

O sistema produtor hidroeléctrico da bacia do Tejo

Sua contribuição para o abastecimento dos consumos totais do país e principais aspectos da sua exploração

JOSÉ DA CRUZ MORAIS

Engenheiro Electrotécnico (I. S. T.)

Companhia Portuguesa de Electricidade

No passado mês de Junho realizou-se em Santarém um «Colóquio sobre o desenvolvimento da bacia hidrográfica do Tejo».

Entre os muitos e valiosos trabalhos que ali foram apresentados, escolhemos dois que consideramos interessante transcrever integralmente na nossa Revista. É autor de ambos o nosso ilustre colaborador Engenheiro José da Cruz Morais, que gentilmente nos autorizou a publicação, pelo que lhe ficamos muito reconhecidos.

Começamos pela apresentação do trabalho cujo título encabeça esta nota, e esperamos poder publicar o segundo num dos próximos números.

1 — INTRODUÇÃO

1.1 — A Companhia Portuguesa de Electricidade - C.P.E. resultou da fusão levada a efeito no final do ano transacto, das cinco empresas da Rede Primária (Hidro Eléctrica do Cávado, Hidro-Eléctrica do Douro, Hidro-Eléctrica do Zêzere, Empresa Termoeléctrica Portuguesa e Companhia Nacional de Electricidade). Reunidas, dessa forma, numa só entidade empresarial as concessões de produção e de transporte, antes repartidas entre as cinco empresas fusionadas, a C.P.E. ficou a deter, no conjunto do Sector de Electricidade, uma posição de extremo relevo (a produção das suas centrais representou em 1969, cerca de 78 % da produção total de energia eléctrica de Portugal Continental), situação que, no futuro, se acentuará ainda, dado que é à nova empresa que competirá a instalação e exploração das centrais necessárias à satisfação dos crescentes consumos de electricidade do País.

Ao receber as concessões da antiga Hidro-Eléctrica do Zêzere a C.P.E. tornou-se concessionária dos grandes aproveitamentos em exploração no rio Zêzere (Cabril, Bouçã e Castelo do Bode), e, também, do novo e importante aproveitamento em construção no rio Tejo (Fratel).

1.2 — De acordo com o tema geral do Colóquio, a presente nota tem como objectivo principal a caracterização da produtibilidade dos aproveitamentos portugueses da bacia do Tejo — de que os acima referidos representam uma parcela muito importante —, acompanhando-a de uma descrição sumária da forma como a sua produção se situa no quadro geral da satisfação dos consumos de electricidade do País. Acessoriamente, porém, não se deixará de fazer referência a alguns dos aspectos mais importantes da exploração desses aproveitamentos, e da sua incidência no regime de caudais do Tejo a jusante de Constância — aspectos que, naturalmente, se revestem de marcado interesse em relação a alguns problemas apreciados neste encontro.

2 — PRINCIPAIS APROVEITAMENTOS PORTUGUESES NA BACIA DO TEJO

Como se sabe, o Convénio luso-espanhol sobre o aproveitamento dos rios limítrofes reservou à Espanha o aproveitamento hidroeléctrico do troço internacional do rio Tejo (entre as confluências do Erges e do Sever), assim como o aproveitamento do Erges.

Desta forma, as possibilidades de aproveitamento para fins hidroeléctricos das águas da bacia do Tejo, em Portugal, ficam limitadas à utilização da queda disponível no curso principal a jusante da foz do Sever (cota 74 m), e ao aproveitamento dos principais tributários, exceptuados os fronteiriços.

Reportando-nos ao curso principal, isto é, ao próprio Tejo, notaremos que a queda-limite aproveitável — entre a confluência do Sever e a foz — seria, portanto, de cerca de 74 m, já que esta é a cota do rio naquela confluência; atendendo, porém, em que a morfologia geral do vale do Tejo no seu curso inferior (grande largura do rio, margens baixas, ausência de desníveis localizados apreciáveis), não permite a realização das retenções necessárias ao integral aproveitamento do rio, ficaremos em condições de aceitar que o desnível utilizável pouco possa exceder os 36 m, dos quais 14 m já hoje estão aproveitados na central de *Belver* (concessão da Hidro-Eléctrica Alto Alentejo), encontrando-se os restantes 22 m em vias de utilização na central de *Fratel*. Refiramos, porém, que é de admitir (não estão ainda realizados os estudos técnico-económicos necessários à avaliação do empreendimento) que venha ainda a ser realizado, no próprio Tejo, a jusante de *Belver*, novo aproveitamento, que poderá vir a ampliar um pouco a queda utilizada para fins energéticos.

A relativa modéstia daquele valor (36 m) pode apreciar-se melhor se tivermos presente que a queda reservada a Portugal no troço internacional do Douro ascende a 200 m (já em utilização), a que há que acrescentar os 124 m de desnível aproveitável no curso nacional do mesmo rio (dos quais 94 m correspondentes a aproveitamentos em construção).

No que se refere aos afluentes, podemos verificar que, na margem direita, as condições vão sendo progressivamente mais favoráveis à medida que nos vamos deslocando de montante para jusante até ao Zêzere: o Ponsul, de bacia modesta e desenvolvendo-se em zonas de fracas precipitações, apresenta baixas potencialidades energéticas (o aproveitamento hidroagrícola da *Idanha* tem uma produção anual média da ordem dos 6 GWh/ano, apenas); o Ocreza, de bacia mais vasta e mais pluviosa, encontra-se aproveitado já no troço terminal, em *Pracana* (produtibilidade média anual da ordem dos 40 GWh); finalmente, o Zêzere, sendo o de bacia mais extensa e, além disso, a de mais elevado caudal específico, permitiu a constituição na sua bacia dos aproveitamentos hidroeléctricos de *Santa Luzia*, no rio Pampilhosa (concessão da Companhia Eléctrica das Beiras, com uma produtibilidade média da ordem dos 67 GWh/ano), e da cascata *Cabril-Bouçã-Castelo do Bode*, no próprio Zêzere (com uma produtibilidade média, de conjunto, vizinha dos 1000 GWh/ano).

Quanto aos da margem esquerda — de entre os quais o Sorraia assume particular relevo, dada a extensão da bacia —, as características hidrológicas (baixos caudais específicos) e morfológicas (nomeadamente no aspecto topográfico,

caracterizado pela escassez de importantes declives) tornam diminuta a energia efectivamente aproveitável: a produção média anual das centrais dos aproveitamentos hidroagrícolas da bacia do Sorraia (*Maranhão*, *Montargil* e *Gameiro*) é da ordem dos 23 GWh/ano, apenas, enquanto a das centrais do sistema da Ribeira de Nisa, em conjunto, pouco excede os 15 GWh/ano.

Quer dizer, em resumo, que, sob o ponto de vista da produção de energia eléctrica, o rio Tejo, no seu curso em território português, apresenta perspectivas relativamente modestas, por ser relativamente pequena a queda utilizável. Quanto aos afluentes do território nacional, os recursos aproveitáveis apenas no rio Zêzere — de longe o mais importante sob esse ponto de vista — assumem valores de franco relevo.

Nos quadros a seguir apresentados indicam-se as principais características dos aproveitamentos em exploração ou construção na bacia do Tejo (Quadro I) e as produções reais das respectivas centrais no último decénio (Quadro II).

3 — PARTICIPAÇÃO DA PRODUÇÃO HIDROELÉCTRICA DOS APROVEITAMENTOS DA BACIA DO TEJO NA SATISFAÇÃO DOS CONSUMOS DO PAÍS

3.1 — Os consumos de energia eléctrica, em todos os países do Mundo, encontram-se em contínuo crescimento, facto que resulta da permanente expansão da actividade económica, por um lado, a que se justapõe o concomitante desenvolvimento de usos domésticos, pelo outro.

Esse crescimento parece tender, aliás, a processar-se dentro de um certo paralelismo, no sentido de que as taxas de crescimento nos diversos países tendem a aproximar-se quando eles se encontram em idênticos estádios de electrificação (avaliados através das capitações de consumo, nomeadamente).

No nosso País (Continente), a evolução dos consumos tem-se processado, nos últimos vinte anos, de maneira bastante rápida, como é normal em países que atravessam estádios de desenvolvimento semelhantes. Assim, de uma produção total de 942 GWh, verificada em 1950, passámos a 3264 GWh, dez anos depois — devendo o correspondente valor, no corrente ano de 1970, ascender a cerca de 7500 GWh.

3.2 — O rápido crescimento apontado — em 1970, a produção total do País deverá, como vimos, ser cerca de 8 vezes superior à de há vinte anos, o que corresponde, em média, à duplicação em cada período de 6,5 a 7 anos — traduz-se, naturalmente, na necessidade de ir instalando, continuamente, novas centrais que permitam ir fazendo face à expansão do consumo. E é por isso que, ao longo dos últimos dois decénios, foram entrando em exploração, além dos três aproveitamentos do Zêzere anteriormente referidos (*Cabril*, *Bouçã* e *Castelo do Bode*), cinco grandes barragens no sistema Cávado-Rabagão (*Alto Rabagão*, *Paradela*, *V. Nova*, *Salamonde* e

QUADRO I

Características dos aproveitamentos hidroeléctricos em exploração e construção na bacia do Tejo

CENTRAIS		Curso de água	Tipo de aproveit.	Área da bacia (km²)	Queda média (m)	Capacidade útil da albufeira		Número de grupos	Potência instalada		Produtib. média anual (GWh)	Empresa concessionária
						(10⁶ m³)	(GWh)		(MW)	(MVA)		
Em exploração	Cabril	Zêzere	albufeira	2 340	108	614,0	339,3	2	97,2	122,0	365	C.P.E.
	Bouça	Zêzere	»	2 525	56	—	—	2	50,0	56,0	190	C.P.E.
	Castelo do Bode	Zêzere	»	3 950	80	900,5	163,0	3	139,0	172,2	465	C.P.E.
	Santa Luzia	Unhais	»	88	312	50,1	61,6	4	23,2	32,0	60	C.P.E.
	Pracana	Ocreza	»	1 410	52	101,0	12,9	2	14,7	17,6	40	H.E.A.A.
	Belver	Tejo	fio de água	61 400	14	—	—	4	32,4	40,0	195	H.E.A.A.
	S. de Nisa	Nisa	albufeira	155	16	21,3	10,4	2	0,7	0,9	15	H.E.A.A.
				158	65	6,4	2,7	2	1,0	2,0		
				209	117	6,4	—	2	4,4	5,5		
				272	15	—	—	1	0,6	0,7		
	Total			—	213	—	13,1	7	7,5	9,1		
	Cabeço Monteiro	Ponsul	»	358	27	78,0	—	1	2,2	2,6	6	
Motargil	Sôr	»	1 187	20	164,3	—	1	3,3	4,0	8		
Maranhão	Raia	»	2 282	36	205,4	—	1	6,1	7,5	12		
Gameiro	Raia		3 255	5	—	—	1	1,1	1,4	3		
Em construção	Fratel	Tejo	a fio de água		22			3	130	160	430	C.P.E.
	Total em exploração					603		35	382		1345	
Total com Fratel						603		38	512		1775	

QUADRO II

Aproveitamentos hidroeléctricos em exploração na bacia do Tejo
Produções anuais no decénio 1960/69

		1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	Média
C.P.E.	Sist. Zêzere (C.P.E.)	995	437	849	1016	959	670	844	709	686	1071	824
Outros	Santa Luzia (CEB)	79	62	68	80	65	59	81	43	52	83	67
	Belver (HEAA)	203	174	188	173	191	156	216	192	184	158	184
	Pracana (HEAA)	57	38	31	41	36	39	44	22	30	38	37
	Rib. Nisa (HEAA)	21	16	19	20	18	8	24	13	7	17	16
	Maranhão	9	11	14	24	16	6	20	11	3	16	13
	Montargil	5	3	7	11	12	4	13	6	5	11	8
	Gameiro	—	—	1	5	4	2	4	3	2	2	3
	Idanha	7	5	7	6	8	2	8	3	4	7	6
	Outros	381	309	335	360	350	276	410	293	287	332	334
Total (Bacia do Tejo)		1376	746	1184	1376	1309	946	1254	1002	973	1403	1158

Cançada), os três escalões do Douro Internacional (*Miranda*, *Picote* e *Bemposta*), a albufeira de *Vilar*, no Távora, e ainda as centrais térmicas da *Tapada do Outeiro*, perto do Porto, com três grupos de 50 MW cada, e do *Carregado*, já com dois grupos de 125 MW instalados — estando em curso a construção dos novos aproveitamentos de *Vilarinho das Furnas*, no rio Homem, do *Carrapatelo*, da *Régua* e da *Valeira*, no Douro nacional, e de *Fratel*, no Tejo, além da instalação de dois novos grupos de 125 MW na central do

Carregado (que virá, na fase final, a atingir a potência de 750 MW, repartida por 6 grupos).

3.3 — As tendências de evolução dos consumos no período mais recente, e estudos comparativos com a evolução em outros países, permitem-nos estabelecer as perspectivas da evolução dos consumos para o período até 1990 que vão indicadas no gráfico 1 (curva A). Neste gráfico, que se reporta à rede interligada, cuja produção representa cerca de 93 % do total do

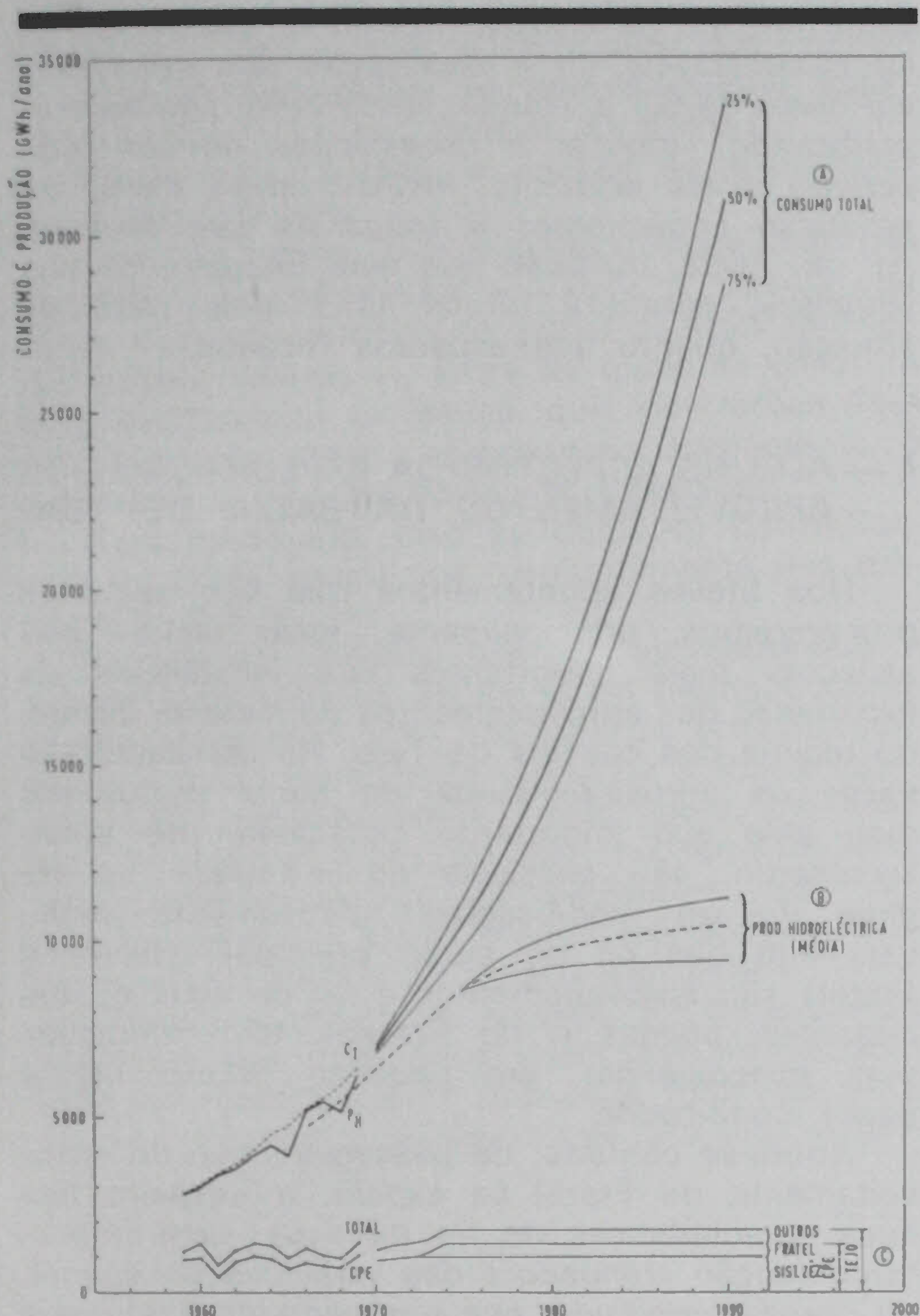


GRÁFICO 1

Evolução da participação hidroelétrica dos aproveitamentos da bacia do Tejo na satisfação dos consumos totais do país (período 1959/1990)

País — correspondendo a parcela restante, principalmente, à produção de serviço particular — representa-se a evolução real no último decénio e as perspectivas para o futuro próximo (estas mediante três curvas, correspondendo a intermédia à situação «mediana», isto é, a que se

atribue uma probabilidade, de ser excedida de 50 %, e as curvas superior e inferior aos consumos com as probabilidades de 25 % e 75 %, respectivamente). Faz-se notar, ainda, que os consumos figurados incluem as perdas, correspondendo, portanto, à produção.

No mesmo gráfico representou-se, ainda, a evolução (real, para o passado, e previsível, em situação hidrológica média, para o futuro) da produção hidráulica global da rede interligada (curva B), e da produção dos aproveitamentos da bacia do Tejo (curva C), discriminando-se, nesta última, as parcelas respeitantes aos aproveitamentos da C.P.E. (Zêzere e Fratel) e aos restantes.

3.4 — Como se verificará, tem sido possível, até agora, fazer acompanhar o crescimento acelerado dos consumos (segundo uma lei do tipo exponencial) pela produtibilidade hidroelétrica do sistema: a produção total tem sido, por isso, quase exclusivamente de origem hídrica, situação que, de resto, se deverá ainda manter, embora com progressivo afastamento, até cerca de 1975/76 — graças aos novos e importantes aproveitamentos em construção conforme já referimos.

A partir daí, porém, o facto de os aproveitamentos que será ainda possível realizar, terem, em regra, menores possibilidades de produção e o rápido crescimento esperado para os consumos, levarão a um desenvolvimento acelerado da produção térmica — convencional e nuclear — conforme o mesmo gráfico revela.

3.5 — Em face da evolução acima descrita, não pode admirar que a participação dos aproveitamentos da bacia do Zêzere na satisfação dos consumos de electricidade da rede interligada vá perdendo, progressivamente, peso relativo: na realidade, a produção desses aproveitamentos que, em 1960, ainda representou 44 % da produção total da rede interligada, representa, actualmente, cerca de 17 % da mesma produção total — situação que, com a entrada de Fratel, se

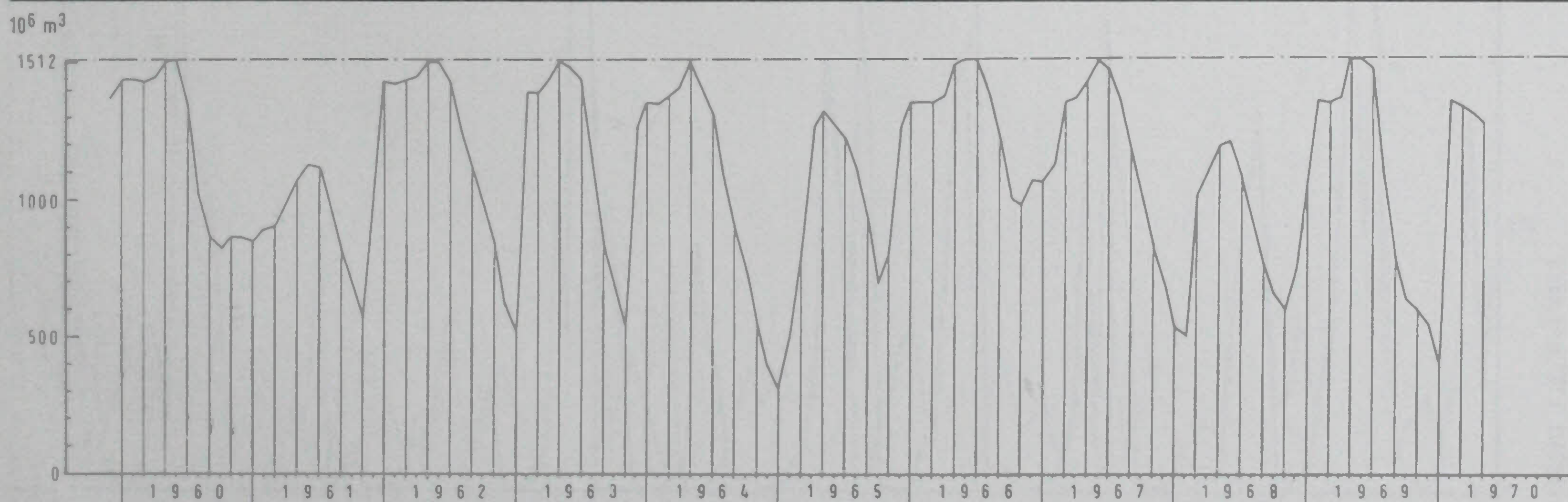


GRÁFICO 2

Exploração do sistema Zêzere (Cabril-Bouçã-Castelo do Bode). Evolução do volume útil armazenado ao longo do período 1960-1970

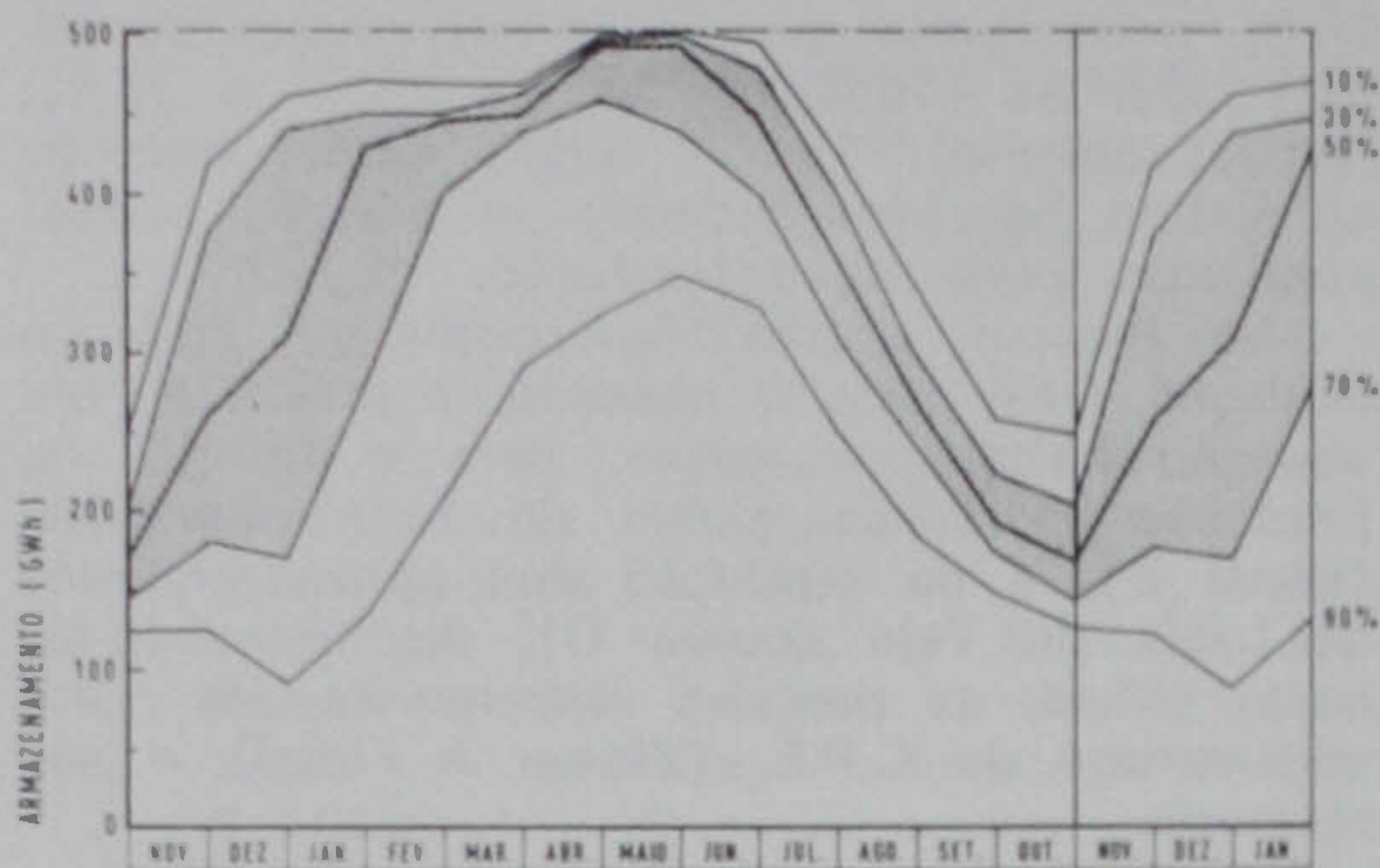


GRÁFICO 3

Sistema - Zêzere. Aproveitamento (em energia). Evolução característica ao longo do ano

deverá manter, ainda, em 1975; a partir daí, porém, o valor da participação em causa baixará, progressivamente, para 12 %, em 1980, e apenas cerca de 6 %, em 1990.

3.6 — Embora à margem dos objectivos essenciais deste trabalho, terá interesse chamar a atenção do leitor para o intenso esforço, nos domínios técnico e financeiro, que resulta da necessidade de ir, continuamente, ampliando os meios de produção e as redes de transporte e distribuição a fim de os adaptar à sempre cres-

cente procura de energia. Atente-se, para o efeito, na circunstância de a duplicação dos consumos em cerca de 6,5 a 7 anos, como entre nós se vem verificando, implicar a necessidade de *em cada período dessa extensão, instalar novos meios de produção equivalentes a todos os que existiam no seu início*. Julga-se que esta imagem, na sua singeleza, permitirá formar uma ideia clara da situação, quanto aos aspectos focados.

4 — ALGUNS ASPECTOS DA EXPLORAÇÃO DOS APROVEITAMENTOS DA BACIA DO TEJO

Nos breves apontamentos que vão seguir-se procuraremos, principalmente, focar alguns dos aspectos mais importantes das incidências da exploração dos aproveitamentos do sistema Zêzere, no regime dos caudais do Tejo. Na realidade, são esses os aproveitamentos da bacia portuguesa que, pela sua importante capacidade de armazenamento, são passíveis de introduzir no regime do rio modificações relativamente sensíveis — já que os do curso principal (Belver e Fratel) são aproveitamentos a *fio de água* e, dos restantes, apenas o de Pracana tem condições para desempenhar, em pequena escala, algum papel modificador.

Anote-se contudo, de passagem, que do aproveitamento de Fratel se espera, a despeito das suas características de *fio de água*, uma importante função *atenuadora* das variações de caudal, de grande amplitude, que nos períodos das águas

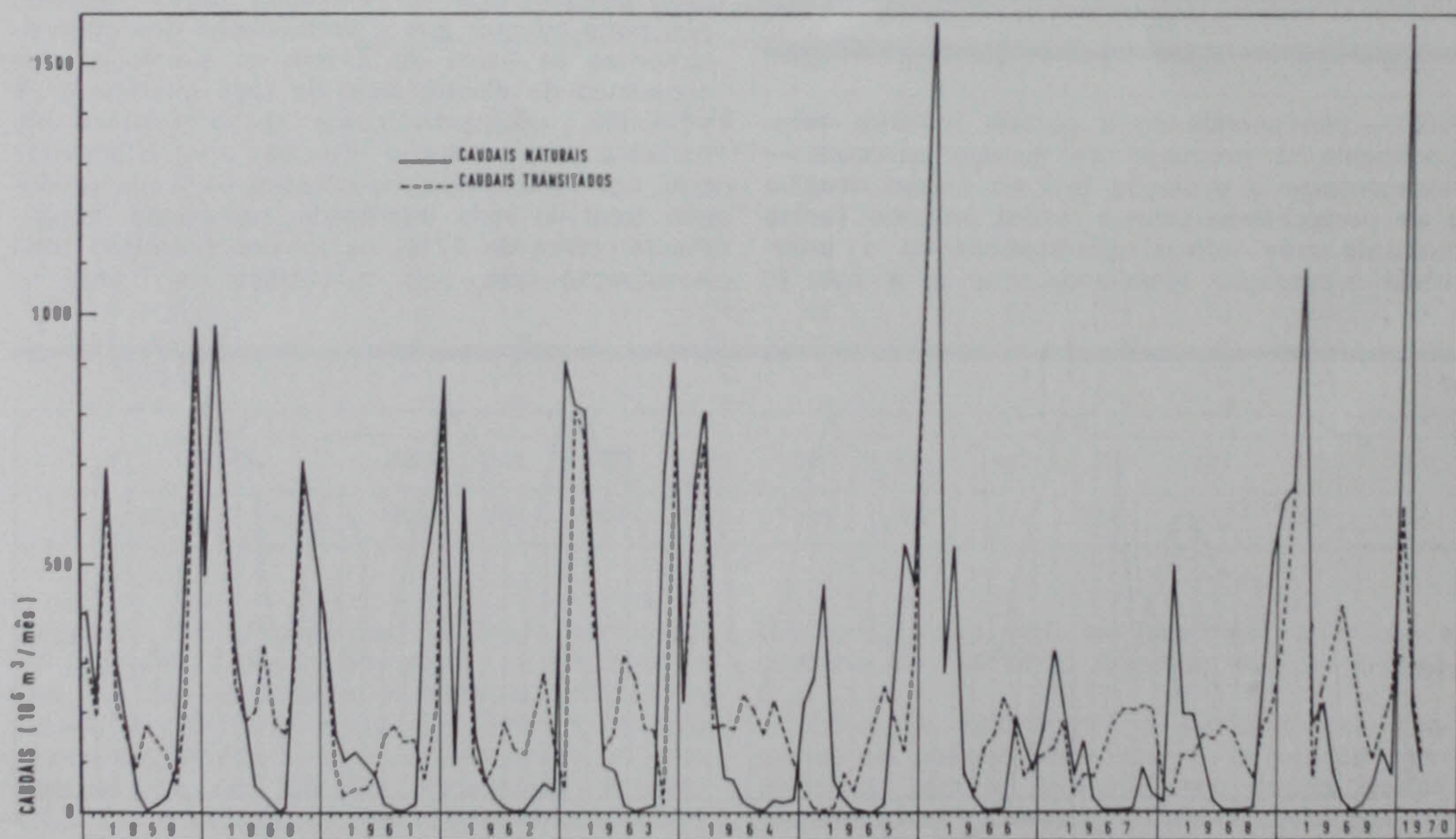


GRÁFICO 4

Rio Zêzere-Castelo do Bode. Caudais naturais e transitados

relativamente baixas (caudais médios transitados inferiores a $700 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$), é de admitir que possam resultar da exploração do aproveitamento espanhol de Cedillo como central de ponta.

Retomemos, porém, a análise da exploração do sistema Zêzere.

Como já vimos, este sistema é constituído por duas grandes albufeiras — Cabril e Castelo do Bode, com um volume útil global de 1523 milhões de metros cúbicos —, entre os quais se encontra o aproveitamento da Bouçã, que, por razões ligadas à relação entre a queda e armazenamento, é explorado a cota praticamente constante.

Reportando-nos, pois ao conjunto Cabril-Castelo do Bode, atentemos, conjuntamente nos gráficos 2, 3 e 4.

O primeiro destes gráficos apresenta-nos a forma como evoluiu, ao longo do último decénio, o armazenamento (em volume) do referido conjunto; o segundo permite visualizar a forma como o mesmo armazenamento (mas, agora, em energia) evoluiu ao longo do ano; no terceiro, finalmente, apresentam-se as evoluções *reais* dos caudais *natural* e *efectivamente transitado* correspondentes à secção de Castelo do Bode.

Como se notará, o sistema é, naturalmente, explorado em ciclo anual, com esvaziamento na estiagem (esvaziamento que pode tornar-se muito elevado quando a estiagem se prolonga — caso

que não é raro e se verificou, nomeadamente em 1962, 1964, 1967 e 1969. Na estação húmida dá-se o inverso, com o reenchimento das albufeiras; notar-se-á, porém, (gráfico 4), que não são raros os casos em que a *afluência de um só mês* se aproxima ou, até, excede por vezes largamente, o encaixe normalmente disponível no conjunto das duas albufeiras no início da estação húmida; nestas condições, não se estranhará que o reenchimento se dê frequentemente, de forma extremamente rápida e que, após se ter verificado, os caudais transitados passem a ser, praticamente, iguais aos caudais naturais, até ao termo da estação húmida, como revela o gráfico 4.

Daí resulta, em resumo, que o caudal modificado se apresenta, normalmente, inferior ao natural no início do período de águas altas, com a concomitante redução ou supressão das cheias ocorridas nesse período, e, em regra, igual ao caudal natural na parte restante da estação húmida (período em que as albufeiras se encontram, em geral, cheias), para se tornarem apreciavelmente superiores aos caudais naturais na estiagem.

Este último aspecto reveste-se, compreensivelmente do maior interesse, não só no âmbito da exploração conjugada do sistema produtor nacional mas, também, no que respeita à necessidade de assegurar aos caudais de estiagem, no troço terminal do Tejo, nível satisfatório ■