

# CAMBAMBE

## PRIMEIRO ESCALÃO DO APROVEITAMENTO HIDROELÉCTRICO DO MÉDIO CUANZA EM ANGOLA

### V — O estaleiro de Cambambe

A empreitada geral de construção do aproveitamento hidroeléctrico de Cambambe foi adjudicada, em Agosto, de 1958 à «Sociedade de Empreitadas Moniz da Maia & Vaz Guedes, Lda.» e «S. A. Conrad Zschokke».

Algumas das obras auxiliares, a que adiante se faz referência, como os acessos, foram entregues a empreiteiros locais.

Entre os fornecedores do equipamento electromecânico devem salientar-se, para as turbinas «Escher-Wyss» de Zurich, para os alternadores «Ateliers de Construction Oerlikon» também de Zurich, para as pontes rolantes «Construções Metalomecânicas MAGUE», para os transformadores «Le Matériel Electrique S-W» e para os quadros e aparelhagem de 11 kV e 220 kV «Etablissements Merlin & Gérin», de Grenoble.

O equipamento hidráulico das obras de descarga, das tomadas de água e das galerias de fuga é fornecido pela «SOREFAME — Sociedades Reunidas de Fabricações Metálicas». A SONEFE, através da sua Divisão de Estaleiro, assegura a coordenação e fiscalização das obras e a execução directa de alguns trabalhos auxiliares.

### A) ACESSOS

Quando do início dos trabalhos, os meios de acesso a Cambambe eram a antiga estrada entre Luanda e Nova Lisboa, mais pista do que estrada em grandes extensões,



Fig. 32 — Estaleiro de Cambambe. Aspecto geral

e o ramal do caminho de ferro de Luanda, entre Zenza do Itombe e a antiga povoação do Dondo, cerca de 12 km a jusante de Cambambe.

Entre o Dondo e Cambambe estava já aberta a plataforma da nova estrada para Nova Lisboa, hoje já concluída no troço de Luanda ao estaleiro.

Quando o Empreiteiro Geral se estabeleceu em Cambambe, em Setembro de 1958, estava em conclusão a estrada de ligação à galeria de acesso à central e às bocas das galerias de restituição (figs. 32 e 33) descendo a vertente escarpada da margem direita do Cuanza até à base dos rápidos.

### B) BAIRRO

A zona residencial (figs. 34 e 36) compreende, além das instalações provisórias, um conjunto de construções definitivas ligado à exploração do aproveitamento hidroeléctrico. Foram construídas 235 habitações unifamiliares e dormitórios com capacidade para cerca de 600 indivíduos, em quartos isolados ou pequenas casernas.

As instalações temporárias são constituídas, em grande parte, por edifícios desmontáveis, de um piso, de alumínio.

Os edifícios definitivos, dispostos junto das ruínas da antiga povoação fortificada de Cambambe (fig. 35), na encosta voltada ao rio, compreendem além das moradias, uma pousada e um hospital, estando ainda prevista a construção do centro social, da escola e da capela.

As moradias do bairro definitivo, em número de 29, foram escalonadas em 3 tipos, havendo uma habitação com uma área útil de 370 m<sup>2</sup>, para o residente, 4 para pessoal dirigente, com a área de 270 m<sup>2</sup> e 24, dum tipo mais económico, com a área útil de 180 m<sup>2</sup>.

Situou-se a pousada, que dispõe de 16 quartos (fig. 36) em local de grande interesse panorâmico, sobranceiro à falésia da margem direita do Cuanza, no enfiamento dos rápidos. O hospital possui um corpo central definitivo, com farmácia, sala de consultas e operações, 6 quartos para internamento e, em pavilhões provisórios, duas enfermarias com capacidade para cerca de 60 leitos.

Completam estas instalações um mercado coberto, um refeitório com capacidade para servir simultaneamente cerca de duzentas refeições, uma escola, um cinema, uma piscina e campos de jogos diversos.

Deve ainda referir-se que o bairro dispõe de um sistema de abastecimento de água tratada, de rede de esgotos e que tanto as habitações como os dormitórios possuem equipamento de ar condicionado.

A energia eléctrica é fornecida gratuitamente aos habitantes, dentro dos consumos normais, mas a despesa correspondente, nas instalações do Empreiteiro, é seu encargo.



Fig. 33 — Estaleiro de Cambambe. Acesso à barragem e central. Obras de derivação, «derricks» e ponte de serviço

### C) EFECTIVOS

Desde o início das obras houve grande dificuldade em conseguir a mão de obra especializada indígena, necessária para a organização das equipas de trabalho.

Assim, para dar às obras o desenvolvimento conveniente recorreu-se à utilização de operários europeus em número muito mais elevado do que havia sido previsto e era usual no enquadramento dos efectivos de obras anteriores no Ultramar. O número de europeus subiu rapidamente e,

em meados de 1959, era de cerca de 1500 para o conjunto do estaleiro, enquanto os efectivos indígenas em pouco excediam 1000 homens.

Este grande desequilíbrio determinou um agravamento sensível de custo da mão de obra e das dificuldades iniciais de alojamento, resultantes da sobreposição dos trabalhos de construção das instalações do bairro e das obras do aproveitamento.

Actualmente, os efectivos do estaleiro compreendem cerca de 900 empregados e operários europeus e 1100 indígenas.

### D) MEIOS MECANICOS

A central eléctrica do estaleiro foi equipada com 5 grupos Diesel-alternador «English Electric», com a potência unitária de 525 kW.



Fig. 35 — Ruínas de Cambambe no séc. XVII



Fig. 34 — Bairro. Habitações definitivas



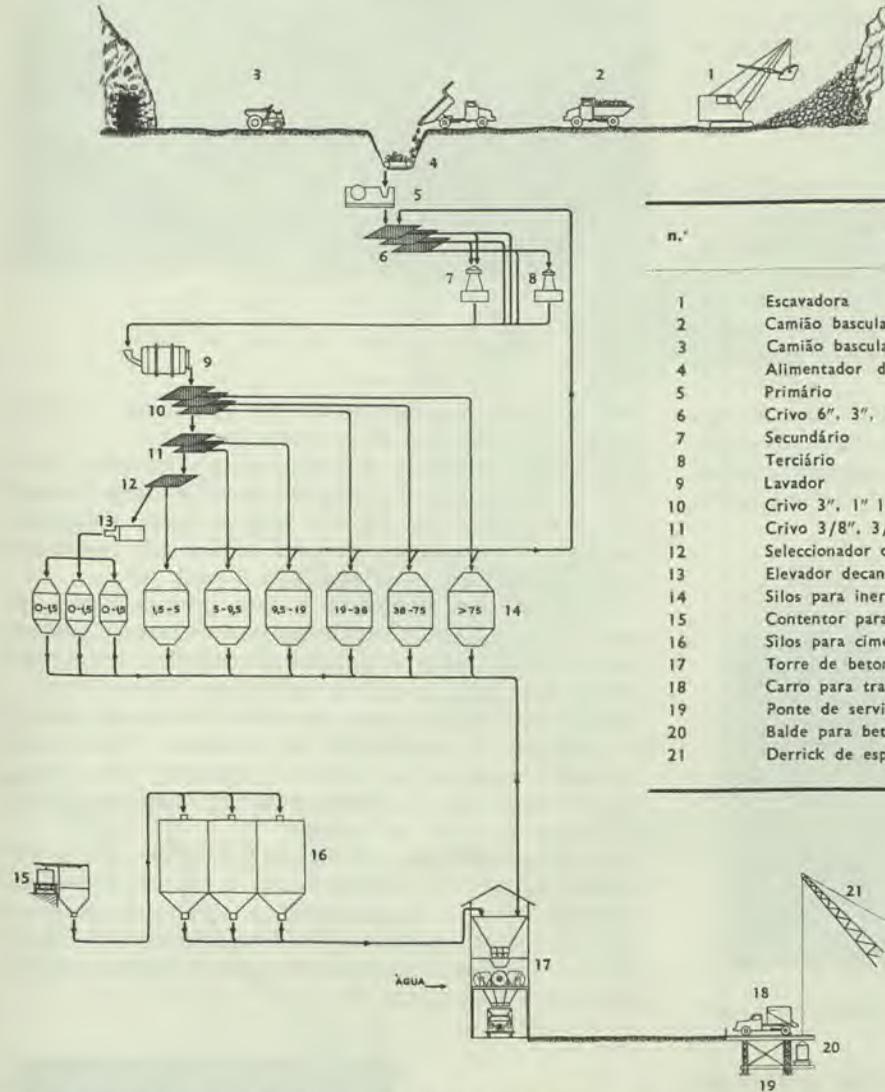
Fig. 36 — Bairro. Pousada

Na central de ar comprimido foram instalados 8 compressores «Holman», com a capacidade total de 122 m<sup>3</sup>/min a 7 kg/cm<sup>2</sup>.

A instalação de britagem (figs. 37 e 38), selecção e lavagem foi prevista para uma produção de 100 t/h, e compreende os seguintes equipamentos:

- Seleccionador vibrante de barras, «Symons», com espaçamento de 1/16" e superfície de crivagem de 9,75 m<sup>2</sup>;
- Elevador decantador, «Standard Sandor, Frederick Parker», com lança de extensão e tapetes transportadores «U. Ammann A.G.», cobertos, dotados de correias de 500 mm, com capacidades variáveis de 10 m<sup>3</sup>/h a 100 m<sup>3</sup>/h.

Deve notar-se que desde o início do funcionamento desta instalação se notou deficiência de capacidade de produção de areia fina, tendo a dificuldade sido resolvida pela adição



n.º	designação	capacidade
1	Escavadora	1,8 m <sup>3</sup>
2	Camião basculante	15 t
3	Camião basculante	7,5 t
4	Alimentador de lagartas do primário	110 a 430 t/h
5	Primário	225 a 360 t/h
6	Crivo 6", 3", 1" 1/2	60 a 320 t/h
7	Secundário	60 a 85 t/h
8	Terciário	10 a 45 t/h
9	Lavador	≈ 150 t/h
10	Crivo 3", 1" 1/2, 3/4"	60 a 320 t/h
11	Crivo 3/8", 3/16"	15 a 60 t/h
12	Seleccionador de areias	
13	Elevador decantador de areia	
14	Silos para inertes	
15	Contentor para cimento	5 t
16	Silos para cimento	3 × 500 t
17	Torre de betonagem	60 m <sup>3</sup> /h
18	Carro para transporte de betão	
19	Ponte de serviço	
20	Balde para betão	2 m <sup>3</sup>
21	Derrick de espias	6 t — 60 m

comandada de areia natural, no circuito da britagem, depois do primário.

A granulometria dos inertes é contínua, como atrás se referiu (Cap. IV pág. 268), tendo sido previstos 8 silos para materiais entre 0 e 150 mm, com uma capacidade total de cerca de 1000 m<sup>3</sup>.

- Alimentador «Loro Parisini» com 1300 × 3600 mm;
- Britador primário de maxilas, «Allis Chalmers», 42" × 32", com a capacidade de 300 t/h para uma abertura de saída de 6";
- Crivo vibrante de 3 andares, «Loro Parisini», tipo 515, com furos de 150, 75 e 38 mm e tabuleiro de 1500 × 4000 mm;
- Britador secundário de cone, «Symons», 6 7/8" — 7 1/2", com capacidade de 63,5 t/h, para 3/4" de abertura mínima de saída;
- Britador terciário de cone, «Symons», 1" — 2", com capacidade de 13,5 t/h, para a abertura mínima de 1/8";
- Lavador de tambor «Loro Parisini», de 2500 × 6000 mm, com capacidade para cerca de 150 t/h;
- Crivo vibrante de 3 andares «Loro Parisini», tipo 515, com malhas quadradas de 75, 38 e 19 mm e dimensões de 1500 × 4000 mm;
- Crivo vibrante de 2 andares, «Loro Parisini», tipo 4/S, com malhas quadradas de 9,5 mm e 5 mm e tabuleiros de 3000 × 1200 mm;



Figs. 37 e 38 — Instalações de britagem, selecção, lavagem e betonagem

As rochas utilizadas para a fabricação dos inertes são provenientes em parte da escavação das obras subterrâneas, abertas quase inteiramente em formações graníticas e, complementarmente, de uma pedreira explorada a jusante, perto da base dos rápidos (fig. 39).

O cimento, fabricado pela «Companhia Secil do Ultramar», em Luanda, é armazenado no estaleiro em 3 silos de 500 t. O transporte é feito em contentores geminados de 5 t, por caminho de ferro até ao Dondo, e em camiões no percurso de cerca de 20 km até ao estaleiro. São usados 80 contentores e 3 camiões com reboque, tendo capacidade para 5 contentores; um pórtico rolante de 10 t faz o transbordo na estação ferroviária do Dondo.

A instalação de betonagem (figs. 37 e 38) foi equipada com uma torre «Cifa», automática, para 60 m<sup>3</sup>/h. Pode armazenar 300 m<sup>3</sup> de inertes, em 7 compartimentos, e 60 m<sup>3</sup> de cimento. A alimentação da torre faz-se por um tapete transportador, com capacidade de 100 m<sup>3</sup>/h, para os inertes, e, para o cimento, por um transportador pneumático com capacidade de 45 m<sup>3</sup>/h, que serve também para a descarga dos silos de armazenamento.

As betoneiras, em número de 3, são do tipo «Winget Koehring», de 1 m<sup>3</sup>, e o sistema de dosagem electro-pneumático permite a pesagem simultânea de 7 agregados, cimento e água, o seu registo, a verificação do tempo de amassadura



Fig. 39 — Aspecto da escombreira e pedra a jusante dos rápidos

e o fabrico simultâneo de betões de quatro composições diferentes.

No transporte do betão para as diferentes frentes de trabalho usam-se «dumperetes».

Na colocação do betão na barragem são utilizados 4 «derricks», «Loro Parisini», com capacidade para 6 t a 60 m, e baldes de 2 m<sup>3</sup>. O transbordo do betão, dos «dumperetes» para os baldes, faz-se numa ponte de serviço (figs. 40 e 48) a jusante da barragem, construída com elementos pré-fabricados «Bailey».

Para a colocação do betão nas galerias adoptaram-se transportadores pneumáticos, tendo sido também usada, na caverna da central, uma bomba de betão.

As cofragens são executadas com madeiras de Angola, de boa qualidade, provenientes em parte da região planáltica interior.

A verificação de qualidade dos betões faz-se no laboratório da obra que dispõe, entre outro equipamento, de uma prensa «Amsler» para 200 t. O Laboratório de Engenharia de Luanda procede também a ensaios sistemáticos de recepção do cimento na fábrica.



Fig. 40 — Estaleiro da barragem. Enscadeira definitiva, «derricks» e pontes de serviço

Nos trabalhos de escavação, em Cambambe, ocupam posição de relevo as obras subterrâneas.

O material de perfuração é constituído por martelos «Atlas BBW41», de grande velocidade de avanço, e «Atlas Falcon» para a escavação em poços e galerias muito inclinadas. Na carga dos escombros, em galerias, têm sido usadas pás carregadoras «Eimco», 2 mod. 21 e 6 mod. 105.

O transporte dos escombros é feito principalmente por uma flotilha de camiões «Koehring» de 4 m<sup>3</sup>, mas são também usados outros carros e material «Decauville»; como meio auxiliar da carga usam-se ainda «bulldozers» «Eimco 105».

Nas escavações subterrâneas são objecto de especial atenção as condições de salubridade do ambiente. Faz-se uma ventilação adequada das frentes de trabalho e uma cuidadosa inspecção do ar ambiente, para verificação das poeiras e detecção de óxido de carbono.

A céu aberto, além dos «bulldozers» já referidos, utilizam-se nas escavações 1 «Caterpillar» D7, 1 D8, 2 escavadoras «Demag» B418, 1 «Lorain» L50 e 1 «Ruston Bucyrus» 22RB, em parte equipáveis para funcionamento em «clamshell»; no transporte dos escombros são utilizados camiões «Krupp» de 8,15 m<sup>3</sup> (fig. 41).



Fig. 41 — Escavação de rochas alteradas da caixa da grande falha, na base da margem direita

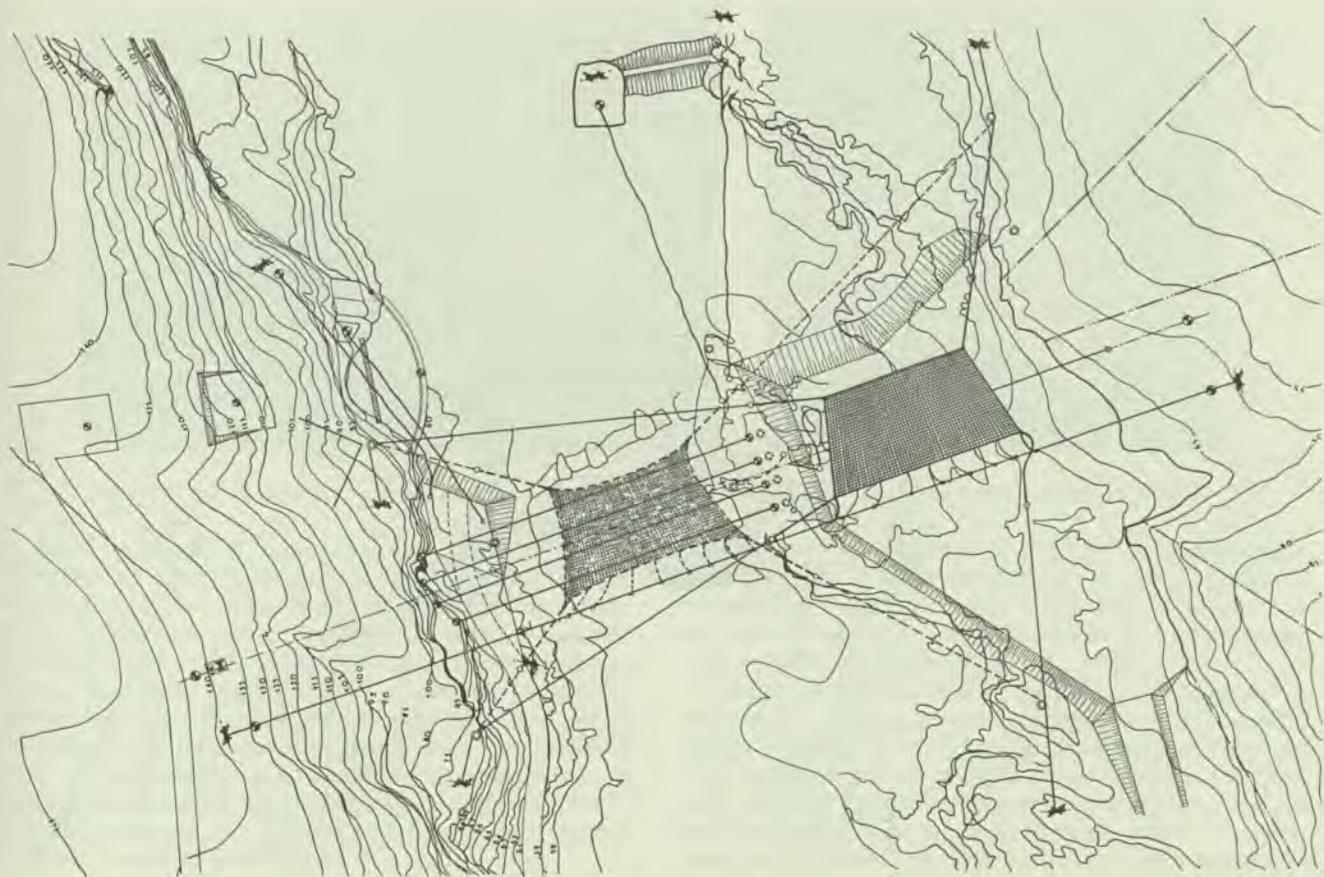


Fig. 42 — Primeira fase das operações de derivação

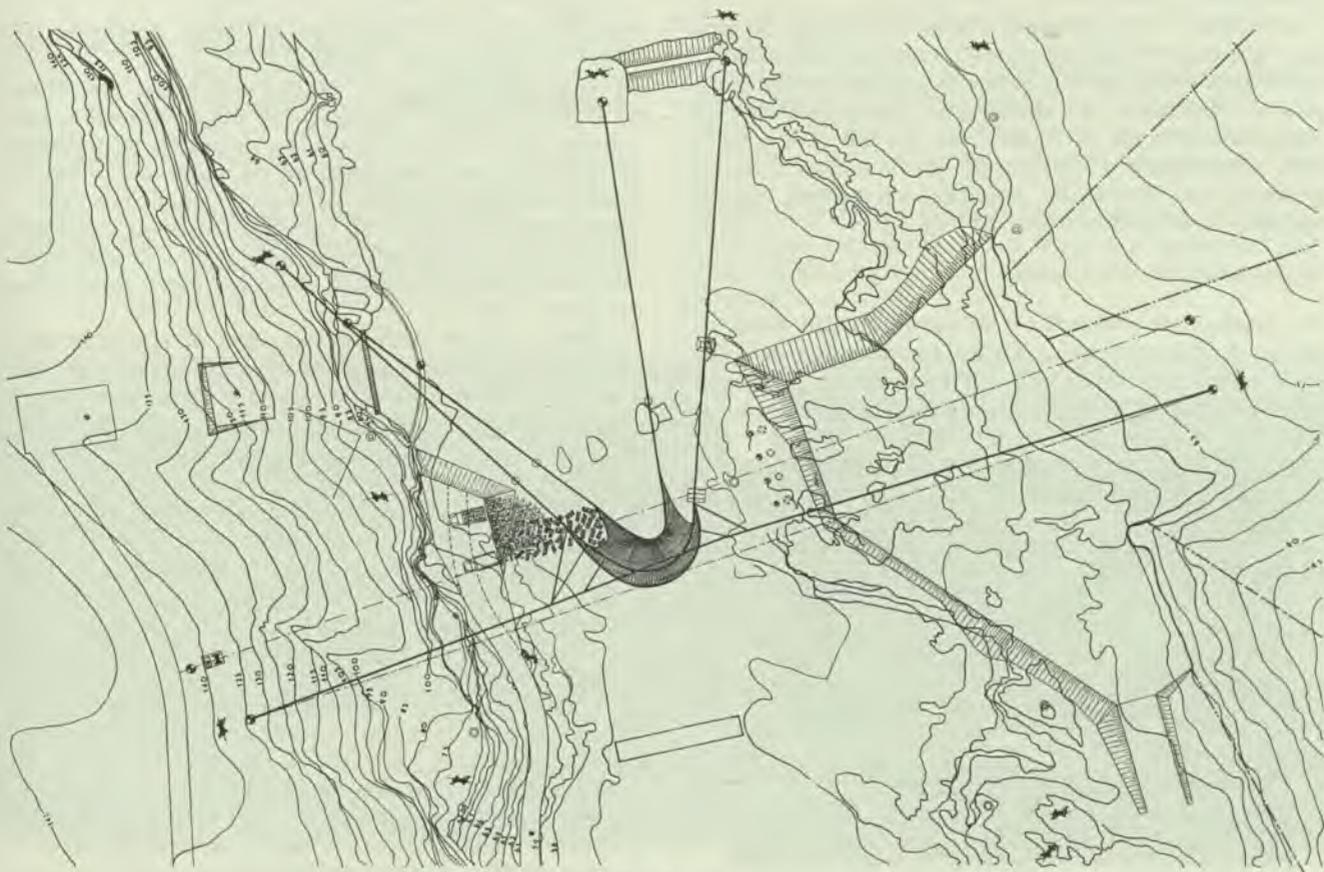


Fig. 43 — Segunda fase das operações de derivação

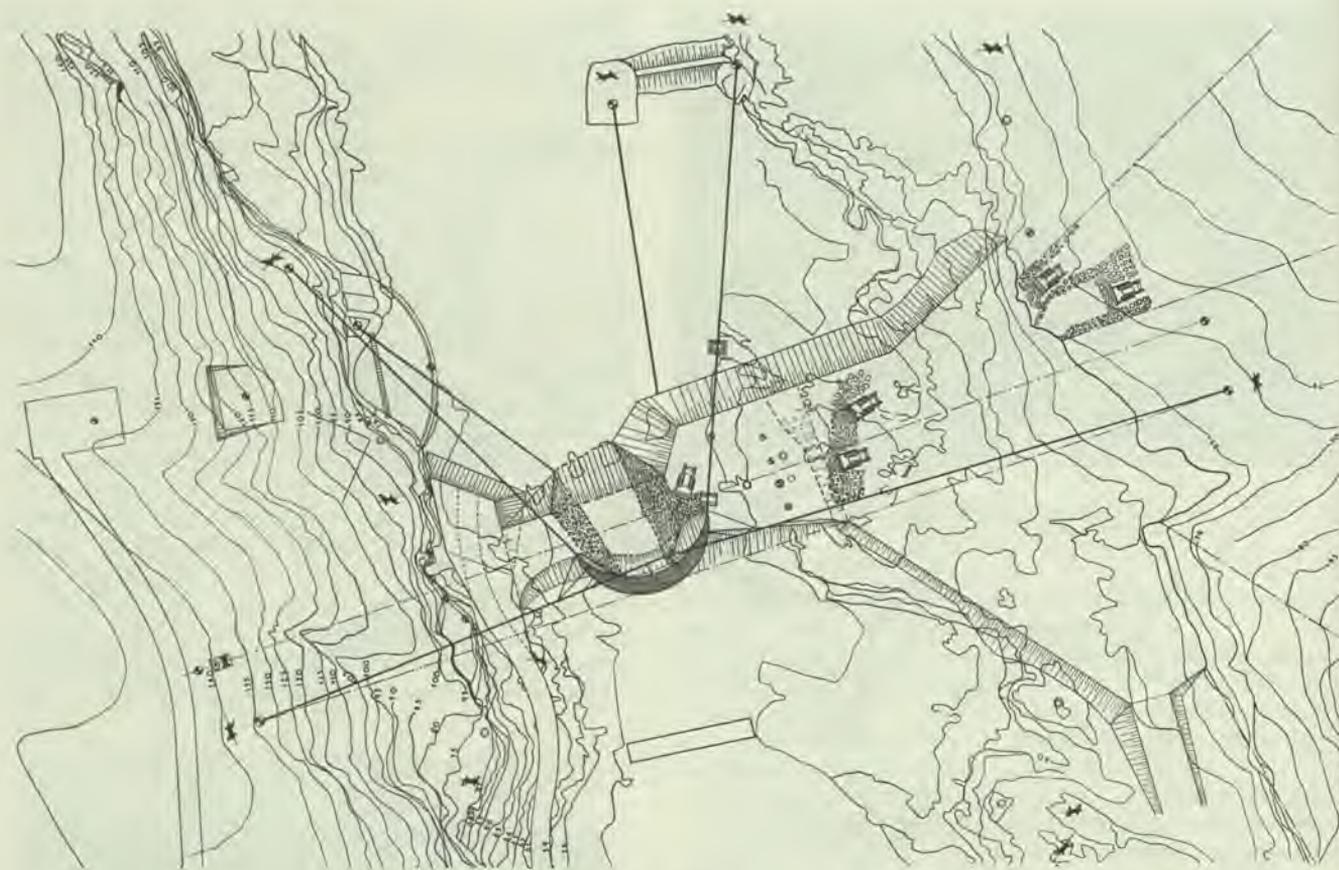


Fig. 44 — Terceira fase das operações de derivação

A assistência ao equipamento é feita nas oficinas do estaleiro que dispõem das máquinas-ferramentas necessárias. As oficinas foram também previstas para apoio das operações de montagem do equipamento electromecânico do aproveitamento; em particular, para a montagem e soldadura dos elementos das virolas das condutas forçadas, moldados na fábrica, foi instalado um pórtico rolante, equipado com 2 diferenciais de 10 t.

#### E) EXECUÇÃO DAS OBRAS

Os trabalhos de escavação e de protecção das bocas da galeria de desvio foram iniciados em Setembro de 1958, já no termo da estação seca, em concorrência difícil, por serem então ainda deficientes os meios e a organização do



Fig. 45 — Ensecadeira de estacas pranchas antes da entrada em serviço da galeria de desvio

empreiteiro, com o crescimento das águas do Cuanza no início da estação das chuvas.

As escavações da galeria ficaram concluídas em Junho de 1959 e as últimas betonagens no fim de Setembro, com 2 meses de atraso em relação ao programa de trabalhos que previa a execução completa do plano das obras de desvio na estiagem (período de Maio a Outubro) de 1959. Desse plano e da execução das suas sucessivas operações, que se desenvolveram em ritmo mais rápido do que o previsto e com êxito completo, dá-se um breve resumo nos parágrafos seguintes.

As obras de desvio compreendem, além da galeria de derivação, com capacidade para  $500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (Cap. IV, pág. 270), uma pré-ensecadeira de enrocamento e terras, uma ensecadeira definitiva de betão e uma galeria auxiliar de esgoto das infiltrações da pré-ensecadeira para a galeria de derivação (fig. 33).

A configuração irregular do leito e a grande velocidade da corrente levaram a que se fizesse um cuidadoso estudo, em modelo reduzido, do processo adoptado para a construção da pré-ensecadeira, a que pode atribuir-se originalidade e grande segurança.

Nas figs. 42, 43 e 44 estão esquematizadas as 3 fases sucessivas da operação de desvio.

Na primeira fase, depois da remoção da ensecadeira (fig. 45) da boca da galeria de desvio, foi lançada sobre o rio, deslizando sobre cabos transversais e suspensa de um cabo catenária móvel, uma rede de malha rectangular (malha de 300 mm de lado e cabos de 10 mm e 12 mm de diâmetro) que foi em seguida amarrada para montante (fig. 42).

Na segunda fase os cabos de deslização foram retirados e a rede mergulhada; para assegurar a descida da rede até



Fig. 46 — Pilar de betão a derrubar para retenção da corrente. Fig. 47 — Pré-enscadeira. Impermeabilização com terras a montante

ao fundo previu-se o lançamento de «gabions» com o «blondin». O pilar, P, construído num esporão rochoso da margem esquerda (fig. 46) com altura correspondente ao vão do rio nesse perfil, foi derrubado, tendo-se formado um regolho na zona de lançamento da rede, com a consequente diminuição de velocidade e aumento do caudal escoado pela boca da galeria de derivação (fig. 43).

Na terceira fase procedeu-se ao lançamento, com «bulldozers», dos enrocamentos acumulados na plataforma da margem esquerda, até ao fecho completo (figs. 44 e 47).

A rápida sucessão das diversas operações traduz bem a eficiência da solução adoptada.

- 5 de Outubro — Com a remoção da enscadeira da boca da galeria de derivação começa a passar por esta um caudal de cerca de  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .
- 7 de Outubro — O caudal desviado sobe para cerca de  $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , depois de derrubado o pilar e de mergulhada a rede (o caudal afluente era de  $173 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).
- 8 de Outubro — O rio fica cortado às 17 h 30 m, cerca de 22 horas depois de se ter iniciado o lançamento dos enrocamentos.
- 12 de Outubro — A colocação de saibro a montante reduziu o caudal das infiltrações a  $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Haviam sido lançados cerca de  $12\,000 \text{ m}^3$  de enrocamentos, 1000 «gabions» e perto de  $4000 \text{ m}^3$  de saibro, utilizando 1 escavadora de  $1,8 \text{ m}^3$ , 3 pás Eimco 105, 4 camiões basculantes de  $8 \text{ m}^3$ , 7 «dumpers» de  $4 \text{ m}^3$  e 4 «bulldozers», 1 Eimco e 3 Caterpillar D8.

Ao abrigo da pré-enscadeira concluiu-se a construção da enscadeira definitiva de betão, estrutura mista formada por um muro em contrafortes, já anteriormente executado sobre o leito maior da margem esquerda, e por uma abóbada delgada, vencendo o leito menor do rio (figs. 33 e 40). Para não atrasar a execução da abóbada, iniciou-se a betonagem das fundações sobre materiais aluvionares depositados numa cavidade profunda do leito rochoso, que foram ulteriormente consolidados por injeções de cimento. A betonagem da abóbada, iniciada em 16 de Outubro, ficou concluída em princípios de Dezembro, sendo então de  $360 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  o caudal do rio.

Na segunda quinzena de Dezembro, quando o caudal afluente ultrapassou a capacidade da galeria de derivação, a comporta foi descida e o rio retomou o seu curso através dos rápidos de Cambambe, galgando a enscadeira de betão.

Entretanto haviam-se efectuado escavações nas fundações da barragem, no leito do rio, e iniciado a construção dos pilares dos «derricks» e da ponte de serviço para a execução dos betões.



Fig. 48 — Estaleiro da barragem durante o período de águas altas em 1961.  
Fig. 49 — Orifícios na base dos blocos para vazão do caudal em período de águas altas



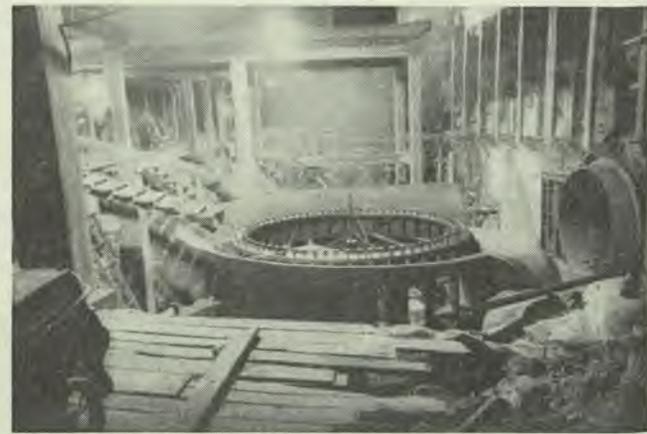
Figs. 50 e 51 — Aspectos dos blocos no fim de Outubro de 1961

Isolada a galeria de desvio retomou-se aí a execução dos betões complementares, no revestimento dos hastiais e na zona da comporta sector, para a adaptação a descarga de fundo. Terminada a época das chuvas, quando os caudais do Cuanza desceram novamente, a galeria, então já com a sua forma definitiva, voltou a servir para o desvio do rio.

O reconhecimento, durante as escavações para a fundação da barragem, de acidentes tectónicos que não haviam sido detectados anteriormente (Cap. IV, pág. 265) determinou a necessidade de estudos geológicos complementares, antes do início da execução dos betões. Perdeu-se assim para as

betonagens grande parte da estiagem de 1960, de modo que, quando em fins de Novembro a ensecadeira foi galgada, os blocos centrais estavam ainda muito baixos para emergirem da corrente cujo caudal se manteve superior à capacidade da galeria de desvio — cerca de  $500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  — durante o longo período de águas altas de 1961 (fig. 48) em que ocorreu a maior cheia —  $2350 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  — até agora registada no rio Cuanza.

Entretanto, na medida em que o permitia o avanço dos trabalhos especiais de consolidação, prosseguiu a betonagem nos blocos marginais, depois de ter sido revisto o projecto



Figs. 52 e 53 — Caverna da central. Aspectos da execução dos betões e da instalação do equipamento hidráulico em Outubro de 1961

da barragem de modo a obter-se melhor inserção e maior espessura nos encontros; destas alterações resultou um acréscimo apreciável das quantidades de trabalho, que excedeu 100%, do volume de escavação e 20% do betão da estrutura.

Só em Agosto o Cuanza pode ser desviado para início de uma nova fase de trabalhos no leito do rio, onde se impunha executar, durante a estiagem que se antevia excepcionalmente curta, a soleira da bacia de dissipação, o enchimento da caixa da grande falha na base da margem esquerda e, simultaneamente, o que era decisivo para o desenvolvimento ulterior dos trabalhos, subir com os blocos centrais, acima



Fig. 54 — Subestação. Aspectos da oficina e celas dos transformadores em Outubro de 1961

dos orifícios abertos na base (fig. 49) por forma a assegurar a descarga dos caudais em período das águas altas. Este último objectivo foi inteiramente atingido (figs. 50 e 51); os dois primeiros foram-no só em parte, contudo na medida conveniente para a segurança da obra.

A ensecadeira foi já galgada de novo, no princípio de Novembro, mas a execução dos betões em todos os blocos poderá agora prosseguir ininterruptamente.

Em Julho do próximo ano deverão ser retomados os trabalhos para a conclusão da bacia de dissipação e iniciadas as injecções das juntas da barragem; em Setembro, prevê-se que venha a efectuar-se o enchimento comandado da albufeira.

As obras subterrâneas agora já quase concluídas, foram escavadas, em grande parte, em formações rochosas graníticas duras, sob as séries sedimentares (o contacto situa-se acima da abóbada da caverna da central); as escavações têm aí prosseguido sem dificuldade, tendo sido removidos cerca de 200 000 m<sup>3</sup> de rocha.

Estão já em estado avançado os trabalhos de construção civil da caverna (fig. 52), de instalação do equipamento hidráulico (fig. 53), assim como a construção da subestação exterior (fig. 54).

Prevê-se que a central possa começar a produzir energia antes do fim do ano de 1962. A primeira linha de transporte, com a extensão de 200 km, destinada ao abastecimento da zona de Luanda, encontra-se também em fase adiantada de construção.

G. SARMENTO

*Engenheiro Civil*

CHEFE DO SERVIÇO DE APROVEITAMENTOS HIDROELÉTRICOS

P. C. AFONSO

*Engenheiro Civil*

CHEFE DA DIVISÃO DE ESTUDOS

SONEFA — SOCIEDADE NACIONAL DE ESTUDO E FINANCIAMENTO DE EMPREENDIMENTOS ULTRAMARINOS

## APRECIACÃO DE LIVROS

*Soldeo Blando*

Os soldadores de todas as partes do mundo estão familiarizados com o livro «Notes on Soldering», que pode ser adquirido pedindo-o ao «Tin Research Institute», de Londres, e aos seus escritórios noutros países. Foi ultimamente publicada uma tradução em espanhol deste livro, pelo «Departamento de Metales no Férreos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas» de Madrid. O Director desta Repartição, Dr. J. M. Sistiaga, diz num prefácio: «El Departamento se congratula de poder ayudar de esta manera a la realización de una labor informativa que esperamos sea de gran utilidad a los científicos y técnicos de habla hispana».

O citado livro contém 112 páginas de texto, incluindo 47 fotografias e gráficos. Reúne todos os aspectos da soldagem a estanho, inclusive a teoria e o desenho das juntas soldadas, as medidas primordiais a adoptar, o efeito de fusão e penetração das soldaduras sobre os metais, e as propriedades físicas de todos os tipos de soldaduras a estanho e juntas estanho-soldadas. Contém uma secção sobre a soldadura de aço inoxidável, alumínio, cromo e outros metais que requerem um tratamento especial, e pormenores práticos das técnicas da soldadura a estanho utilizadas numa grande variedade de indústrias. Há também uma secção que se ocupa da produção de juntas soldadas nos tubos de chumbo.