

AS GRANDES BARRAGENS DOS APROVEITAMENTOS HIDRÁULICOS PORTUGUESES

No início deste século quando, por toda a parte, a atenção de industriais, economistas e homens públicos se debruçou sobre o interesse do armazenamento da água dos rios, para a produção de energia, fomento agrícola, abastecimento de águas, controle de cheias ou outros fins, sentiu-se em Portugal o eco desse movimento. Afluíram às repartições competentes do Estado inúmeros pedidos de concessão de aproveitamentos hidroeléctricos e hidroagrícolas, fez-se nos jornais a apologia de tais obras e apresentaram-se então ideias que tiram a originalidade a quase todas as de que mesmo ainda hoje se fala.

Todavia, neste capítulo faltava ao país uma tradição, eram praticamente inexistentes as barragens em serviço dos séculos anteriores, o nosso contacto com os estrangeiros era demasiado pequeno para que pudessemos aproveitar um pouco da sua experiência, as disponibili-

foi iniciada em 1912 e que até agora não acabou de crescer, tal a fertilidade do local em que foi implantada e os cuidados que mereceram os frutos produzidos. Contam-se já cerca de 30 fases da sua execução, a partir dum projecto inicial. Depois de sobreelevada, a barragem terá cerca de 28 m de altura (actualmente tem 26) (fig. 1) e o seu desenvolvimento no coroamento será de cerca de 1500 m. É imensamente curiosa a sua forma em M de pernas curvas com grandes maciços nos vértices e com convexidades voltadas para montante. Pode considerar-se o órgão mais importante de um aproveitamento hidroeléctrico que tem figurado em lugar de destaque entre os sistemas produtores de energia do País, mercê do esforço constante para armazenar água a cerca de 1400 m de altitude.

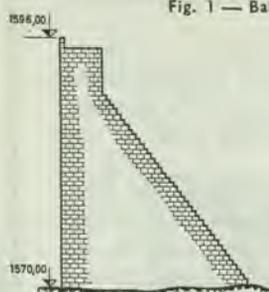
Só por volta de 1926 se dá início à construção da barragem da Póvoa, na ribeira de Niza (fig. 2), que estaria terminada



Fig. 1 — Barragem da Lagoa Comprida



Fig. 2 — Barragem da Póvoa — Niza

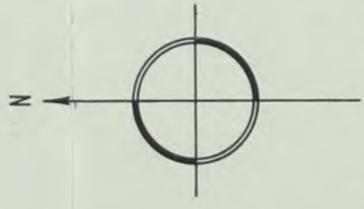
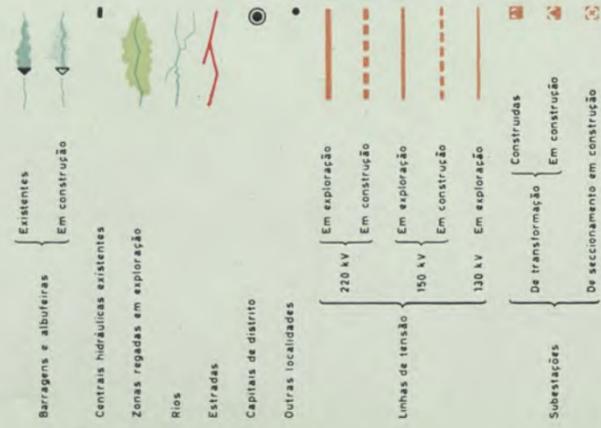


idades privadas relativamente modestas para que, por si, se pudessem abalançar às grandes realizações e um atavismo profundo impedia que constituíssemos grandes sociedades anónimas ou que fizéssemos planos e investimentos à escala nacional. Com efeito, enquanto nos principais

países da Europa e nos E. U. se iniciou, por volta de 1910, sem mais parar, a construção de grandes barragens, em Portugal, dessa época, pouco mais temos que modestas realizações. De algum vulto apenas a barragem da Lagoa Comprida na Serra da Estrela, cuja construção

por volta de 1932. Projectada também por um engenheiro português, fica esta obra, como a anterior, a demonstrar de ano para ano o interesse destas realizações, pois que pertencendo a um dos primeiros sistemas hidroeléctricos do País, o da ribeira de Niza, muito contribuiu para suprir dificuldades de produção de energia em anos passados. A altura da barragem é de cerca de 32 m, o seu desenvolvimento no coroamento de 400 m e o volume de alvenaria e betão nela empregado de 32 000 m³. Apesar do seu perfil de gravidade, a barragem tem curvatura em planta o que certamente lhe dá condições adicionais de estabilidade.

Pode ainda ser classificada dentro das obras que marcaram os nossos primeiros passos nos aproveitamentos hidroeléctricos, a realização da barragem de Guilhofrei, no rio Ave.



PRINCIPAIS APROVEITAMENTOS HIDROELÉCTRICOS E HIDROAGRÍCOLAS EM PORTUGAL

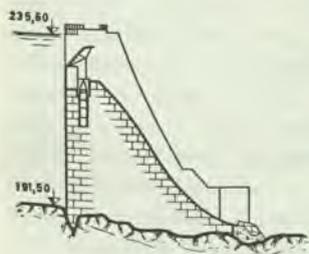


Fig. 3 — Barragem de Guilhofrei

Esta obra (fig. 3), construída entre os anos de 1936 e 1938, marca o início da tendência para se recorrer à técnica estrangeira nas barragens destinadas a aproveitamentos hidroeléctricos. Foi o Engenheiro A. Stucky encarregado de estudar o projecto e acompanhar a construção deste empreendimento. É uma barragem de alvenaria, do tipo gravidade maciça, também de planta curva, com cerca de 49 m de altura máxima, 190 m de desenvolvimento no coroaamento e um volume de 55 000 m³. Conjuntamente com esta obra, a sua congénere, a barragem da Senhora do Porto (fig. 4), de 25 m de altura, projectada em Portugal pela então Hidro-Eléctrica do Norte de Portugal e construída de 1943 a 1945, formam o armazenamento do aproveitamento do rio Ave.

É nesta época que se inicia, verdadeiramente, o estudo das grandes obras para a hidráulica agrícola. E, do estudo, passa-se à execução, criando-se assim um escol de engenheiros que, num esforço verdadeiramente notável, estudando e aprendendo por si e utilizando laboratórios ou consultando entidades estrangeiras, sempre que disso sentiram premente necessidade, dotaram o País com alguns dos seus mais importantes aproveitamentos hidráulicos. Não é por isso de estranhar que os técnicos que intervieram na realização dessas obras desempenhem, a maioria deles, funções de relevo em organismos e empresas que estudam e constroem as nossas grandes barragens.

Passemos em revista algumas das mais importantes obras desta série.

A barragem Duarte Pacheco (fig. 5), criando a albufeira de Burgães, foi a primeira barragem importante construída pela Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola. É uma barragem do tipo gravidade maciça, de planta rectilínea, com descarga livre sobre o paramento de jusante. Foi construída de betão, com os paramentos de alvenaria de granito. Iniciadas as escavações em 1936 estava a sua construção terminada em 1942.

Coroando uma grande série de estudos de grandes aproveitamentos hidro-agrícolas começava então, apesar das dificuldades criadas pela guerra, a execução de algumas das nossas mais importantes realizações.

Em 1948 terminava, no rio Ponsul, a construção da barragem Marechal Carmona (fig. 6), para rega dos campos da Idanha e produção de energia eléctrica como sub-produto. Trata-se de uma barragem de gravidade rectilínea, com cerca de 54 m de altura máxima, construída de betão.

No Vale do Sado, para a rega de cerca de 9600 ha de terras, completavam-se, em 1949, duas barragens, cada uma delas, então a maior da Europa do seu tipo.

A primeira, a barragem Salazar (fig. 7), formando a albufeira de Pego do Altar, é uma obra única no seu género.



Fig. 4 — Barragem da Senhora do Porto

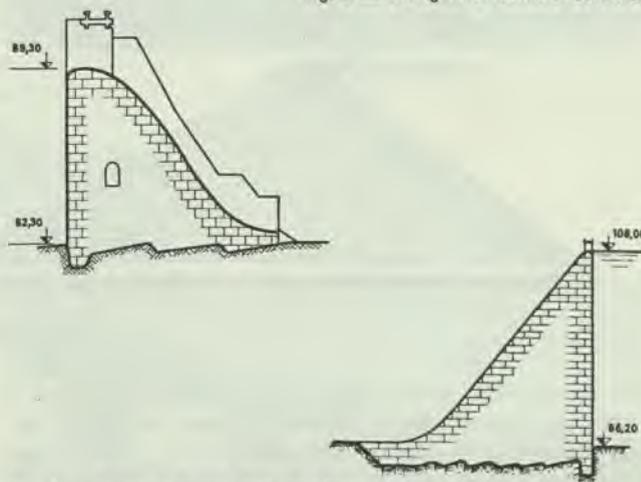


Fig. 5 — Barragem Duarte Pacheco (Burgães)



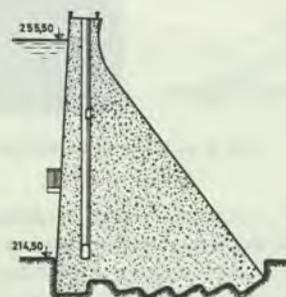


Fig. 6 — Barragem Marechal Carmona (Idanha)

Trata-se de uma barragem de enrocamento fundada sobre xistos argilosos, muito diaclasados, com uma largura na base de 176 m e tendo um desenvolvimento no coroamento de 192 m. A característica mais interessante desta obra é a de ter sido a sua estanquidade obtida à custa de uma cortina de chapa de aço de 5/16" e 1/4" de espessura, provida de ligações flexíveis para permitirem a sua livre dilatação, cortina que se apoia numa camada pouco espessa de betão colocada sobre alvenaria hidráulica. Foram empregadas cerca de 620 t de aço nesta cortina verdadeiramente excepcional, realizada pela técnica do País. É certo que o tempo de execução desta obra se prolongou

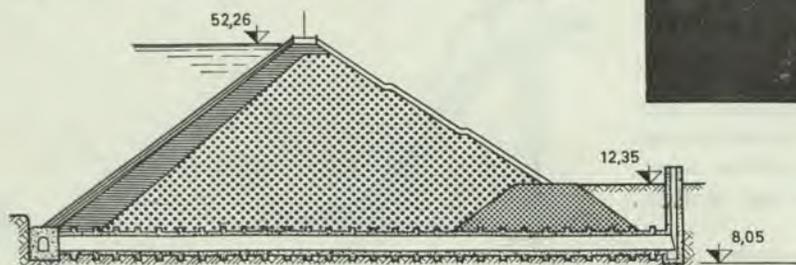
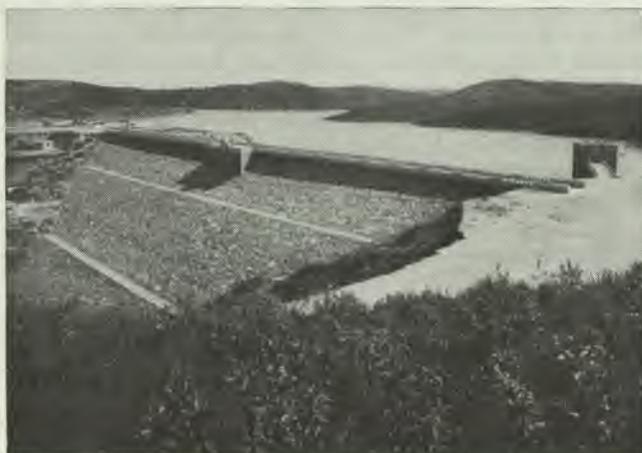


Fig. 7 — Barragem Salazar (Pego do Altar)

em virtude das dificuldades criadas pela guerra mas o facto também demonstra que os estudos de grandes empreendimentos requerem um tempo, por vezes, largo. A barragem Trigo de Morais (fig. 8), no Vale do Gaio, é uma barragem mista, de terra a montante e enrocamento a jusante, fundada sobre xistos moles muito finos, contendo areias e nódulos de quartzo. Tem cerca de 368 m de desenvolvimento no coroamento e 228 m de espessura total na base. Nela foram empregados perto de 300 000 m³ de enrocamentos (depois de arrumados) e 330 000 m³ de terras.

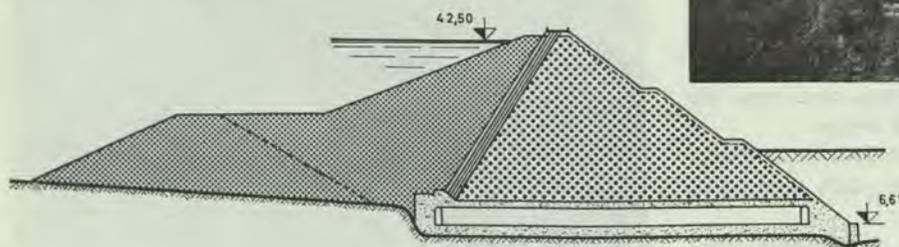


Fig. 8 — Barragem Trigo Morais (Vale do Gaio)

A barragem de Campilhas (fig. 9), também na bacia do Sado, que se destina, fundamentalmente, à rega, foi concluída em 1954. Tem cerca de 35 m de altura, e 700 m de comprimento. É uma barragem de terra zonada com cortina estanque de betão, o que, entre nós, constituiu também uma inovação e, por conseguinte, uma experiência.

Ainda pertencentes ao programa de realizações previsto há largos anos, deve fazer-se referência a mais três barragens de terra, concebidas e realizadas dentro do referido plano: A barragem do Arade (fig. 10), na Ribeira de Silves, a de

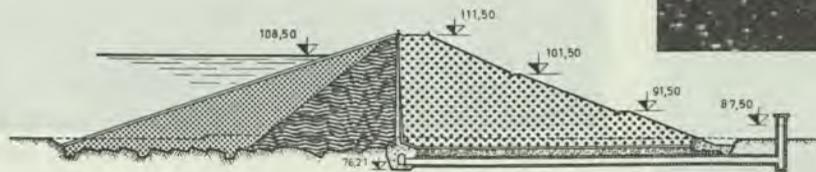


Fig. 9 — Barragem de Campilhas (Pego Longo)

Maranhão (fig. 11), no Rio Raia, e a de Montargil (fig. 12), no rio Sôr, às quais, adiante, se fará mais pormenorizada referência. Uma outra obra de hidráulica agrícola, realizada mais recentemente pela Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos é a barragem de Odeáxere no Algarve, uma obra em abóbada (fig. 13) com cerca de 40 m de altura. Completa-se, por assim dizer, com esta barragem um ciclo de aproveitamentos hidroagrícolas que permitem regar cerca de 32 000 ha de terras.

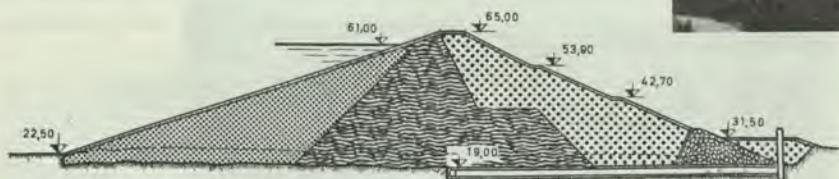


Fig. 10 — Barragem do Arade (Silves)

Apesar das dificuldades resultantes da guerra na Europa, iniciava-se em 1940 a colocação de betão na primeira barragem portuguesa do tipo abóbada, a barragem de Santa Luzia, que viria a ficar concluída em 1943. Tendo inicialmente sido projectada para o local, pelo engenheiro A. Stucky, uma barragem de abóbadas múltiplas, foi a solução abandonada, apesar de, para ela, terem sido ainda realizadas algumas escavações. Apresentadas pelo mesmo engenheiro novas soluções de barragens em abóbada única, veio a empresa concessionária, a Companhia Eléctrica das Beiras, a pôr de lado esses traçados, pois que eles abandonavam grande parte das escavações já realizadas e não se adaptavam

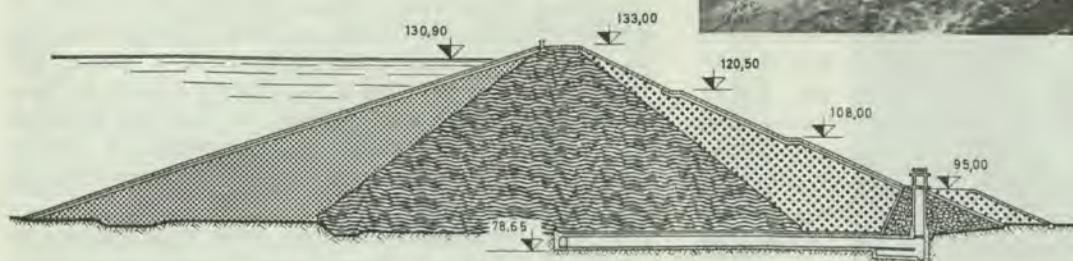


Fig. 11 — Barragem do Maranhão

perfeitamente a um acidente geológico da margem esquerda. Tais traçados eram aliás muito interessantes e neles se continha já a concepção fundamental da barragem que veio a ser construída segundo projecto do Eng. A. Coyne, que então inicia a sua fecunda colaboração no nosso país.

Trata-se, fundamentalmente, de uma barragem abóbada (fig. 13) assimétrica, sem qualquer curvatura na vertical, com um raio do paramento de montante constante e igual a 60 m, 115 m de desenvolvimento no coroamento e 12 m de espessura na base. Na margem esquerda, a barragem dispõe de um encontro em asa para evitar o acidente geológico existente nessa margem.

A construção desta obra e os estudos sobre os aproveitamentos hidroeléctricos dos rios portugueses que a Direcção-

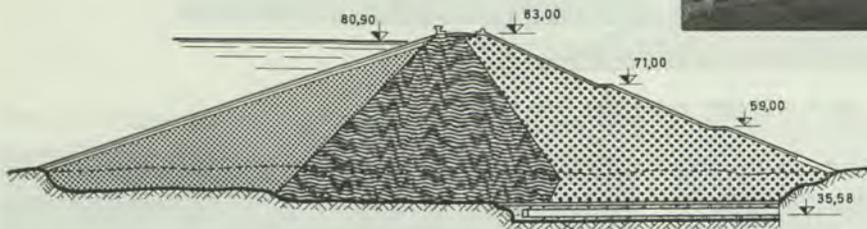


Fig. 12 — Barragem de Montargil



Fig. 12a — Barragem de Odeáxere



Fig. 13 — Barragem de Santa Luzia



-Geral dos Serviços Hidráulicos vinha realizando, criaram um interesse profundo pela análise sistemática dos vários problemas associados com a construção das grandes barragens. Surge, então, uma colaboração extremamente feliz e frutuosa entre a Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos e o Centro de Estudos de Engenharia Civil, tendo sido iniciado, sob a direcção do engenheiro Manuel Rocha e com a ajuda financeira da D. G. S. H., do INSTITUTO DE ALTA CULTURA e do INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO, um programa de estudos experimentais e analíticos para o dimensionamento de barragens-abóbada. Simultaneamente, a mesma Direcção-Geral prestava toda a sua atenção e ajuda à observação da barragem de Santa Luzia, por meio dos aparelhos que nela foram colocados pela Companhia, e iniciava ainda a observação dos deslocamentos da mesma barragem pelo método geodésico¹.

Dos mais importantes trabalhos, então empreendidos no Centro de Estudos de Engenharia Civil, merecem especial relevo o estudo e algumas aplicações de métodos de cálculo

de barragens (cálculos por arcos independentes, e arcos activos, horizontais e inclinados e cálculos pelo método «trial load») e, principalmente, a construção e ensaio do modelo da barragem de Santa Luzia (fig. 14). Os resultados deste estudo sobre modelo, apresentados ao III Congresso das Grandes Barragens², permitiram, pela sua comparação com as observações do protótipo, criar uma opinião sobre o valor de alguns métodos de cálculo, chamando ainda esses ensaios a atenção para o extraordinário interesse em proceder, para as barragens importantes, à análise por via experimental das tensões nelas desenvolvidas pelas solicitações actuantes.

Em 1946, com o início dum plano nacional para o aproveitamento hidroeléctrico dos rios portugueses, com que a Direcção-Geral viu coroados os trabalhos que realizou para esse fim, criou o País as condições para possuir uma técnica completa para o estudo e execução das grandes barragens. E porque ela não existia e era agora forçoso caminhar depressa, a fim de recuperar todo o tempo que as dificuldades da guerra demonstraram ter-se perdido, veio o País a recorrer à técnica estrangeira, chamando para projectar e executar as suas barragens, engenheiros e constructores de diferentes nacionalidades.

A criação, em 1947, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, no qual foram integrados o antigo Laboratório de Ensaios de Materiais e o Centro de Estudos de Engenharia Civil, correspondeu, dentro deste ramo da técnica, à obtenção de um órgão consultivo nacional que as circunstâncias de então impunham. Tendo imediatamente iniciado a sua actividade na investigação e análise dos problemas suscitados pela construção das primeiras obras deste



Fig. 14 — Barragem de Santa Luzia (modelo)

plano, pôde desde início, responder às questões que lhe foram sendo postas, realizando ensaios em modelos de todas as nossas barragens de betão, colocando aparelhos e interpretando resultados da observação e fazendo estudos dos materiais de construção e ensaios das características das fundações de cada caso.

Puderam ainda desenvolver-se, paralelamente com estes trabalhos, algumas investigações de carácter geral, tendo em vista, umas vezes, o conjunto das obras ou estudos em curso, outras vezes, o esclarecimento de questões à volta de problemas importantes.



Fig. 15 — Ensecadeira de montante de Castelo do Bode cheia

Um dos primeiros trabalhos, empreendidos pelo L.N.E.C. em colaboração com a D.G.S.H., foi o estudo sobre modelos, cálculo e, observação da ensecadeira de montante da barragem de Castelo do Bode (fig. 15)³.

Esta obra, de função temporária, apresentava notável interesse de estudo, uma vez que se tratava de uma obra excepcionalmente esbelta num vale muito largo, com proporções fora das habituais nas barragens-abóbada. Por outro lado, poderia facilmente ser carregada em qualquer época pelo fecho das comportas da derivação provisória do rio Zêzere. Aproveitou-se, por isso, um período de cheias para realizar rapidamente a carga da barragem, tendo-se efectuado um programa completo de observações, numa experiência única, em grande escala. Os resultados obtidos foram comparados com cálculos analíticos da barragem e com ensaios de dois modelos — um de gesso (fig. 16) e outro de plástico. Estes ensaios revelaram-se de extraordinário valor, permitindo tirar conclusões importantes, quer sobre o funcionamento duma barragem, como estrutura, quer sobre o grau de rigor que se consegue com estudos sobre modelos.

Mas, no que respeita a barragens, não foram apenas desenvolvidos, no L.N.E.C. estudos relacionados com barragens de betão. Efectivamente, iniciava-se, por assim dizer, com a sua criação, a actividade do País na construção de bar-



Fig. 16 — Castelo do Bode, modelo de ensecadeira

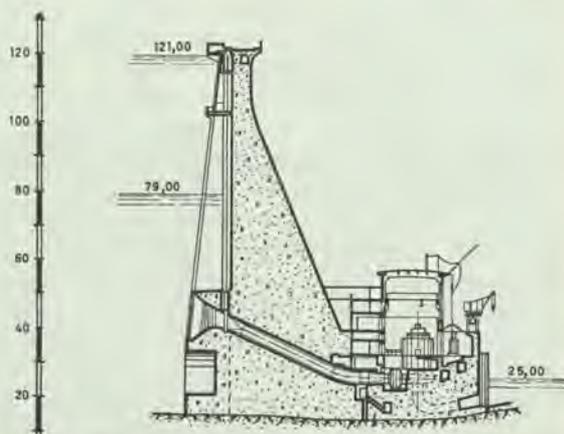


Fig. 17 — Barragem de Castelo do Bode

ragens de terra. Como consequência vieram a desenvolver-se, no Laboratório, os estudos e ensaios de Mecânica dos Solos, relacionados com estas obras, tendo-se realizado trabalhos relativos às barragens de Campilhas, Arade, Maranhão e Montargil, já referidas, que a Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos estudou e construiu em continuação dos trabalhos da Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola, como também já mencionámos.

A caracterização das terras foi feita intensivamente pela D.G.S.H., sobre uma parte das amostras. No L.N.E.C. foram realizados ensaios mais completos com determinações de limites de consistência, ensaios de compactação e ensaios de compressão triaxial sobre amostras preparadas no laboratório. Deu o L.N.E.C., com base nesses ensaios, sugestões para os cadernos de encargos, tendo ainda colaborado no controle da execução dos aterros e colhendo amostras intactas para duplicar as determinações anteriormente referidas. Finalmente, seguindo a técnica nacional, instalou-se aparelhagem de medição de tensões e dispositivos para a medição de deslocamentos geodésicos.

A barragem de Silves (fig. 10) foi construída com os próprios xistos alterados do local, o que representou uma economia notável em relação a qualquer outra solução.

As barragens do Maranhão e Montargil (figs. 11 e 12) são duas obras muito análogas que armazenam água para a rega dos campos do Sorraia. O seu tipo corresponde já a uma integração da técnica portuguesa de construção de barragens de terra nos mais recentes avanços da técnica mundial neste domínio.

Igualmente a criação do L.N.E.C. permitiu realizar os estudos hidráulicos, sobre modelos, dos evacuadores de cheias destas obras, podendo dizer-se que, a esse respeito, também o País possui uma técnica que o pode servir eficientemente.

Passe-se agora em revista, que não pode deixar de ser rápida, o que foram os estudos dalgumas das obras da primeira fase do plano de electrificação do País.

Sobre a barragem de Castelo do Bode, no rio Zêzere, datam do primeiro quartel do Século pedidos de licença para o seu estudo. Em 1930, foi outorgada à Companhia Nacional de Viação e Electricidade a concessão do aproveitamento hidroeléctrico do Zêzere desde a Bouça até ao Castelo do Bode, indicando-se no caderno de encargos que deveria ser construída uma barragem de betão, do tipo gravidade rectilínea, com 93 m de altura.

Não tendo essas obras sido iniciadas nos prazos concedidos, foi a concessão anulada, tendo então os estudos referentes ao aproveitamento hidroeléctrico de Castelo do Bode prosseguido na Direcção-Geral dos Serviços Hidráulicos e Eléctricos que elaborou vários anteprojectos das obras, um dos quais, apresentado em 1940, já era bastante completo. Mandou a mesma entidade realizar estudos geológicos e prospecções das fundações por galerias e sondagens no local. Em 1942 o engenheiro André Coyne apresentava, para essa Direcção-Geral, um completíssimo anteprojecto das obras, ao qual a guerra não permitiu dar início. Criada, finalmente, nos fins de 1945, a Hidro-Eléctrica do Zêzere, ao abrigo do plano de electrificação nacional, iniciou imediatamente esta companhia os seus trabalhos de revisão dos anteprojectos existentes, tendo os seus serviços técnicos elaborado um projecto completo do aproveitamento, em colaboração com aquele engenheiro consultor, com os fornecedores ingleses do equipamento electromecânico e com o «Laboratoire Dauphinois d'Hydraulique (Neyrpic)» que então criou, em comparticipação com a H.E.Z., um Laboratório de Hidráulica, na Amadora.

O projecto definitivo da barragem (fig. 17), efectuado sob a orientação do engenheiro A. Coyne, pelos seus engenheiros



Fig. 18 — Barragem de Castelo do Bode (modelo)

Em ligação com os Serviços Técnicos da H.E.Z., veio a ser apresentado com cálculos justificativos pelo método «trial load» simplificado, elaborados já em Portugal. O tipo simples de barragem que foi adoptado pelo projectista, arco-gravidade, permite um cálculo relativamente fácil da estrutura.

Os projectos de execução foram então sendo efectuados pelo engenheiro consultor numa estreita colaboração com

Estes estudos, além de indicarem as modificações de formas que deviam ser feitas, mostraram também que resultaria economia com a criação duma torre independente de manobra das tomadas de água e da descarga de fundo a qual tinha sido prevista ligada à barragem nas soluções até à solução J, condicionando assim a forma desta estrutura. Chegadas à solução J foi esta objecto de estudos analíticos muito completos pelo método de cálculo referido e de

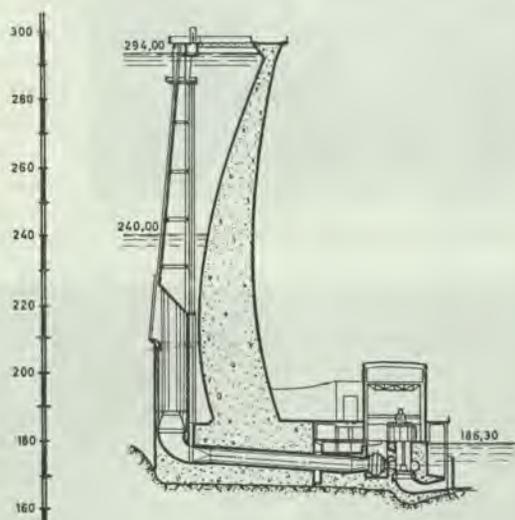


Fig. 19 — Barragem do Cabril

os Serviços Técnicos da empresa e o L.N.E.C., onde se realizaram sucessivos ensaios em modelo reduzido (fig. 18), a partir dos quais foi possível dimensionar, com melhor critério, os dois órgãos com influência mais acentuada no funcionamento da estrutura: o encontro da margem direita e o evacuador de cheias.

Ensaio sobre as amostras da rocha e ensaios num poço aberto no local, efectuados pelo L.N.E.C. com a ajuda da firma Sondagens Ródio, Lda., permitiram concretizar ideias sobre as características mecânicas da rocha de fundação⁴, particularmente sobre a sua deformabilidade, características essas que, reproduzidas nos modelos, deram lugar a certas formas particulares da estrutura.

O estudo das dimensões exteriores do evacuador de cheias e das soluções construtivas para anular enormes esforços de tracção provenientes da concentração de tensões, pôde ser feito a partir dos resultados obtidos nos ensaios do modelo, tendo-se assim dimensionado a armadura para resistir às tensões de tracção que o peso próprio não anulava⁵.

O segundo escalão das obras do Zêzere foi o do Cabril. É esse escalão constituído, por uma barragem-abóbada de dupla curvatura com cerca de 135 m de altura e 360 m de desenvolvimento no coroamento, uma central de pé de barragem e dois túneis para evacuação das cheias, um em cada margem (fig. 19).

Chegou-se finalmente à solução que foi construída mercê dum trabalho árduo e demorado que hoje parece estar inteiramente justificado.

Algumas das soluções encontradas para a barragem, foram analisadas pelo método de cálculo conhecido por «trial load». Esse trabalho permitiu um aperfeiçoamento gradual da estrutura como mostra a fig. 20, em que se indicam quatro perfis das soluções submetidas a estudos mais profun-

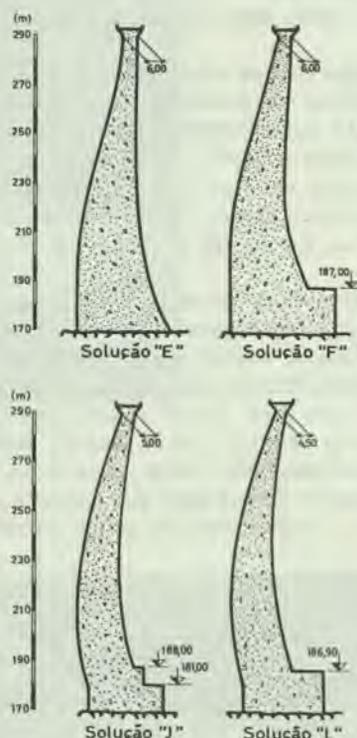


Fig. 20 — Algumas das soluções estudadas para a barragem do Cabril

ensaios sobre modelos realizados no L.N.E.C.. Do conjunto dos resultados obtidos concluiu-se que talvez fosse possível diminuir sensivelmente as tensões na estrutura e até um pouco no seu volume de betão com uma pequena modificação das formas. Resultou assim a solução L que corresponde à solução final da barragem.

Estudada analítica e experimentalmente esta nova solução, concluiu-se que, na realidade, as tensões no corpo



Fig. 21 — Cabril (modelo de gesso)

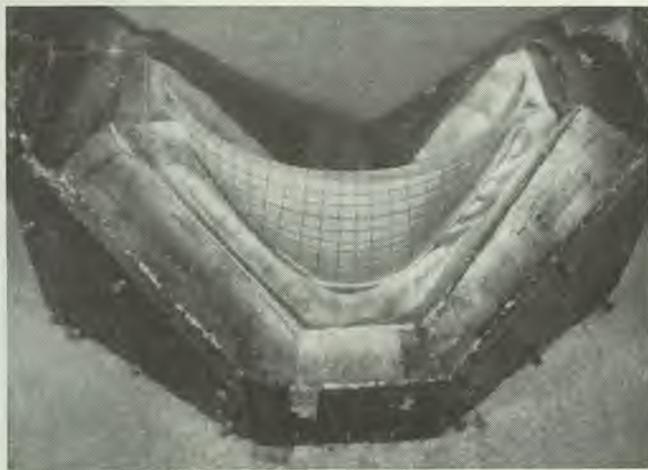


Fig. 22 — Barragem do Cabril (modelo de plástico)

da barragem tinham baixado e que a inclusão de um soco de apoio da cúpula diminuía substancialmente as tensões no contacto da barragem com o terreno. Em face destes resultados, deduziu-se que seria ainda possível diminuir o volume da barragem mantendo a cota da retenção e, nesse sentido, se fizeram ensaios sobre os modelos em que se foi diminuindo progressivamente a espessura da barragem. Todavia, tendo sido considerado vantajoso aumentar o nível de retenção foi decidido manter as formas da solução L e elevar de quatro metros a cota do coroamento, à custa apenas de uma ligeira alteração da zona da barragem acima da cota 290.

Foram realizados ensaios muito completos sobre as características mecânicas da fundação, por ensaio no laboratório e no local⁴. Estes últimos incluíram ensaios de galerias com macacos antes e depois da injeção.

A fig. 21 apresenta um aspecto dum dos modelos de gesso ensaiados no L.N.E.C., tendo montadas rosetas de extensómetros eléctricos, e a fig. 22 o modelo de plástico da solução final.

O comportamento da estrutura real, está sendo averiguado por meio de aparelhos colocados no interior do betão tais como extensómetros, termómetros, pêndulos, clinómetros, etc., (fig. 23) e por medições por métodos geodésicos segundo um plano que está a ser levado a cabo pelo L.N.E.C. com a colaboração da empresa⁶. Já se indicou, noutra lugar⁷, a forma como os resultados dessa observação têm confirmado os resultados dos ensaios dos modelos e têm também mostrado a importância de certos factores, como a



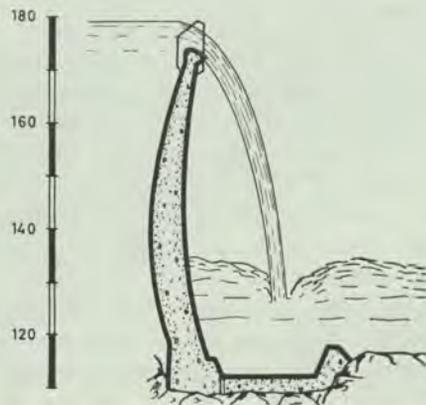
Fig. 23 — Barragem do Cabril — Extensómetros

evolução das temperaturas e a deformação das fundações no comportamento das barragens de betão.

Os estudos para a barragem do Cabril, quer os de campo quer os de gabinete e laboratório prolongaram-se por cerca



Fig. 24 — Barragem da Bouça



de 3 anos. A possibilidade que se teve afinar o projecto e de estudar as soluções mais económicas resultou, em primeiro lugar, do tempo disponível para esses estudos. Afinal sem estudos adequados e prévios não é possível iniciar, em boas condições, a construção de grandes barragens.

O aproveitamento do Zêzere ficou praticamente concluído com a construção, em 1954 e 1955, do escalão da Bouçã (fig. 24). A obra é constituída, essencialmente, por uma central situada um pouco a jusante da barragem, e por uma barragem-abóbada de dupla curvatura com um desenvolvimento no coroamento de cerca de 220 m, grande parte do qual forma uma soleira descarregadora (fig. 25). A espessura mínima da barragem é de 90 cm e a máxima de 7 m.

A obra foi também objecto de estudos em modelo, no L.N.E.C., tendo, no entanto, o seu projecto beneficiado muito da experiência adquirida com o da barragem do Cabril. Efectivamente, não se considerou necessário passar além do estudo das primeiras formas, em modelo, (fig. 26) tanto mais que não era possível reduzir muito as espessuras, sem graves inconvenientes para a construção⁸.

É de notar o valor muito baixo do módulo de elasticidade da fundação desta obra, cerca de 1/10 a 1/5 do do betão. Nem por isso se tem observado, por meio do completo sistema de observação montado, qualquer ano-



Fig. 25 — Barragem da Bouçã (descarregamento)

malia do funcionamento da estrutura⁸. Sem dúvida, a solução em abóbada é a que melhor se adapta a condições adversas de fundação desde que tais condições sejam tidas em conta no projecto e sejam objecto duma análise adequada, por exemplo, por meio de ensaio de modelos.

(Continua)

JOAQUIM LAGINHA SERAFIM

Engenheiro Investigador

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

No próximo número apresentaremos as referências bibliográficas.

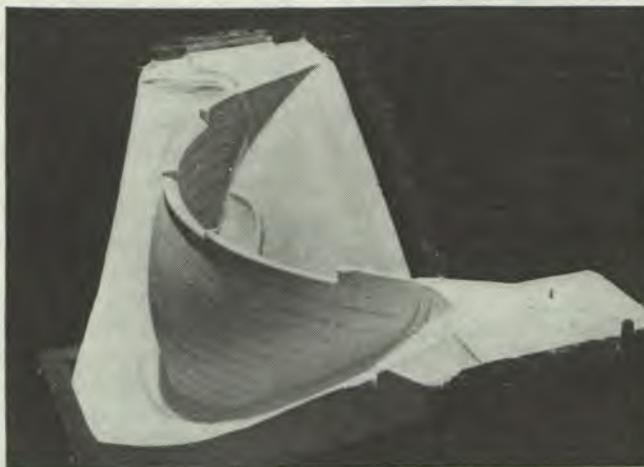


Fig. 26 — Barragem da Bouçã (modelo)

THE ICID BIBLIOGRAPHY ON IRRIGATION, DRAINAGE, RIVER TRAINING AND FLOOD CONTROL

A pedido da Comissão Nacional Portuguesa de Irrigação e Drenagem informamos que está à venda a publicação acima referida, ao preço de Rs. 5,00 (cinco rupias indianas), cada exemplar. Os pedidos devem ser feitos por intermédio da Comissão Nacional Portuguesa, acompanhados dum cheque do correspondente valor, pagável à ordem da «The International Commission on Irrigation and Drainage».