginização» (por ter sido seu realizador Bergius).

Consiste fundamentalmente no aquecimento do carvão pulverizado, às vezes em suspensão num óleo de reciclagem, em atmosfera de hidrogénio sob pressão.

A este e outros métodos até então praticados com análogo fim fiz referência em nota à nossa Academia, há cerca de 15 anos (1). Aí me referia a experiências laboratoriais de hidrogenação da lenhite de Rio Maior, feitas no antigo Instituto Português de Combustíveis. Concretamente a estes ensaios, no aspecto duma provável acção catalítica das matérias minerais próprias, também nos tínhamos referido cerca de 10 anos antes (2).

O outro processo, também descoberto e usado em tempos na Alemanha, era o que já indicámos devido a Fischer-Tropsch e que consiste essencialmente na gaseificação em presença de catalisador. Tanto quanto podemos saber, existe um único sítio actualmente onde se pratica em grande escala este processo: a África do Sul, que dele obtém principalmente gasolina com baixo índice de octano: o «sasol».

Quanto à hidrogenação, não já como operação de «liquefacção» de carvões mas com incidência em várias matérias-primas e seus derivados, é ela processo-base de que estão presentemente a ser

(1) Compare-se o número com o de uma das mais recentes previsões quanto ao custo do gás (SNG) produzido a partir do carvão: \$16,1 - \$18,8/th.

(2) No Congresso dos E. U. discute-se presentemente a questão de se aprovar um plano quinquenal ou decenal para o custeio das investigações oficiais no sector da energia no valor total, respectivamente, de 1000 ou 2000 milhões de dólares (27 a 54 × 10⁶ contos).

investigadas as mais diversas aplicações. Ocupemo-nos então concretamente das investigações em curso, grande parte delas nos E.U.A., procurando classificar e indicar quais os caminhos que se afiguram mais importantes.

4 — Começamos por aludir propriamente às *matérias-primas* transformáveis em combustíveis líquidos ou gasosos.

Cálculos de relativa confiança dão às reservas mundiais de petróleo bruto, actualmente conhecidas com razoável segurança, a duração de 10-20 anos (ao ritmo actual de consumo). Contando com as descobertas prováveis de novos jazigos, podemos ir talvez para um pouco mais do dobro. Ora as reservas de carvão e de xistos betuminosos conhecidas, pensando na sua transformação em combustíveis líquidos, dariam, pelo menos, para um período dez vezes mais longo. (As reservas de GN (gás natural) avaliam-se em 49 Tm^3 , tendo sido o consumo, em 1972, $1,2 \text{ Tm}^3$.)

Vale a pena citar os números que se indicam para as reservas dos E.U.A.

Ao passo que, neste país, as reservas identificadas e recuperáveis de petróleo bruto se avaliam em $52 \times 10^9 \text{ bbl}$ (1), só as reservas de xistos betuminosos de Green River (Colorado) de Otah e Wyoming correspondem a cerca de $1,8 \times 10^{12} \text{ bbl}$ de óleos. As reservas de carvão e lenhite parecem exceder $180 \times 10^9 \text{ t}$, sendo o consumo somente de $0,54 \times 10^9$.

Quanto às reservas mundiais, os números que se encontram na literatura da especialidade nem sempre coincidem. A título de exemplo, referimos os valores apresentados, em 1971, por Hubert; expressos em unidades Q (2).

Para o total de petróleo + gás dá, como reservas «razoavelmente asseguradas»: $4,4 \text{ Q}$; e, para reservas «totais estimadas»: $23,6 \text{ Q}$. Para o carvão, os números correspondentes são 27,5 e 190 Q, respectivamente.

Justifica-se assim o interesse em estudar meios eficazes e tão económicos quanto possível de transformação, em sucedâneos do petróleo ou do gás natural, das matérias-primas energéticas sólidas, já que as respectivas reservas são muito maiores, já porque esses tipos de combustíveis são os mais adequados em face das condições actuais de utilização (3).

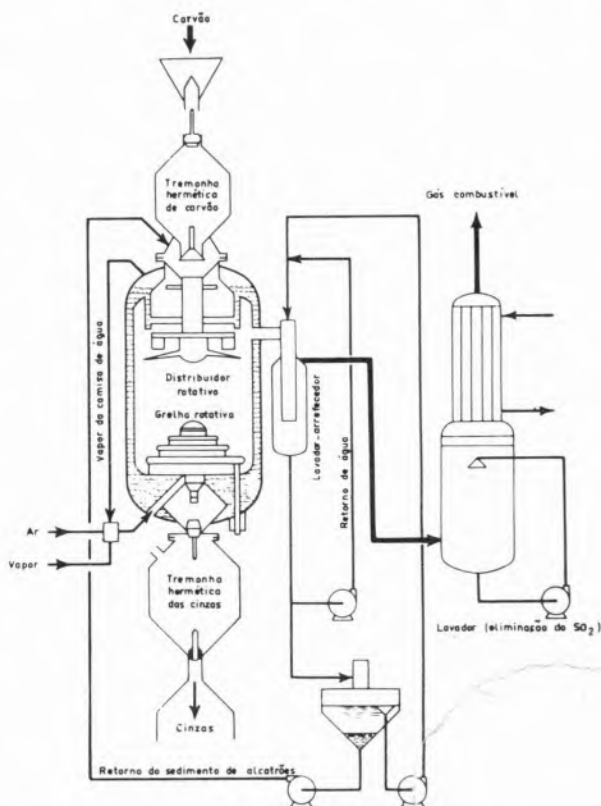


Fig. 1
Gasogénio de Lurgi.

5 — Enunciamos as operações unitárias que hoje em dia se consideram no intenso esforço de investigação em curso.

Para certas qualidades de carvões, uma *destilação* prévia — operação clássica para o fabrico de coque e para o gás de cidade, ainda é considerada; mas tal operação está especialmente indicada para a recuperação do óleo dos xistos betuminosos. Dada a grandeza das respectivas reservas, compreende-se o grande interesse em desenvolver uma

(1) bbl = barris. 1 barril de petróleo = 159 litros.

(2) $Q = 10^{18} \text{ BTU} = 252 \text{ Tth}$ ($252 \times 10^{12} \text{ th}$). Recordar-se que $1 \text{ th} = 10^3 \text{ kcal}$. Outras unidades: $1 \text{ Quad} = 10^{15} \text{ BTU} = 252 \text{ Gth}$; $1 \text{ tec} = 7 \times 10^3 \text{ th}$; $1 \text{ tep} = 10^4 \text{ th}$.

(3) Esta espectacular reabilitação do carvão mereceu do presidente da National Coal Association, há pouco tempo e durante um congresso internacional, o seguinte comentário: «Este horrível enteado (o carvão) tantas vezes maltratado e ignorado pelos dirigentes da política de combustíveis, tem de ser tirado dos seus andrajos e solenemente revestido com um manto que seja digno do chefe da família energética.»

tecnologia adequada. Vários são os sistemas propostos até agora mas é difícil ainda dizer qual ou quais serão escolhidos.

Para o carvão (hulha e lenhite), a operação inicial hoje mais largamente estudada é porém a gasificação. Mais uma vez, são os E.U.A. que vão na vanguarda destas investigações⁽¹⁾, mas é justo notar que a base da maioria dos projectos conhecidos é um invento alemão: o gasogénio de Lurgi,

transformar o gás, de baixo poder calorífico e impuro⁽³⁾ que sai do gasogénio, em gás com 8-9 th/m³, substituível ao gás natural (SGN). Quase todas as grandes empresas norte-americanas têm projectos de investigação, de instalações-piloto ou mesmo já de fábricas (3). Mas não se prevê que, antes de 1977-78, as instalações cujos projectos se encontram actualmente mais adiantados possam estar em funcionamento pleno.

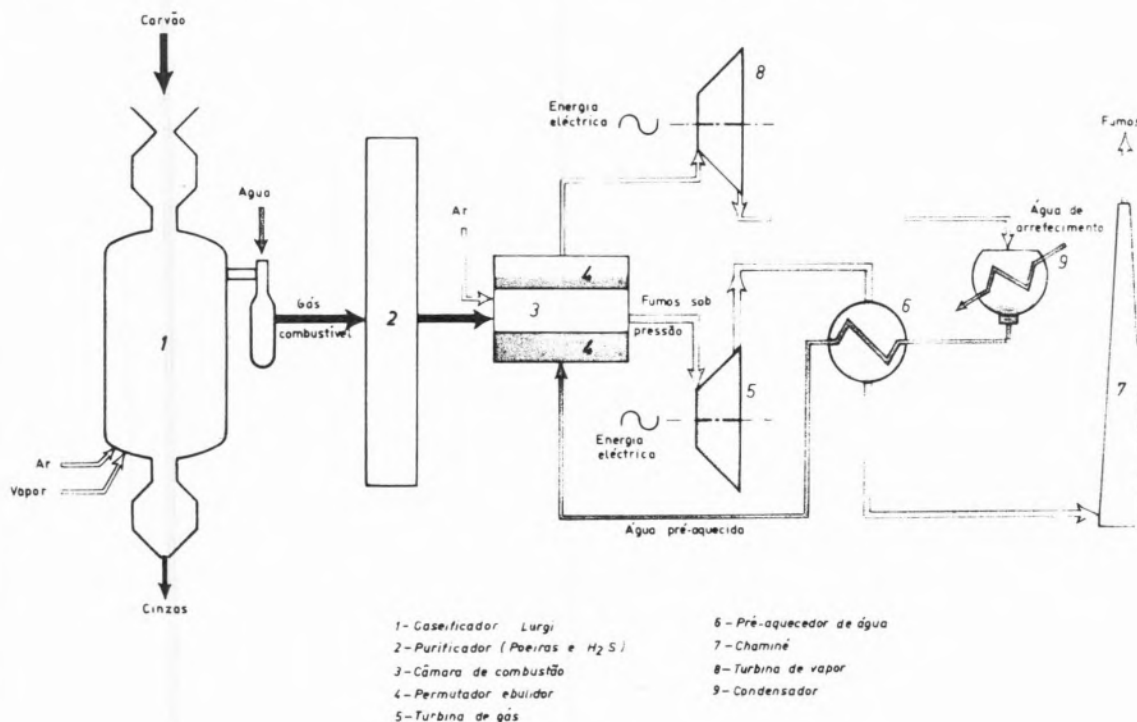


Fig. 2

Central térmica experimental de Lünen, na Vestefália:

Potência: 170 DW

Matéria-prima: carvão

Construtor: STEAG (Essen)

trabalhando sob pressão e com adopção do princípio do leito fluidificado (fig. 1). Outros tipos de gasogénios estão a ser ensaiados (Texaco, Bamag-Winkler, Wellman-Galusha, B & W-Du Pont, Koppers-Totzeck), mas o da Lurgi parece até agora o mais adequado.

A esta primeira operação seguem-se outras de purificação ou enriquecimento do gás. É aqui que pode intervir a hidrogenação e outra operação, essencialmente da mesma natureza mas que dela se distingue sob vários aspectos: a metanização⁽²⁾. Conseguem-se assim, depois duma série de operações,

Outra aplicação de princípios semelhantes é a construção de grandes centrais eléctricas alimentadas a carvão, onde este é primeiramente gasificado sob pressão, sendo purificado e fazendo funcionar sucessivamente uma turbina a gás e uma turbina

(1) Há notícia de que começou a trabalhar na África do Sul uma fábrica, cuja capacidade se ignora, de SGN com base no carvão. É a primeira no Mundo.

(2) Exemplo: $\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$.

(3) Uma das impurezas que obrigatoriamente se elimina é SO₂.

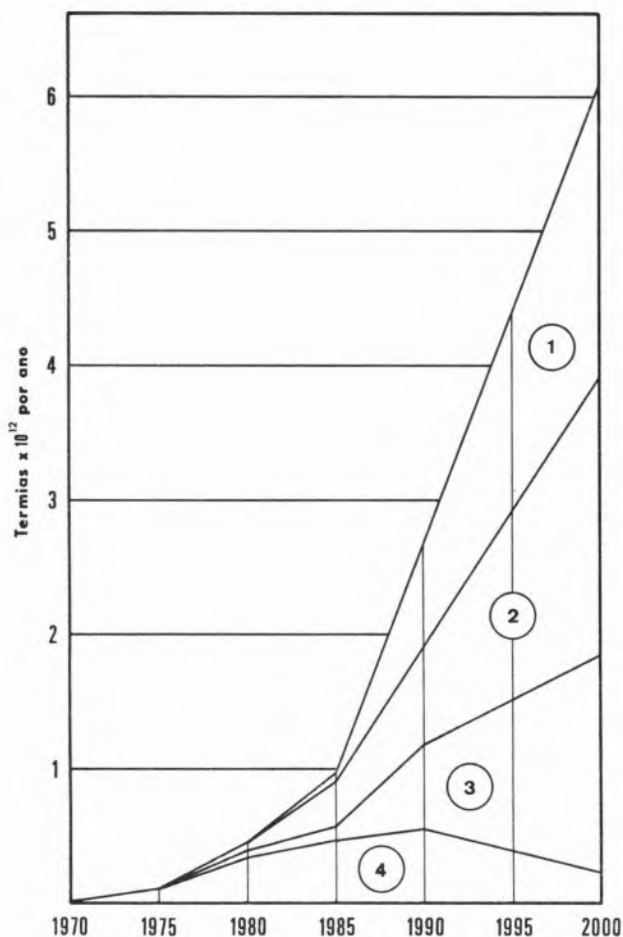


Fig. 3

Previsão do desenvolvimento da produção de substitutos do gás natural (GN) ou de derivados líquidos do petróleo (OL) nos Estados Unidos.

Fonte: Mr. Linden do IGT, Abril de 1972.

Substituto de:	Matéria-prima:
1 — OL	Carvão
2 — GN	Carvão
3 — OL	Xistos betuminosos
4 — GN	Petróleo e derivados

a vapor. Um exemplo de realização próxima é uma central de 170 MW, na Vestefália, que faz parte dum conjunto quase todo alimentado por gás natural holandês (fig. 2).

Para a produção de substitutos do gás natural (SGN), também numerosos projectos de investigação americanos se propõem partir de petróleo bruto ou de nafta, empregando ainda a operação da hidrogenação segundo um processo estudado, em Inglaterra, pelo BGC (inicialmente a matéria-prima tem de ser a nafta ou o petróleo bruto). Para obter o hidrogénio, usam-se as técnicas

recentes da *oxidação parcial* (Texaco, Shell) e da *reforma pelo vapor* (ICI). Qualquer destes dois processos dá inicialmente gás de síntese ($\text{CO} + \text{H}_2$), mas o primeiro é mais adequado propriamente à produção de hidrogénio.

A eliminação de SO_2 do gás, no decorrer do processo, foi, antes do embargo árabe, uma das determinantes destas investigações, dado que todos os carvões e os petróleos têm S e, em face da necessidade de medidas não poluentes, o gás que se deve produzir é um combustível «limpo» (fig. 3).

Ainda com base nos carvões e nos xistos betuminosos (1) alguns esforços têm sido feitos no sentido de a transformação em combustível fluido ser feita «in situ» mas os resultados até agora não têm sido animadores. Não conhecemos, porém, o estado do problema na U.R.S.S., onde o assunto tem sido mais afincadamente estudado.

6 — Mas, se bem que muito maiores que as do petróleo, as reservas de combustíveis sólidos estão muito longe de ser inesgotáveis. Então que solução haverá para o problema energético, se quisermos olhar para lá do século XXI?

Vêm à ideia, primeiramente, as fontes *renováveis* de energia, nomeadamente a *energia solar* e a *energia geotérmica*. A primeira tem a grande dificuldade de aplicação, derivada da sua fraca «densidade»: a potência de 1 kW exige área ensoalhada de cerca de 1 m^2 . Já se realizam, porém, várias aplicações de âmbito restrito. Quanto a aplicação em grandes centrais, talvez num futuro longínquo, a partir dum satélite de grande superfície se possa encontrar, como já foi sugerido, essa solução. Para a utilização da energia geotérmica as restrições são ainda maiores, mas parecem possíveis aplicações importantes em certas regiões do Globo. Tanto num como noutro caso, há várias entidades interessadas na respectiva investigação ou desenvolvimento.

Regressemos então às fontes temporárias, pensando nas matérias-primas que estão na base dos processos de *fissão* e de *fusão* nucleares.

A situação actual, quanto à aplicação destes processos à geração de energia útil para os fins humanos em escala conveniente, é nitidamente diversa.

(1) Aos xistos há que acrescentar as areias betuminosas, muito abundantes também em certas regiões.

Quanto à fusão, estamos ainda em fase primária, esperando-se (mas sem ter a certeza) que as aplicações serão um facto a partir das primeiras décadas do século XXI. O esforço actualmente feito no sentido destas investigações, especialmente nos E.U.A. e Rússia e também na Europa, é verdadeiramente notável. E justifica-se, pois no dia em que o homem souber dominar em seu benefício a fusão nuclear, as matérias-primas que para este fim se consideram existem em tal abundância no Mundo que se calcula a sua duração, mesmo para consumo elevado, em dois milhões de anos, pelo que respeita ao lítio, e... 2900 milhões de anos, para o deutério. Não haverá pois que ter preocupações, uma vez resolvidas as dificuldades (e são vultosas) da «domesticação» do fenómeno de fusão nuclear. Têm-se feito progressos mas continua a ser problema essencial a estabilização, durante tempo suficiente, dos plasmas elevados a cerca de 100 milhões de graus Kelvin e devidamente «confinados» (1).

7 — Felizmente a posição é outra quanto ao fenómeno de fissão. A sua aplicação à produção «domesticada» de energia é hoje um facto corrente, embora, como é lógico, haja que esperar crescentes aperfeiçoamentos dos pormenores das realizações actuais.

Existem hoje em dia meia dúzia, pelo menos, de tipos de reactores nucleares térmicos, a urânio, com experiência suficientemente longa para inspirar a necessária confiança. Pode até dizer-se que o embaraço reside na escolha. Mais por motivos de ordem comercial do que técnicos, parecem ser neste momento os reactores norte-americanos, a água ordinária e urânio enriquecido (BWR da General Electric e PWK da Westinghouse), que estão a merecer preferência na Europa. Mas ninguém pode negar as qualidades demonstradas pelos reactores ingleses e franceses, com moderador de grafite e arrefecimento por gás. Além destes, também é de considerar o reactor canadiano, com moderador de água pesada, o qual possui a vantagem de trabalhar com urânio não enriquecido.

Está na ordem do dia o problema europeu numa unidade de enriquecimento de urânio em ^{235}U , com suficiente capacidade. Para isto, cinco países da Europa (França, Itália, Suécia, Espanha e Bélgica) formaram uma associação denominada «Eurodif». A instalação de enriquecimento de urânio, pelo

processo da difusão de UF_6 , exigirá, quando trabalhar em pleno, energia eléctrica correspondente à potência de 2500 MW, ou seja, a potência total que, segundo se calcula, estará instalada em Portugal metropolitano por alturas de 1977. Outros três países, Inglaterra, Holanda e Alemanha Federal constituíram outro grupo, a «Urenco», para levar a efeito uma fábrica de enriquecimento por ultra-centrifugação.

A partir aproximadamente de 1980, entrarão em serviço reactores reprodutores ($\text{U} + \text{Pu}$) dos quais, alguns protótipos já se encontram em funcionamento na Europa e nos E.U.A. As investigações em curso neste campo pertencem já quase só à fase de «desenvolvimento».

Quanto à segurança (de funcionamento e protecção) e ao acondicionamento de resíduos radioactivos, não há realmente motivos para apreensões, em face da experiência havida.

O uso de reactores de neutrões rápidos, reprodutores, permitirá ir bem mais longe na duração das reservas de minérios de urânio. Computam-se estas, no total, em 164 Q e aponta-se-lhe a duração de cerca de 1 milhão de anos, se se tomar em conta os minérios de baixo teor (2).

Actualmente, na Europa, há um total de potência instalada com origem nuclear superior a 11 000 MW mas prevê-se aumento muito grande até 1980.

Vê-se pois que, mesmo abstraindo do fenómeno de fusão, é na energia nuclear que o homem terá de ir buscar a parte substancial da energia de que vai carecer no futuro.

8 — Isto não quer dizer, porém, que tal venha a ser a única solução do problema energético e, por isso, os trabalhos de investigação em curso abrangem muitos outros sectores. Já falámos na

(1) Além da temperatura vizinha dos cem milhões de graus é necessário atingir densidades de plasma da ordem de 10^{12} partículas/cm³ e tempo de reacção ≥ 1 s.

(2) Os últimos cálculos dão para valor das reservas mundiais (razoavelmente asseguradas) de minério de urânio — de tratamento mais favorável (custo inferior a 575\$00/kg de U_3U_8) — o total de 866 000 t. Quanto ao emprego de tório em reactores, a experiência é por enquanto nula, mas como não são de prever dificuldades especiais na sua utilização em reactores de energia, as reservas dos minérios respectivos, que são também grandes, constituem um aumento de segurança no abastecimento.

transformação dos combustíveis sólidos, em líquidos ou gasosos, e no aproveitamento da energia solar e da geotérmica. Têm, por sua natureza, limitadas aplicações a *energia eólica* e a *das marés*. Quanto à *energia hidráulica*, haverá apenas que aplicar as técnicas já conhecidas e completar o aproveitamento dos recursos ainda disponíveis. Isto é imprescindível, se bem que essas disponibilidades não cheguem para resolver o problema⁽¹⁾.

Também está implícito em tudo o que dissemos que é imperioso continuar na *pesquisa de novas jazidas de petróleo e gás natural*.

São objecto de estudo atento as chamadas *pilhas de combustível*, que permitem a utilização, com muito melhor rendimento, dos combustíveis conhecidos. Também começa a haver fundadas esperanças de aplicações interessantes dos *motores iónicos*.

Mas o desenvolvimento que certamente constituiria progresso utilíssimo para o homem seria a descoberta dum acumulador eléctrico de elevada capacidade. É a solução que condiciona fundamentalmente o problema da circulação intra-urbana. As investigações nesse sentido continuam, alguns novos tipos se têm proposto, mas por enquanto nada foi achado de satisfatório. Parece uma ironia da sorte: têm sido espantosas as realizações da ciência aplicada aos mais variados ramos da técnica mas, quanto à acumulação de energia eléctrica, não se têm conseguido progressos sensíveis desde há... 115 anos!⁽²⁾

No entanto, e mesmo assim, começaram a aparecer alguns modelos de automóveis eléctricos, necessariamente com raio de acção muito reduzido.

9 — Resta mencionar, com especial incidência também nos veículos automóveis mas, em geral, com vista à substituição do gás natural, dois combustíveis ultimamente propostos com certa insistência: o *hidrogénio*, combustível ideal sob o ponto de vista da poluição e, permitindo o aproveitamento «in loco» do gás natural destinado a ser remetido para pontos distantes por via marítima, o álcool metílico, CH_3OH . Se bem que com poder calorífico muito inferior ao do gás natural, o seu transporte por barco não exige liquefacção prévia, a qual, no caso daquele gás, é indispensável e lhe encarece sensivelmente o transporte. Quanto ao sucesso destas propostas, só o futuro o dirá mas elas são também objecto de estudo e ensaios.

10 — Depois desta exposição em que fundamentalmente se trata de buscar para o futuro os meios de alimentar as necessidades de energia do homem, só não se tratou, pelo menos aparentemente, dum meio, talvez o mais lógico, de atingir tal fim: *poupar energia*. Diga-se em abono da verdade, que o lapso é, de facto, parcialmente aparente:

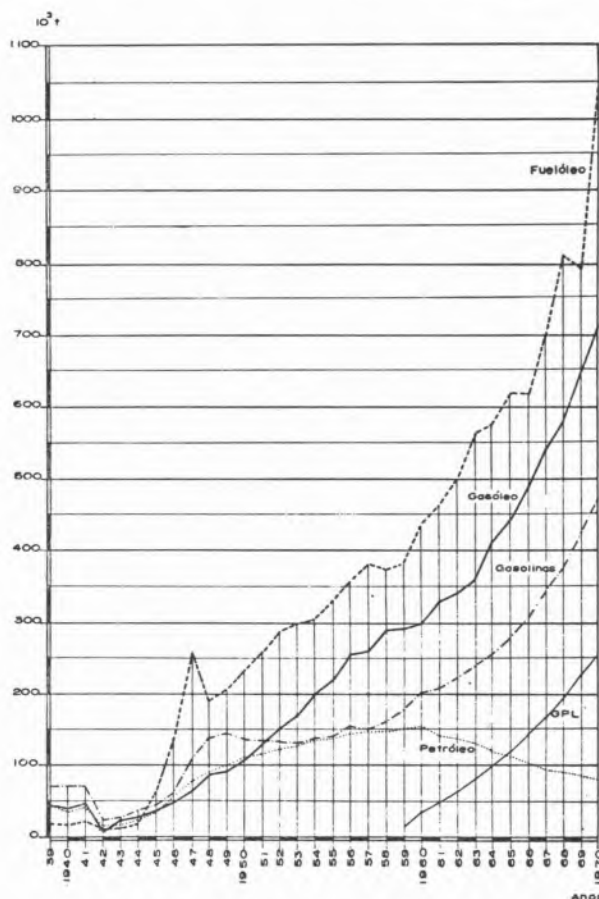


Fig. 4

Evolução do consumo de combustíveis derivados do petróleo, em Portugal. Consumos verificados em 1973 (em 10^3 t):

Fuelóleo — 1780 (2402, incluindo bancas)

Gasóleo — 988,9 (1213, incluindo bancas)

Gasolinas — 1003,0

Petróleo — 69,3 (640, incluindo JP4 + JP1)

GPL (propano + butano) — 371

Fonte: Direcção-Geral dos Combustíveis.

(1) Em Portugal os recursos hidráulicos aproveitados correspondem a cerca de 9000 GWh/ano, computando-se os disponíveis em 8700 GWh/ano.

(2) A invenção do acumulador de chumbo por Planté data de 1859.

muitos dos caminhos indicados conseguem melhoria de rendimento na utilização das matérias-primas energéticas e, portanto, conduzem a autênticas economias. Aliás a elevação da taxa de rendimento dos processos geradores de energia é parâmetro constante neste género de investigações.

Resta porém o outro aspecto, talvez mais importante: restringir essas necessidades de energia, isto é, verdadeiramente «fazer poupança». A verdade é que o consumo, especialmente dos produtos petrolíferos, tem crescido astronomicamente nos últimos tempos (fig. 4). Mas como contrariar esta tendência, se o estado do avanço dos povos se mede hoje pelo quantitativo deste e doutros consumos, e se o homem de hoje se deixou dominar pelo culto do aumento ilimitado dum índice a que se chama o «produto nacional bruto»? Será admis-

sível, por exemplo, que só de tempos a tempos se reconheça que é um contra-senso conformarmo-nos com a ideia de que, pelo caminho que as coisas levam, daqui a 20 anos (ou mesmo daqui a 50) se esgotarão na Terra as preciosas reservas de líquidos e gases combustíveis, maravilhosa acumulação da energia solar que se processa durante milénios?

Não se deverá chamar a esta atitude verdadeiro esbanjamento, insensato apanágio desta sociedade «de desperdício» em que vivemos?

É caso para perguntar se não terão razão os defensores do «crescimento zero» e se toda a actual estratégia do «homo sapiens» em face da natureza não terá de ser urgentemente revista. Mas isto é uma outra história, muito mais complexa do que aquela que acabei de resumir.

Anexo I

Investigação e desenvolvimento no sector energético

I — Fontes (de energia) não renováveis

Matérias-primas	Processos	Produtos
Carvões	Gasificação Pirólise Hidrogenação Síntese de Fischer-Tropsch Metanização	Combustíveis líquidos ou gasosos «limpos» com PC baixo (GC) ou alto (SGN)
Xistos e areias betuminosas	Distilação Pirólise Tratamento por solventes Gasificação «in situ»	Combustíveis líquidos ou gasosos
Gás natural, petróleo bruto, nafta, fuel, GLP	Oxidação parcial Reforma pelo vapor Conversão Metanização Purificações várias	Gás de síntese Hidrogénio } (novos combustíveis) Metanol }
Minérios de urânio (e tório)	Fissão nuclear a) em reactores térmicos b) em reactores reprodutores	Produção de calor especialmente para geradores de energia eléctrica
Água (para D e T) Min. de Li (para T)	Fusão nuclear, em reactores de fusão	<i>Idem</i>

II — Fontes (de energia) renováveis

Solar	Potencial extremamente elevado mas fraca «densidade» (1 MW → cerca de 1 hm ² de superfície terrestre). Já com aplicações ao aquecimento dos locais e a fornos de alta temperatura. Várias investigações em curso.
Hidráulica	Em período de pleno desenvolvimento. Os recursos ainda disponíveis não podem porém resolver quantitativamente o problema energético, mesmo a médio prazo.
Geotérmica	Susceptível de importantes aproveitamentos mas limitados a regiões especiais. Grande interesse nas investigações em curso.
Eólica e das marés	Aplicações de âmbito restrito. A energia eólica é de aplicação tradicional (1). A energia das marés só pode ser aproveitada em pontos específicos das costas marítimas.
Lenhas e detritos vegetais	Para produção de energia só poderão ter interesse muito restrito. Podem dar, por destilação, gasificação ou fermentação, produtos combustíveis. Grande dificuldade do seu tratamento em unidades de grande capacidade, em grande parte pelo transporte muito oneroso.

III — Domínios da I & D na utilização das fontes de energia, seu transporte e acumulação

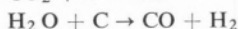
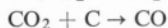
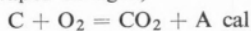
— Elementos geradores (pilhas) de:	Grande interesse nestas investigações e progressos sensíveis em relação principalmente às pilhas de combustível
— combustíveis	
— de radionuclídeos	
— fotovoltaicas	
— Motor iónico	Algumas investigações em curso
— Motor magneto-hidrodinâmico	Poucos progressos realizados
— Produção, em grandes centrais, de gás combustível «limpo» sob pressão e utilização em simbiose da turbina a gás e da turbina de vapor	Vários projectos em via de desenvolvimento. Bom rendimento energético
— Novos tipos de acumulador eléctrico	Nada se encontrou ainda de satisfatório, mas apenas alguns progressos (acumulador de sais fundidos, de zinco e ar, de sulfureto)
— Transmissão criogénica da corrente eléctrica	Realização prática com aspecto económico ainda duvidoso, dadas também as dificuldades técnicas. Interesse inegável da solução

(1) Já se fala ultimamente na utilização do «vento estratosférico», que seria uma nova forma de energia eólica.

Anexo 2

Reacções típicas dos processos mencionados

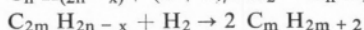
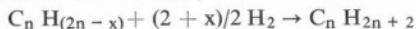
Gasificação (com ar ou oxigénio e vapor de água)



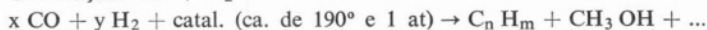
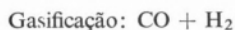
Pirólise



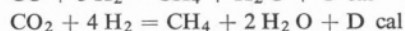
Hidrogenação (a temp. e pressão elevadas + catalisador)



Síntese de Fischer-Tropsch



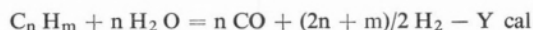
Metanização



Oxidação parcial



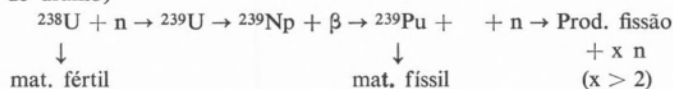
Reforma pelo vapor



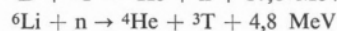
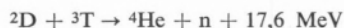
Conversão



Fissão nuclear (reactores reprodutores de urânio)



Fusão nuclear (com deutério-trítio)



BIBLIOGRAFIA

1. Carvalho, A. H., *Mem. Acad. Ciênc. Lisboa*, **5**, 401 (1953).
2. Carvalho, T. H., Torres, J. A e Santos, H., Comunicação à Classe de Ciências da Academia de Ciências de Lisboa, na sessão de 16 de Novembro de 1939. Não publicado.
3. Chohey, N. P., *Chem. Eng.*, **81**, 70 (1974).

NOTA

Como livro recente em que se descrevem as novas tecnologias referentes às matérias-primas energéticas pode consultar-se: H. C. Hottel e J. B. Howard — «New Energy Technology» — M. I. T., 1972.