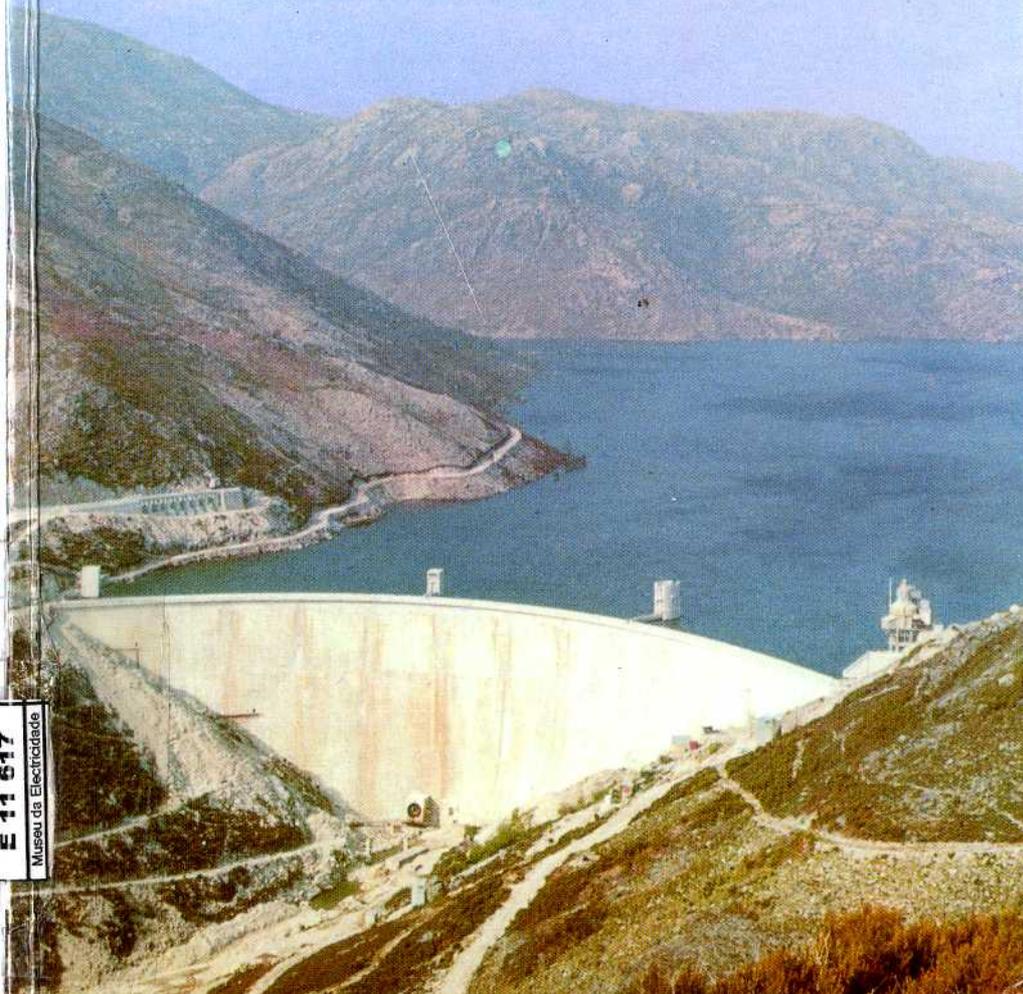


VILARINHO DAS FURNAS

aproveitamento hidroelétrico da

COMPANHIA PORTUGUESA DE ELECTRICIDADE/CPE-S.A.R.L.



E 11 617
Museu da Electricidade

VILARINHO DAS FURNAS

Electricidade de Portugal
EDP/Empresa Pública

Museu de Electricidade

Data	
Número	10.298
Classif.	E 1.4617
Origem	

aproveitamento hidroeléctrico da

COMPANHIA PORTUGUESA DE ELECTRICIDADE/CPE-S.A.R.L.

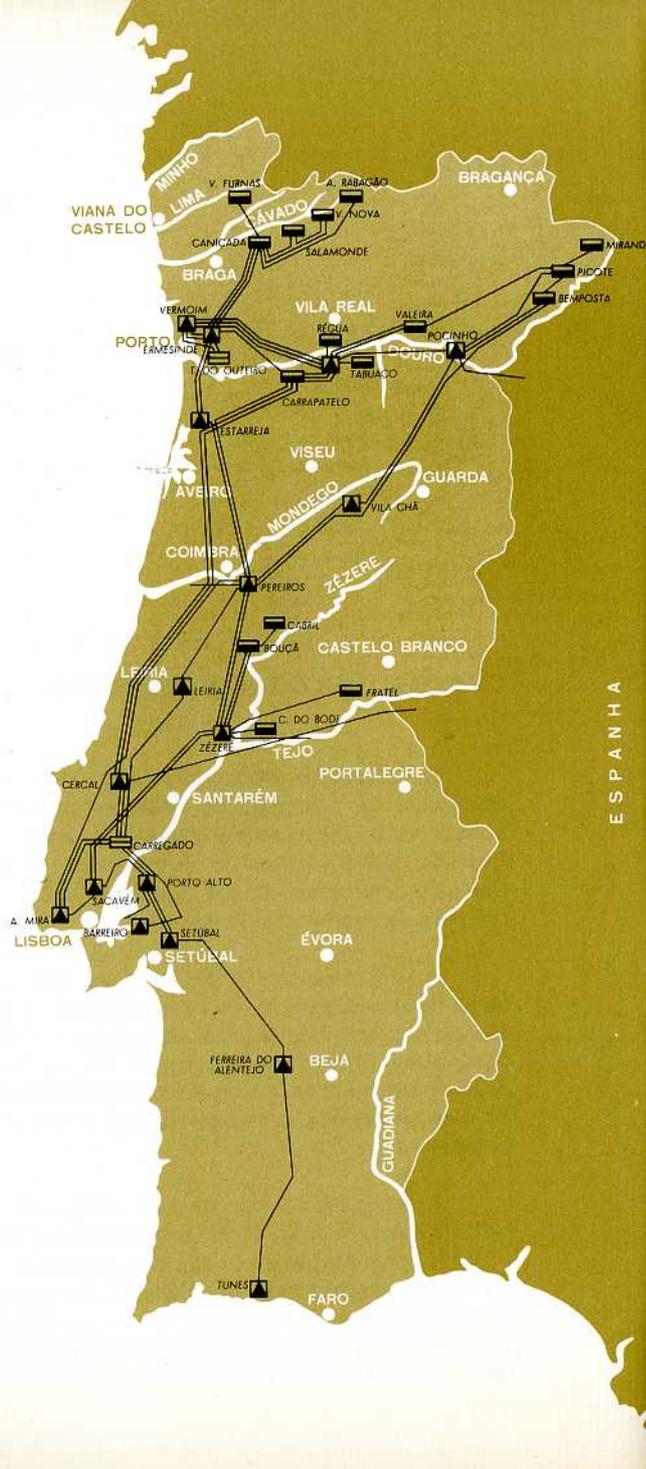
Maio/1972

COMPANHIA PORTUGUESA DE ELECTRICIDADE

A Companhia Portuguesa de Electricidade - CPE, SARL, foi constituída em Dezembro de 1969 por fusão das cinco anteriores sociedades de produção e transporte de energia da Rede eléctrica Primária: Hidro-Eléctrica do Zêzere, Hidro-Eléctrica do Cávado, Companhia Nacional de Electricidade, Hidro-Eléctrica do Douro e Empresa Termoelectrica Portuguesa.

A CPE, cujo campo de acção se estende a todo o Continente Português, assumiu responsabilidades de excepcional envergadura nos domínios técnico, económico e financeiro, tendo em conta que, ao ritmo de crescimento do mercado da energia, a duplicar em cerca de 7 anos, se torna necessário duplicar também no mesmo período a capacidade de produção e transporte da Companhia.

A produção da rede da CPE atingiu em 1971 o valor de 6 513 milhões de kWh (6 086 milhões em 1970), correspondendo a 83 % da produção efectuada para satisfação do consumo total interno de electricidade em Portugal Continental, percentagem que aumentará na medida em que os acréscimos de consumo da rede eléctrica nacional serão agora integralmente satisfeitos pela Companhia Portuguesa de Electricidade.



**EMPREENDIMENTOS EM EXPLORAÇÃO
EM 1975**

- Centrais de produção hidráulica 
- Centrais de produção térmica 
- Subestações 
- Linhas de transporte principais 

VILARINHO DAS FURNAS

Este escalão que se vai inaugurar, completa em primeira fase o aproveitamento, sob o aspecto hidroeléctrico, da bacia do rio Cávado e dos seus principais afluentes, os rios Rabagão e Homem. Nesta bacia já estão em pleno funcionamento os escalões do Alto Rabagão, Paradela, Venda Nova, Salamonde e Caniçada, cujas características principais se resumem no quadro seguinte:

Principais características	Alto * Rabagão	Paradela	Venda Nova	Sala- monde	Caniçada	
Curso de água	Rabagão Cávado	Cávado	Rabagão	Cávado	Cávado	
Tipo de aproveitamento	albufeira	albufeira	albufeira	albufeira	albufeira	
Área da bacia hidrográfica própria (km ²)	108 210 102	126	132	155	160	
Área da bacia hidrográfica total (km ²)	108 210 102	126	342	623	783	
Altura da queda média (m)	170	433	895	114	105	
Cap. útil da albuf.	em volume 10 ⁶ m ³	550,0	159,4	94,8	56,8	144,4
	em energia (GWh) **	973,1	222,5	128,0	27,6	33,1
	Central Alto Rabagão	Vila Nova		Sala- monde	Caniçada	
N.º de grupos e tipos de turbinas ***	2 F	3 P + 1 F		2 F	2 F	
Potên. instalada	Potência máxima das turbinas sob queda média (MW)	72,0	140,0	39,0	62,0	
	Potência nominal apa- rente dos alternadores (MVA)	90,0	156,6	50,0	64,0	
Potência instalada em bombagem (CV)	84 000	—	—	—	—	
Produtibilidade média anual **** (GWh)	115	255	360	220	305	
Ano de entrada em serviço	1964	1956	1951	1953	1955	
Tipo de barragem	Cúpula e gravidade	Enroca- mento	Arco espesso	Cúpula	Cúpula	
Desenvolvimento do coroamento (m)	1897 220	540	294	284	246	
Altura máxima da barragem (m)	94 29	110	97	75	76	
Volume da barragem (10 ³ m ³)	1117 29	2700	228	93	90	
Superfície inundada da albufeira (ha)	2200 46	380	400	242	689	
Caudal máximo afluyente (m ³ s ⁻¹)	850 720	1550	1500	2200	2400	
Caudal máx. da desc. de fundo (m ³ s ⁻¹)	360 27	55	130	130	130	
Caudal máx. desc. de cheias (m ³ s ⁻¹)	500 410	304 416	1100	1700	1700	
Desenvolv. das obras de derivação (km)	6,1 4,9	11,4	3,9	2,0	7,7	
Custo (milhares de contos)	1574	810	470	216	395	

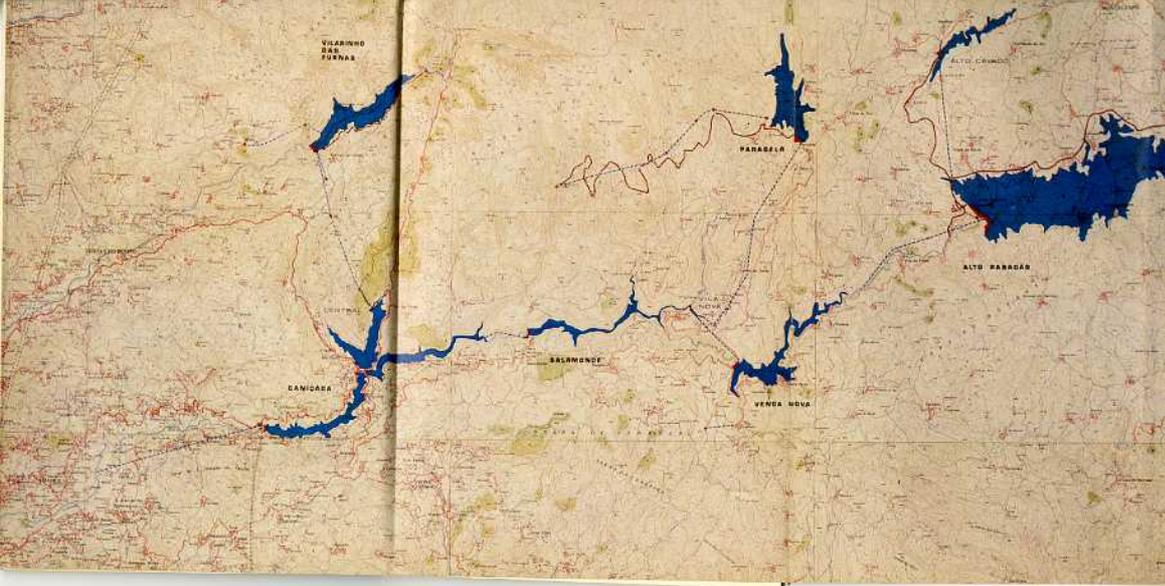
* Quando os números aparecem em duplicado, o segundo refere-se à derivação Alto Cávado-Alto Rabagão

** Inclui os turbinamentos a jusante.

*** F - Francis; P - Pelton.

**** Considerou-se em cada aproveitamento a respectiva bacia total e queda própria.

***** O primeiro número refere-se ao descarregador em poço e o segundo ao descarregador frontal com comporta.



*PLANTA GERAL DOS APROVEITAMENTOS DO SISTEMA
CÁVADO / RABAGÃO*

BARRAGEM

A barragem de Vilarinho das Furnas, situada no rio Homem, cerca de 600 m a montante da confluência com o ribeiro de Gemesura, cria uma albufeira que atinge a área inundada de 346 hectares.

É uma barragem cúpula assimétrica de dupla curvatura, com arcos horizontais parabólicos, que aumentam de espessura do fecho para as nascentes segundo uma lei simétrica relativamente ao fecho.

A cúpula, com o coroamento à cota (570), está perfeitamente adaptada ao vale, não tendo sido necessário recorrer a encontros artificiais do tipo gravidade, havendo simplesmente pequenos alargamentos nas nascentes dos arcos superiores para degradação dos impulsos.

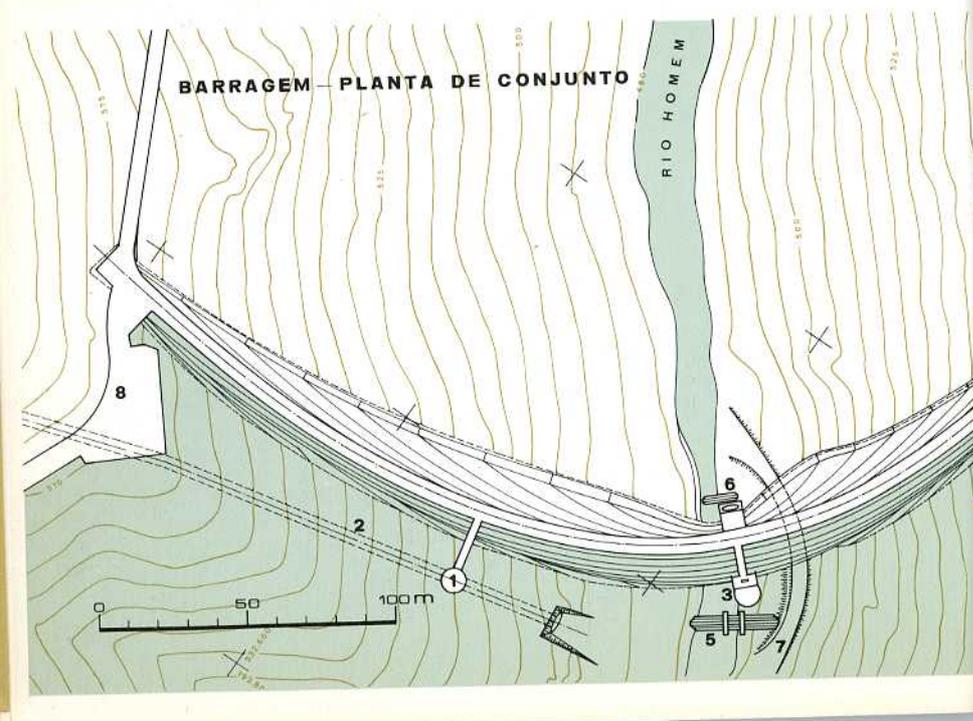
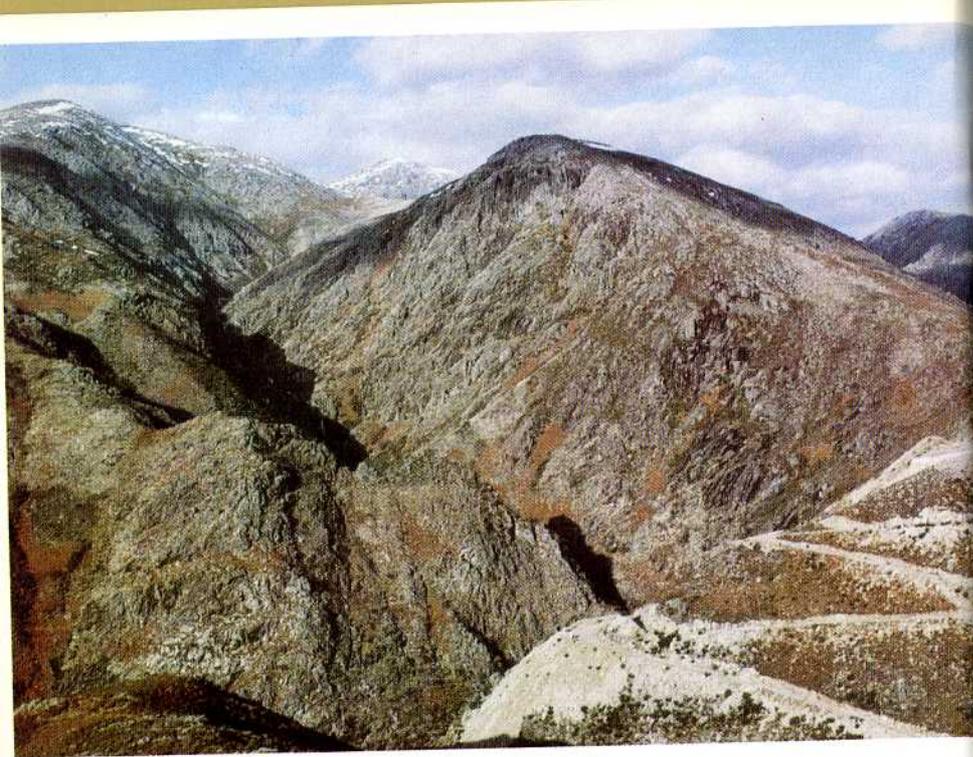
O coroamento da barragem tem a espessura teórica de 3 m no fecho, tendo sido alargado, para efeitos de trânsito, para o mínimo de 6 m, mediante a construção de consolas laterais.

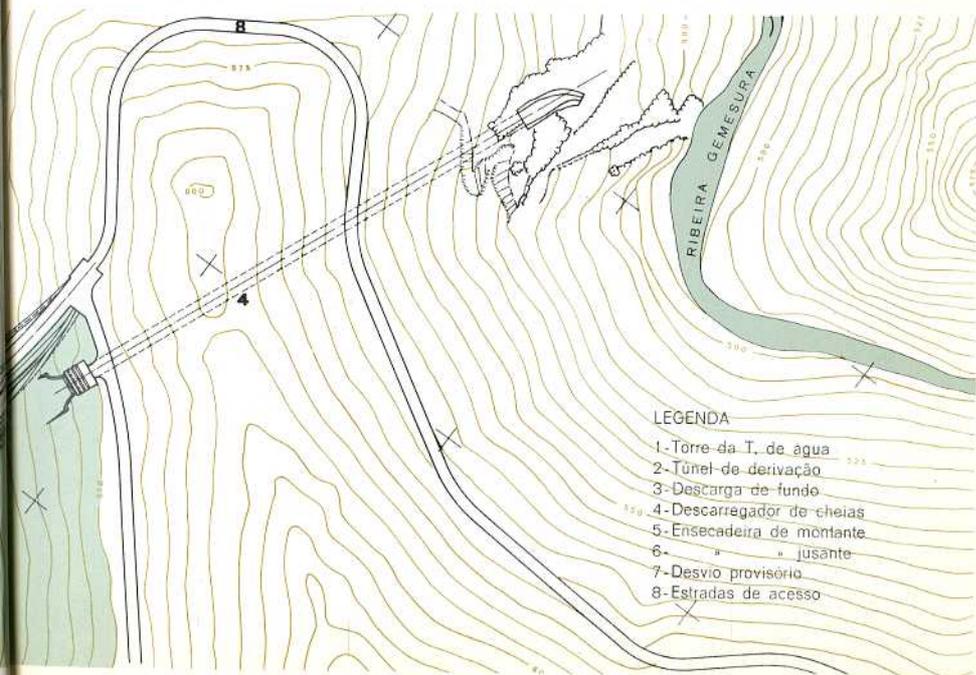
A massa de betão da barragem foi refrigerada artificialmente por meio de serpentinas nela embebidas, que atingiram a extensão de 67,5 km, através das quais se fez passar água arrefecida a cerca de 4° C, em instalação própria.

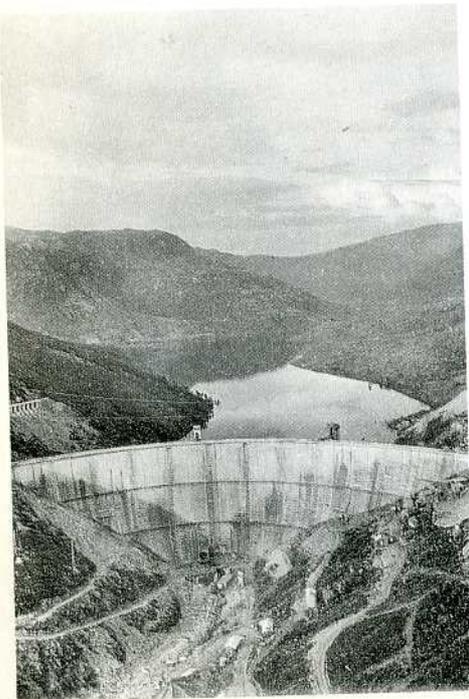
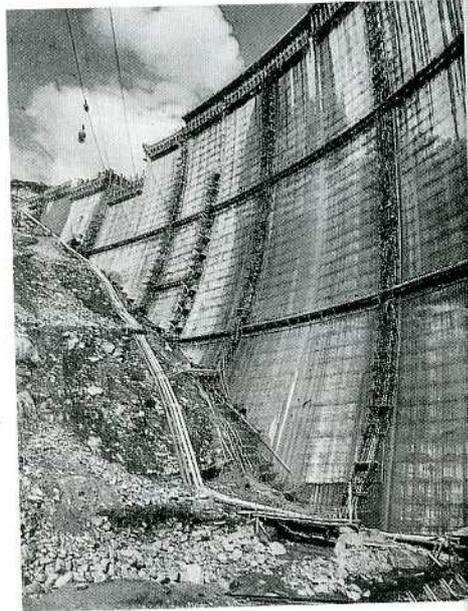
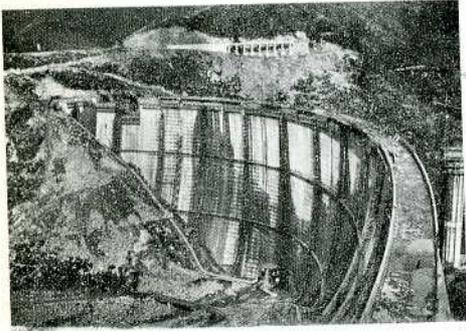
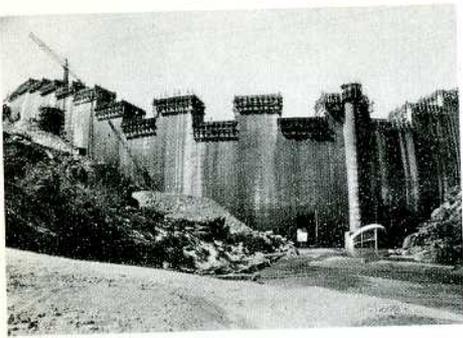
As principais características da barragem são:

Altura máxima	94 m
Desenvolvimento total no coroamento	384,5 m
Raio de curvatura do arco de coroamento no fecho	145 m
Espessura máxima no perfil do fecho	15,85 m
Espessura na base do perfil do fecho	13 m
Volume total de betão	294 000 m ³

A descarga de fundo da albufeira localiza-se na zona inferior da cúpula à cota (484,50), sendo constituída por uma conduta metálica de 2,80 m de diâmetro, equipada a montante com uma comporta de lagartas cuja casa de manobra se situa ao nível do coroamento, ligada a este por um passadiço e, a jusante, com uma válvula dispersora. A sua capacidade de vazão, com a albufeira ao nível máximo, é de 180 m³ s⁻¹.







BARRAGEM – FASES DE EXECUÇÃO

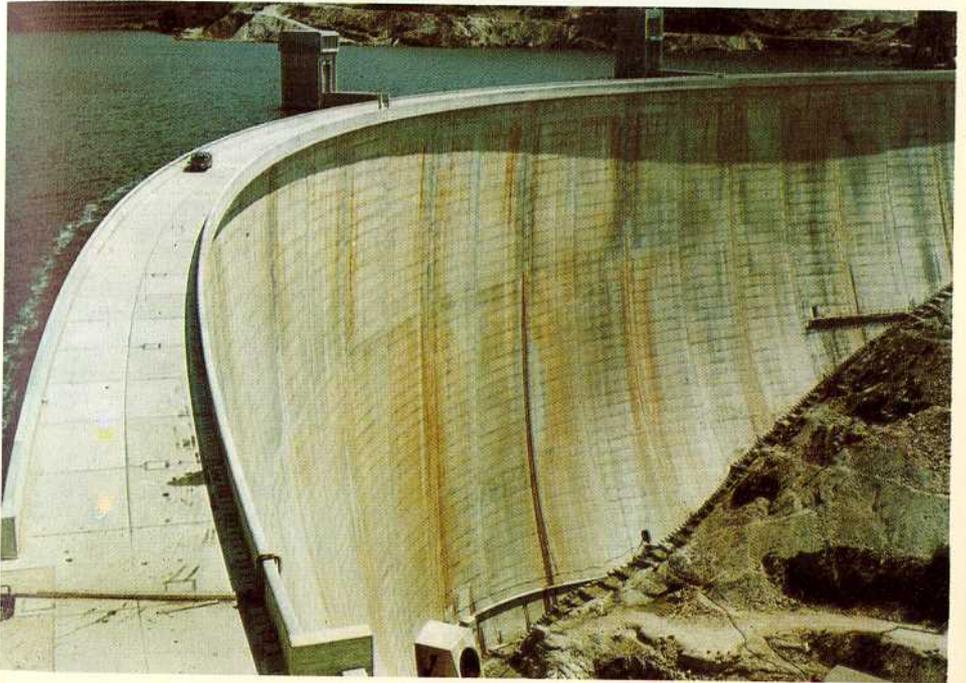
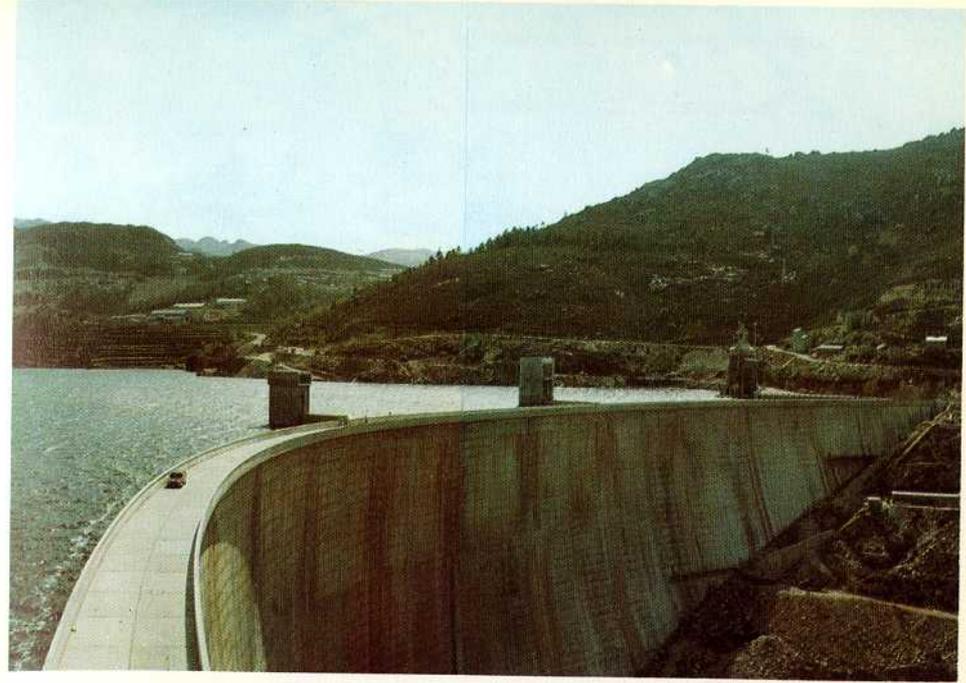
Vista de montante (Maio de 1970)

Vista de montante (Maio de 1970)

Vista da margem esquerda (Outub. 1970)

Vista de jusante (Abril 1971)

Barragem e Estaleiro (Abril 1971)
Coroamento e param. de jusante (Abr. 1971)





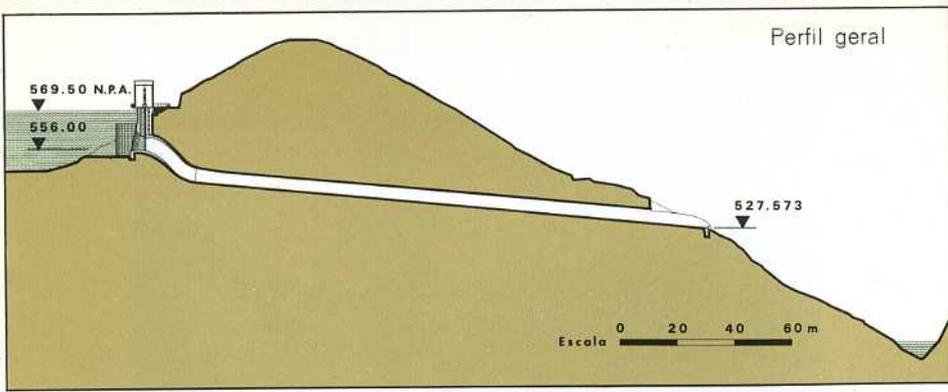
DESCARREGADOR DE CHEIAS

O descarregador de cheias, instalado na margem direita e completamente independente da barragem, é constituído por duas aberturas rectangulares de $3,70\text{ m} \times 2,60\text{ m}$ cada, obturadas por comportas vagão, que comunicam com uma galeria com cerca de 160 m de desenvolvimento.

O caudal máximo descarregado — $280\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$ — escoá-se nesta galeria, que tem a forma de nicho com a área de cerca de 20 m^2 , com superfície livre e elevado grau de emulsão de ar. Na extremidade de jusante da galeria instala-se um dispositivo, devidamente estudado em modelo, que permite dispersar a água em altura e em planta lançando-a no leito do ribeiro de Gemesura com um mínimo de energia por metro corrente.

O efeito regularizador da albufeira, a qual sendo alimentada por uma bacia de 77 km^2 tem uma área de 346 ha , é relativamente elevado pois que reduz a ponta de cheia afluyente, de $900\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$, ao valor acima indicado como caudal máximo descarregado.

Perfil geral



DESCARREGADOR DE CHEIAS



Funcionamento a plena carga



CIRCUITO HIDRÁULICO

O caudal a turbinar é conduzido da albufeira criada pela barragem de Vilarinho das Furnas para a Central do Gerez, situada na margem da albufeira de Caniçada, no rio Cávado, através de um extenso circuito hidráulico com o comprimento total de 7,6 km.

Este circuito é essencialmente constituído pelas seguintes obras, que se indicam pela ordem por que se sucedem no sentido da derivação:

— bocal da tomada de água na albufeira de Vilarinho das Furnas, torre de manobra da tomada de água, túnel em carga, poço de captação de uma linha de água secundária (poço Freitas), chaminé de equilíbrio, boca de saída do túnel, válvula de topo da conduta forçada, conduta forçada, e Central do Gerez onde o caudal é turbinado seguindo depois por uma curta galeria que descarrega na albufeira de Caniçada.

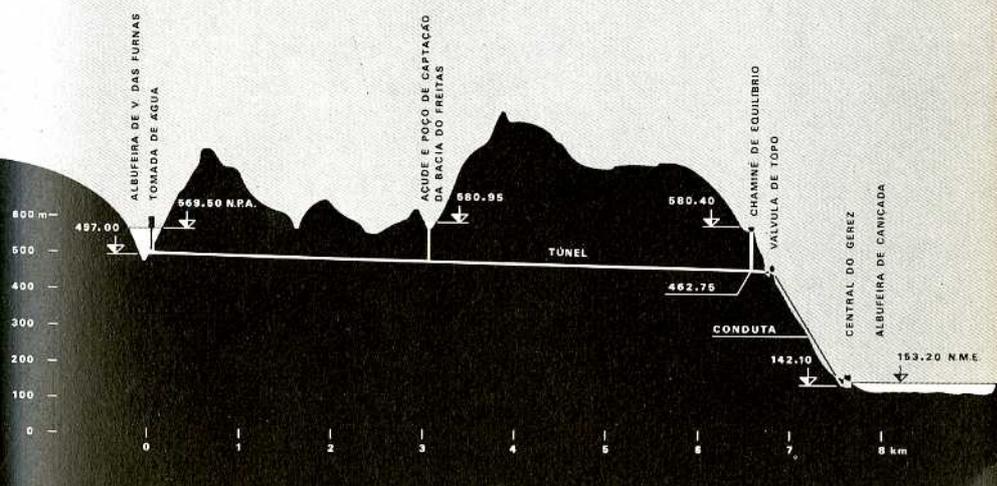
O bocal da tomada de água localiza-se na margem esquerda da albufeira, próximo da barragem, ficando a sua soleira situada à cota (497). A testa tem a forma circular com o diâmetro de 7,5 m, seguindo-se-lhe uma curta transição que reduz gradualmente o diâmetro até atingir a secção do túnel. Sobre a testa apoia uma grade grossa de betão armado que protege o túnel contra a entrada de detritos.

A cerca de 50 m do bocal situa-se a torre de manobra da tomada de água, de secção circular com um diâmetro exterior de 5,95 m.

O equipamento da tomada de água é constituído por uma comporta do tipo de lagartas com as dimensões úteis de 3,05 de largura por 3,85 de altura e por uma grade fina metálica, com as dimensões de 3,65 m de largura por 4,75 de altura, cujas barras têm um afastamento livre de 50 mm. A comporta permite interromper a comunicação da albufeira com o túnel podendo, assim, ao seu abrigo, proceder-se ao esvaziamento, vistoria e eventuais trabalhos de conservação do túnel.

Tanto a comporta como a grade fina são manobráveis a partir da casa de manobra que encima a torre. O acesso a esta casa, cujo piso se situa à cota (570,5), é assegurado por um passadiço de betão pré-esforçado que vence o vão entre a torre e o coroamento da barragem.

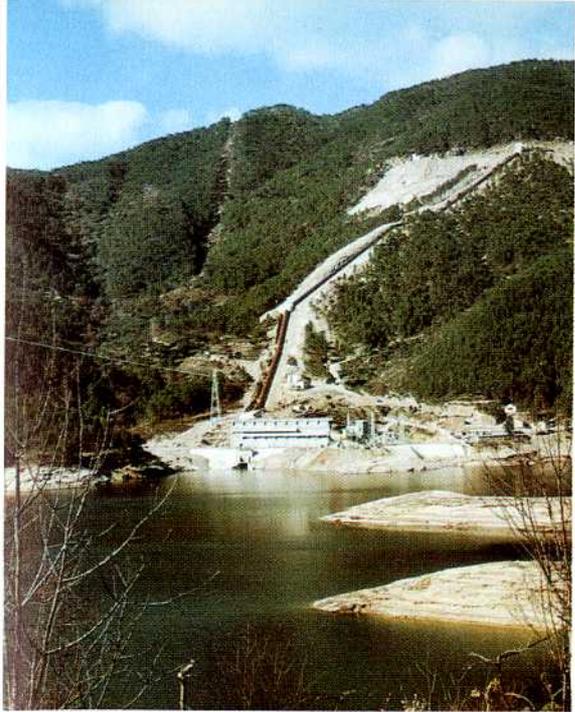
O túnel em carga tem um comprimento total de 6 780 m. A sua secção corrente é circular, de 3,48 m de diâmetro, revestida por um anel de betão com a espessura de 0,20 m reforçado por injeções de cimento. No entanto, em alguns troços, por condições geológicas e topográficas houve que adoptar secções diferentes. Assim;



- nos treços abertos em mau terreno, cujo comprimento totalizou 512,5 m adoptou-se uma blindagem de aço com o diâmetro de 2,90 m.
- no treço de saída do túnel, com o comprimento de 203 m, por motivo de insuficiente cobertura do terreno adoptou-se, também, uma blindagem de aço com 2,85 m de diâmetro.
- nos treços em que a qualidade da rocha, embora boa no conjunto, apresentava zonas de alteração, adoptou-se um revestimento de betão armado, mantendo-se o diâmetro de 3,48 m; este tipo de revestimento utilizou-se num comprimento total de 450 m.

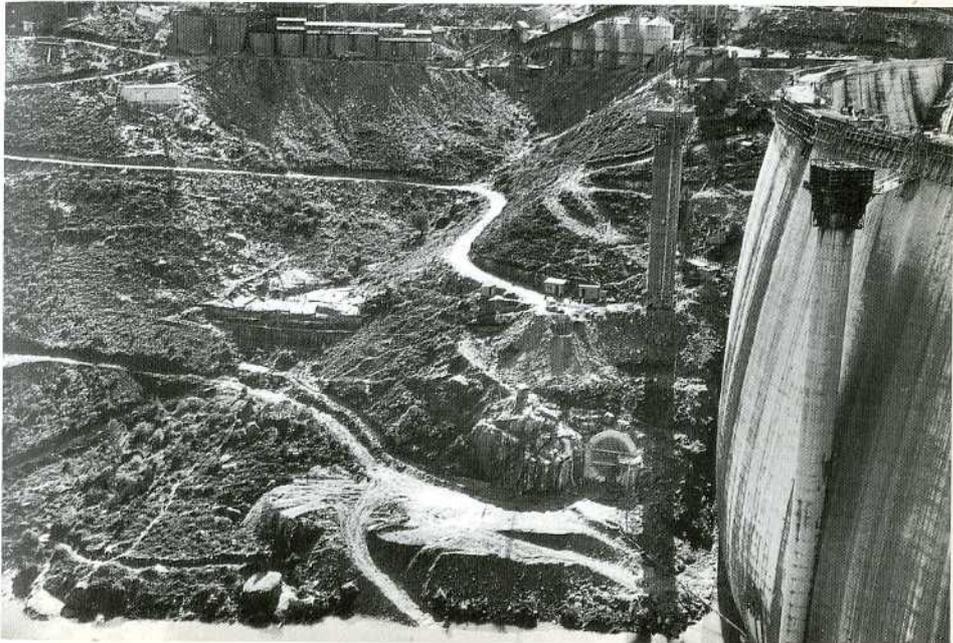
A pressão hidrostática máxima suportada por este túnel cresce desde 72 m, na zona da tomada de água até 105 m nas proximidades da chaminé de equilíbrio. No treço a jusante da chaminé a pressão hidroestática aumenta até atingir 114 m na boca de saída; a quase totalidade deste treço é porém blindada, como se referiu.

A captação do ribeiro de Freitas introduz no túnel as aflúncias desta linha de água. Consta essencialmente de um pequeno açude que encaminha o caudal afluyente para um desa-



Conduta forçada, central e subestação
Vista geral

Boca da tomada de água e torres de
manobra da t. de água e descarga
de fundo



renador que comunica no seu extremo com um poço vertical. O caudal afluente cai pelo poço, podendo a sua admissão ser regulada ou totalmente interrompida por uma válvula de adufa, e é introduzido no túnel após ter sido convenientemente purgado, numa câmara adequada, do ar arrastado pela água na sua queda. A altura do poço é de 85 m e a sua secção é circular com o diâmetro de 1,70 m.

O caudal máximo admitido por esta captação é de $1,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

A chaminé de equilíbrio é constituída por um poço piezométrico que intersecta o túnel à cota (477,65) e que comunica com uma câmara de alimentação, construída em galeria, e com uma câmara de expansão situada no topo do poço.

Os níveis máximo e mínimo atingidos pelas oscilações da água nas manobras mais desfavoráveis são respectivamente (580,1) e (474,4).

A câmara de expansão tem a forma circular, em planta com o diâmetro de 27,0 m; o seu bordo superior situa-se à cota (580,4) e a soleira à (574).

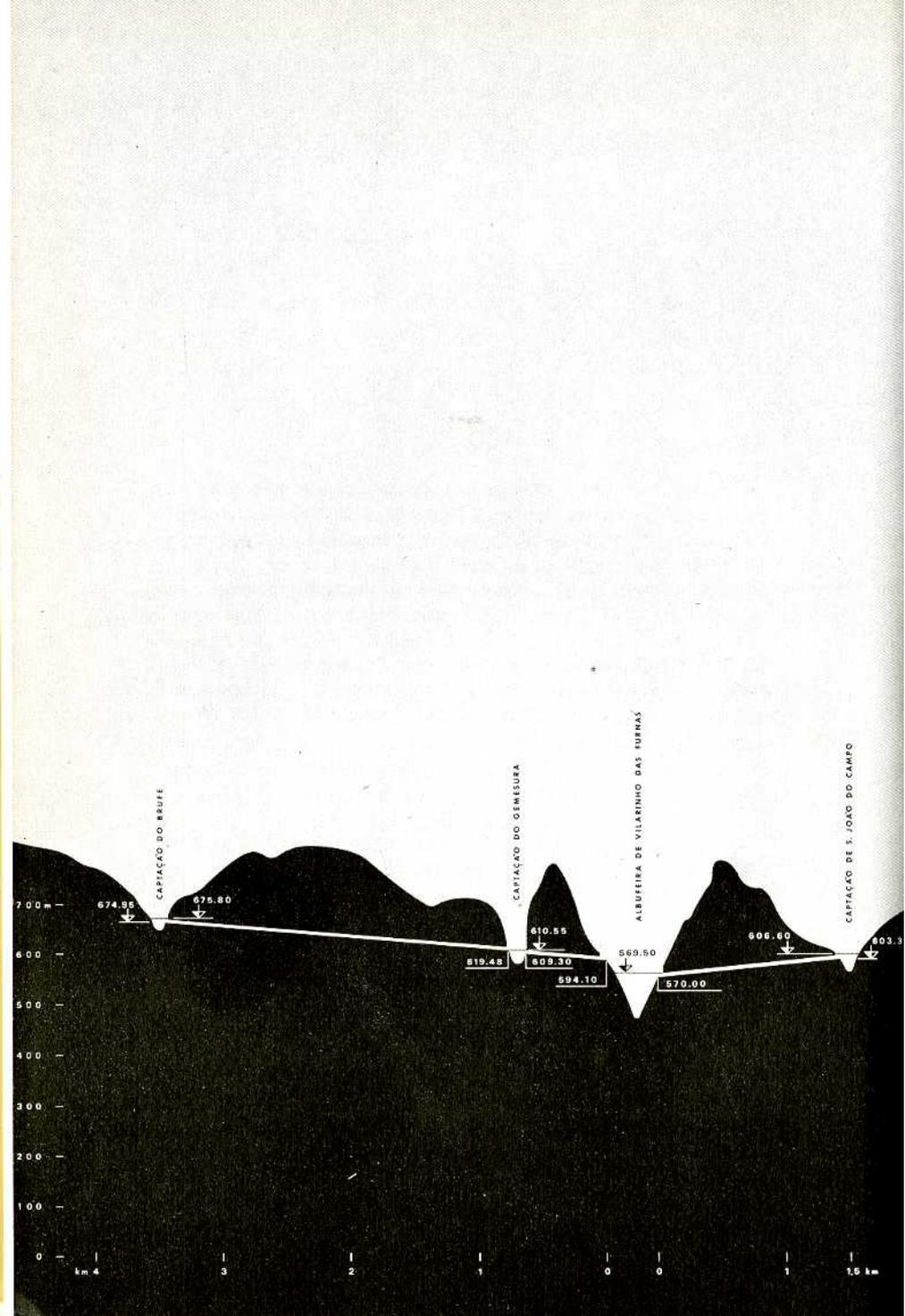
O poço tem uma altura de 96 m, compreendida entre a soleira da câmara de expansão e o tecto da câmara de alimentação. Entre as cotas (574) e (534,5) o seu diâmetro é de 3,50 m e o revestimento é de betão armado. Entre as cotas (534,5) e (480,7), as condições geológicas desfavoráveis encontradas obrigaram a adoptar um revestimento blindado de aço, cujo diâmetro livre é de 3,33 m.

A câmara de alimentação é constituída por dois braços de galeria com o comprimento total de cerca de 103 m. A secção transversal desta galeria é quase circular com o diâmetro variável entre 3,95 e 4,40 m e o seu revestimento é constituído por um anel de 0,60 m de betão fortemente armado.

A cerca de 10 m a jusante da testa de saída do túnel situa-se a válvula de topo da conduta que fica instalada em edifício próprio equipado com ponte rolante. Esta válvula, do tipo borboleta, de 2,80 m de diâmetro, pode ser comandada à distância. No caso de ocorrer sobrevelocidade da água na conduta a válvula fecha automaticamente.

A conduta forçada tem o comprimento total de 890 m sendo o seu diâmetro variável de 2,75 a 2,50 m. É construída em aço de alta resistência; as espessuras da parede variam, de montante para jusante, de 13 a 34 mm. Nas proximidades da Central a conduta bifurca-se em 2 ramais. Um deles alimenta o 1.º grupo, presentemente em funcionamento; o outro, que se destina ao 2.º grupo a instalar no futuro, permanecerá, entretanto, obturado por um fundo copado.

A conduta é do tipo de juntas de dilatação, situadas imediatamente a jusante dos maciços de amarração que limitam os diferentes traneis do seu traçado. O trainel mais inclinado tem uma pendente de 49 ‰. O apoio da conduta realiza-se sobre maciços de betão armado, espaçados 10 m. O apoio em cada maciço é efectuado por intermédio de dois «roletes» de aço, um de cada lado do eixo da conduta.



CAPTAÇÃO DAS AFLUÊNCIAS DE BACIAS SECUNDÁRIAS

A bacia hidrográfica do rio Homem cujas aflúncias alimentam directamente a albufeira tem uma área de 59 km²; mediante captações e obras de derivação adequadas a albufeira é ainda alimentada pela aflúncia das seguintes bacias hidrográficas secundárias:

- bacia do ribeiro de Brufe, afluente da margem direita do Homem, com 6 km²
- bacia do ribeiro de Gemesura, igualmente afluente da margem direita do Homem, com 2 km²
- bacia do ribeiro do Campo do Gerez, afluente da margem esquerda do Homem, com 8 km²
- bacia do ribeiro de Freitas, com 2 km²

ampliando-se assim a bacia hidrográfica da albufeira de Vilarinho das Furnas para 77 km².

As aflúncias das duas primeiras bacias mencionadas serão derivadas para a albufeira de Vilarinho das Furnas segundo o seguinte esquema de obras:

— um pequeno açude construído no ribeiro de Brufe encaminha os caudais afluentes, até ao máximo de 15 m³ s⁻¹, para um túnel com 2,72 km de comprimento e 4,9 m² de secção, não revestido. Este túnel conduz a água até à albufeira criada no ribeiro de Gemesura pela construção de outro pequeno açude. As aflúncias do Gemesura são, assim, reunidas às provenientes do Brufe e o caudal conjunto, até ao máximo de 20,8 m³ s⁻¹, é derivado para a albufeira de Vilarinho das Furnas por um túnel não revestido, com 780 m de comprimento.

Estas obras de captação do Brufe e Gemesura, encontram-se presentemente ainda em fase inicial de construção. Prevê-se a conclusão dos trabalhos no último trimestre de 1973.

Nas outras duas bacias hidrográficas secundárias, a do Campo do Gerez e a do Freitas, os trabalhos de captação estão concluídos. A captação do ribeiro de Freitas é descrita no capítulo dedicado ao circuito hidráulico do aproveitamento.

A captação do Campo do Gerez, cujas aflúncias começaram a ser derivadas para a albufeira de Vilarinho das Furnas a partir do inverno de 1971/72, é constituída segundo um esquema análogo ao descrito para a captação do Brufe. Um pequeno açude desvia o caudal afluyente para um túnel com o comprimento de 1 350 m e a secção de 4,2 m² que vai desembocar na albufeira de Vilarinho. O bocal de entrada deste túnel é equipado com uma comporta metálica, de rolos, com as dimensões de 1,80 m de largura por 3,0 m de altura, a qual permite interromper a derivação, se necessário. O caudal máximo derivado é de cerca de 15 m³ s⁻¹. O túnel não é revestido salvo nos troços em que a qualidade da rocha ou acidentes geológicos a tal aconselharam.

TRABALHOS DE TRATAMENTO DO TERRENO E DRENAGEM

A rocha de fundação da barragem, a rocha em que foi aberta a galeria do descarregador de cheias e a rocha em que se perfurou o túnel em carga e obras subterrâneas anexas do circuito hidráulico foram tratadas por injeções de cimento, cuja síntese de trabalhos é:

	Furação	77.125 m
	Reperfuração	11.733 m
	Injeções	8.657 t
	Numero de furos injectados	13.279
Extensão tratada para consolidação da rocha		38.264,85 m
	Número de furos obturados	9.408

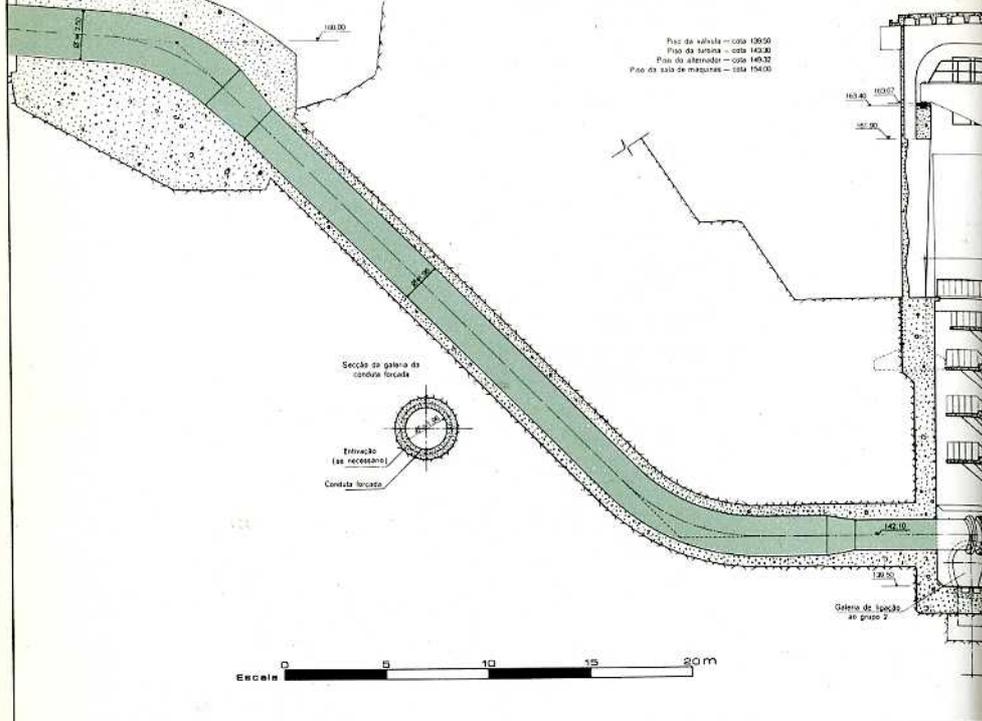
CENTRAL E SUBESTAÇÃO

A Central e subestação 10/150 kV, incluindo as dependências para as oficinas e armazém, sala do grupo diesel e o edifício dos 30 kV, estão construídas numa plataforma situada na margem da albufeira de Caniçada, à cota (154).

Na Central situa-se a sala de máquinas e o átrio de montagem que são servidos por uma ponte rolante de 130 toneladas. Os grupos turbo alternadores são instalados em poços independentes cujo bordo superior intersecta o piso da sala de máquinas à cota (154).

Como já se referiu, apenas se instalou, nesta 1.ª fase, um grupo gerador de 64 MW; no entanto, grande parte das obras de construção civil correspondentes ao grupo gerador a montar em 2.ª fase, nomeadamente as escavações e revestimentos das

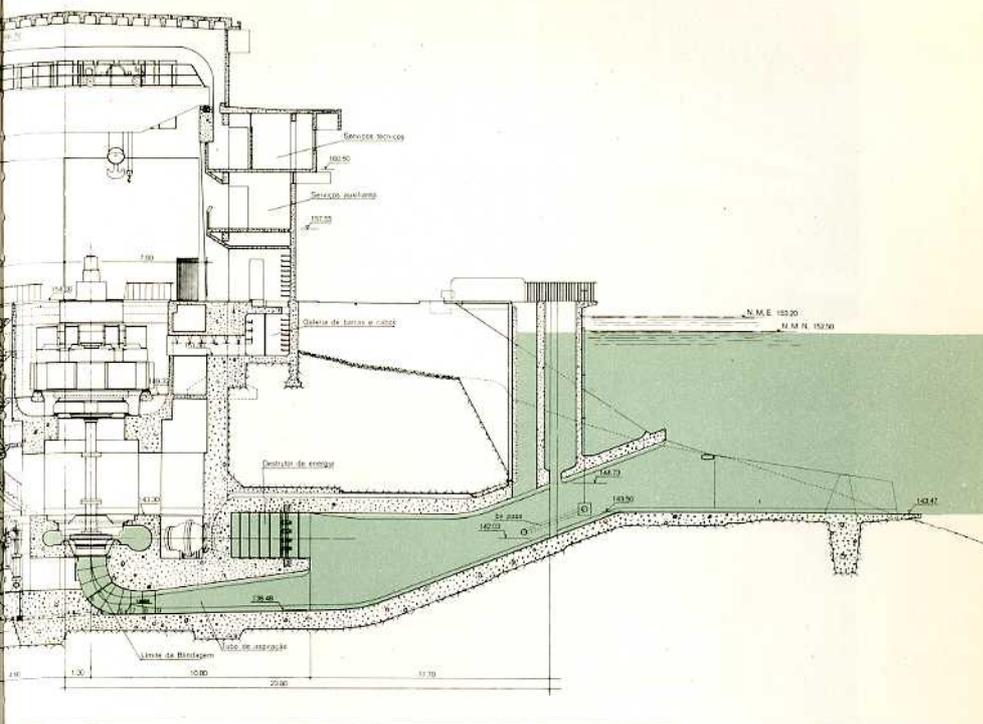
CENTRAL - CORTE TRANSVERSAL PELO EIXO DO GRUPO 1



paredes do poço respectivo, foram já executadas, de forma a que a instalação futura deste grupo se possa efectuar sem condicionamentos severos para a exploração.

A descubagem e reparação dos transformadores efectua-se no átrio de montagem, em fossa própria. Ainda na sala de máquinas — piso à cota (154) — encontram-se instalados o quadro geral de comando e demais aparelhagem acessória, as celas de aparelhagem dos 10 kV e os motores das bombas de esgoto e refrigeração. Toda a aparelhagem dos serviços auxiliares, de telecomando e telemedida e ainda a sala de baterias, encontram-se num piso elevado, à cota (157,55).

No poço correspondente ao grupo já em funcionamento, o piso do alternador ficou situado à cota (149,32), o da turbina à (143,3) e o da válvula de guarda à (133,5).



O circuito de refrigeração do grupo é normalmente alimentado por água captada no tubo difusor da turbina que é bombada, por meio de duas bombas de 170 l s^{-1} cada, para um depósito situado à cota (190) na encosta da montanha. Deste depósito parte a tubagem que abastece por gravidade o sistema de canalizações da refrigeração. Em caso de emergência o circuito de refrigeração pode ser alimentado directamente a partir da conduta forçada.

Todo o caudal de infiltrações e de fugas é reunido num poço de esgoto donde é bombado para o exterior por meio de 2 bombas de 10 l s^{-1} cada. Em caso de necessidade as bombas de refrigeração podem ser utilizadas no esgoto.

A turbina é protegida a montante por uma válvula esférica de 1.44 m de diâmetro, cujo eixo se situa à cota (142,1).



A fim de limitar os efeitos de choque hidráulico a uma sobrepressão de 10 ‰, a turbina é equipada com uma válvula síncrona compensadora. O tempo de abertura total desta válvula, igual ao tempo de fecho do distribuidor, é de cerca de 5 s e o tempo de fecho subsequente de cerca de 60 s. A energia do jacto descarregado pela válvula síncrona é dissipada por um destrutor de energia constituído por uma blindagem divergente, de secção rectangular, que termina por uma grelha de carris.

O caudal turbinado é conduzido por uma galeria de betão armado de 18 m de comprimento que vai desaguar na albufeira de Caniçada, situando-se a soleira da restituição à cota (143,5). Esta galeria é equipada com uma ensecadeira metálica que,

permitindo interromper a comunicação com a albufeira, torna possível a vistoria e eventuais reparações da turbina independentemente no nível da água de Caniçada.

As características principais do grupo agora instalado, são as seguintes:

Turbina

Tipo Francis, de eixo vertical	
Potência nominal sob queda útil de 413 m	100 500 CV
Velocidade nominal	600 r. p. m.
Queda útil máxima	413 m
Queda útil mínima	336 m
Caudal máximo turbinável	19 m ³ s ⁻¹

Alternador

Trifásico, de eixo vertical	
Potência aparente nominal	80 000 kVA
Factor de potência nominal	0,8
Tensão nominal	10 kV
Momento de inércia do rotor	470 tm ²
Frequência nominal	50 Hz

O alternador foi dimensionado para poder funcionar com sobrecargas de 5 a 7 % sem que as temperaturas dos enrolamentos excedam em 10° as correspondentes às condições nominais.

Transformador

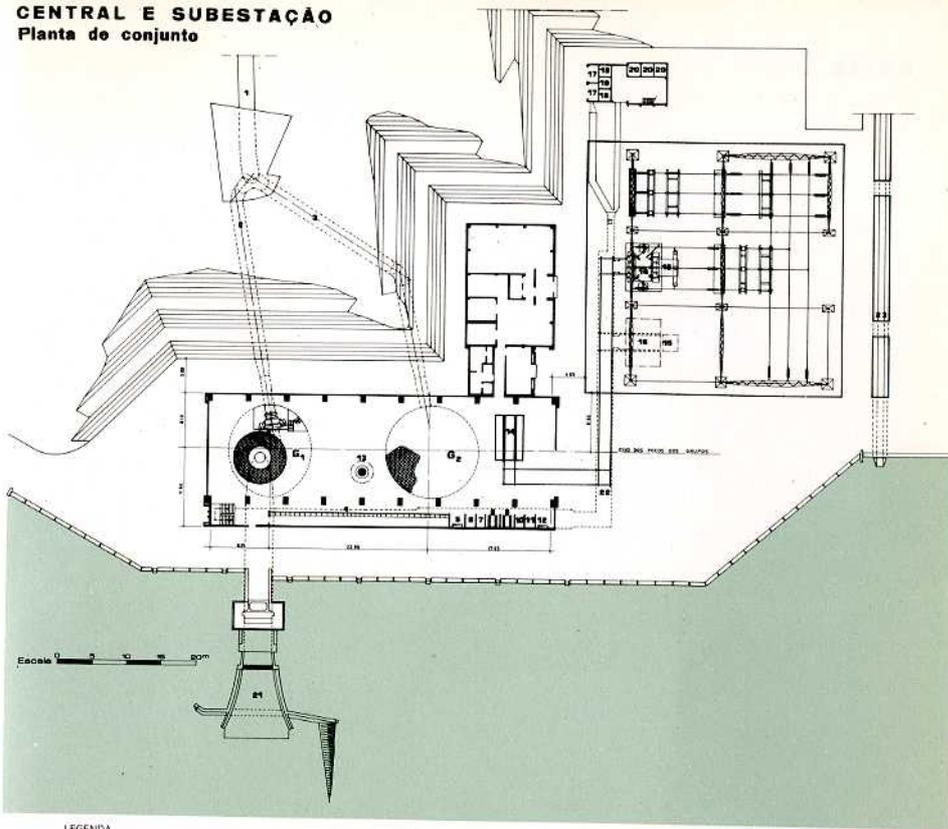
Trifásico, tipo couraçado-imbricado (Shell)	
Potência nominal	80 000 kVA
Relação de transformação	10/160 kV
Ligações	Y d 5
Tensão de curto circuito	10,5 %

A Central de Vilarinho das Furnas será, em exploração normal, comandada à distância a partir da Central de Caniçada, isto é, a cerca de 7 km de distância.

As funções de telecomando, telessinalização e telemedida são efectuadas por Intermédio de um sistema de teletransmissão de altas frequências por correntes portadoras na linha de 150 kV.

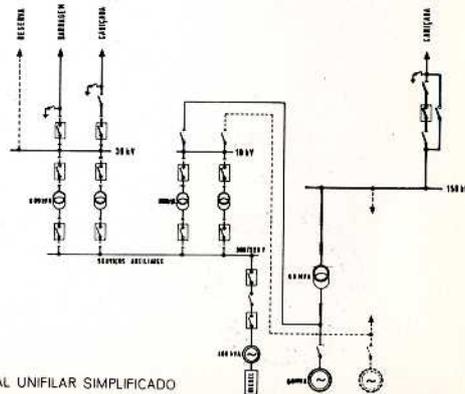


CENTRAL E SUBESTAÇÃO
Planta de conjunto



LEGENDA

- 1-Conduta a céu aberto
- 2-Galeria blindada (Grupo 1)
- 3- " " (Grupo 2)
- 4-Quadro geral de comando
- 5-Cela de reactância (Grupo 1)
- 6-Cela de medida
- 7-Cela do disjuntor do transformador 100/38 kV do Grupo 1
- 8-Transformador 100/38 kV do Grupo 1
- 9- " " 100/38 kV " " 2
- 10-Cela do disjuntor do transformador 100/38 kV do Grupo 2
- 11-Cela de medida
- 12-Cela de reactância do Grupo 2
- 13-Local de montagem do rotor
- 14-Local de desmontagem dos transformadores
- 15-Torre de saída do barramento de 10 kV
- 16-Faixa dos transformadores 10/150 kV
- 17-Transformadores 30/0,38 kV
- 18-Disjuntores dos transformadores de 30/0,38 kV
- 19-Cela de medida dos 30 kV
- 20-Disjuntores das linhas de 30 kV
- 21-Reservação das águas turbinadas
- 22-Galeria de cabos e barras
- 23-Canal de drenagem da linha de água



ESQUEMA GERAL UNIFILAR SIMPLIFICADO

Composto e impresso na
Litografia União, Gaia — 20 000 ex.

