

MINISTÉRIO DA HABITAÇÃO, OBRAS PÚBLICAS E TRANSPORTES
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

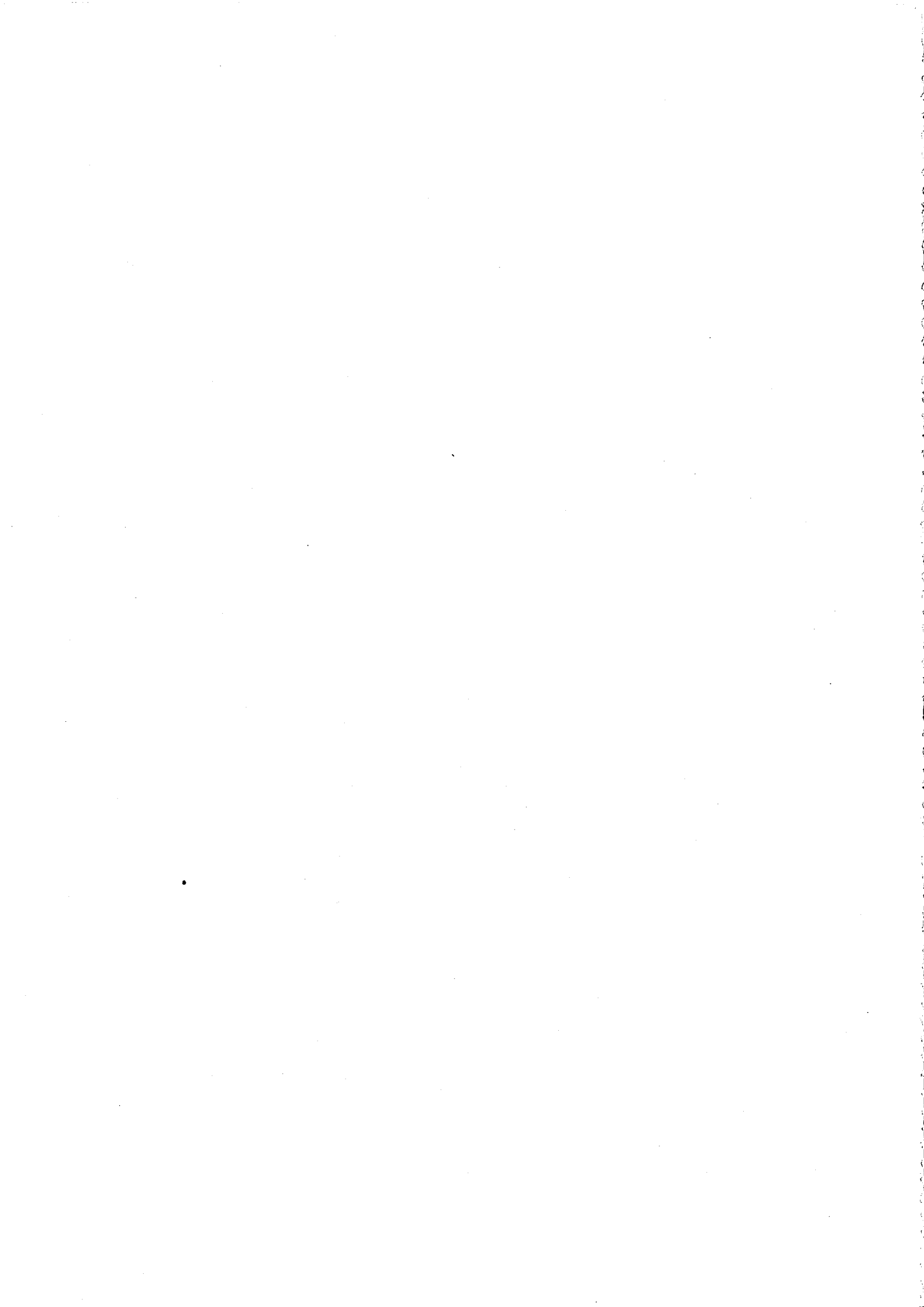
DEPARTAMENTO DE BARRAGENS
NÚCLEO DE OBSERVAÇÃO

Proc. 43/1/6373

PLANO DE OBSERVAÇÃO DA BARRAGEM DE PENHA GARCIA

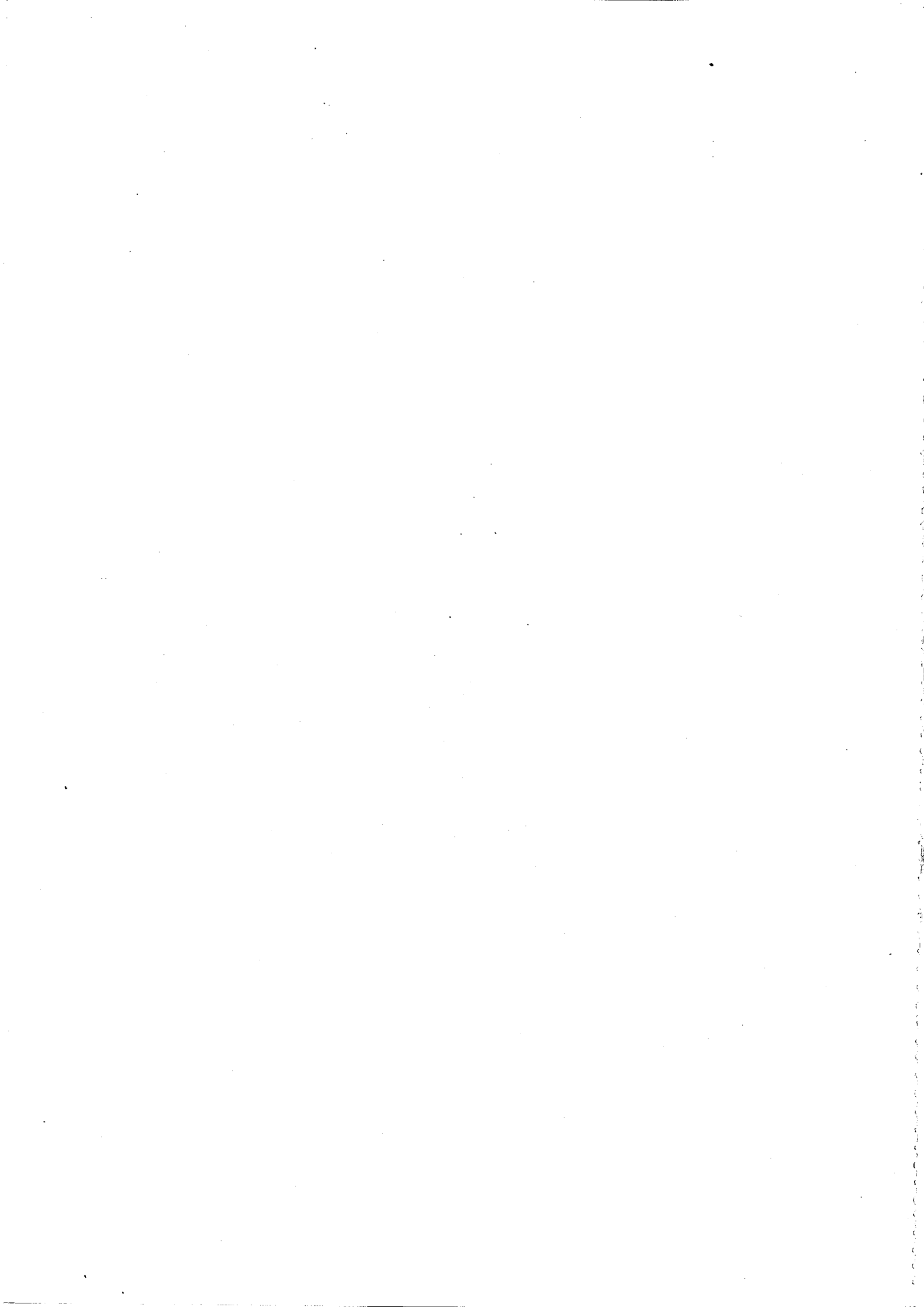
Trabalho realizado para a
DIRECÇÃO GERAL DOS RECURSOS E
APROVEITAMENTOS HIDRÁULICOS

LISBOA, DEZEMBRO DE 1981



ÍNDICE DO TEXTO

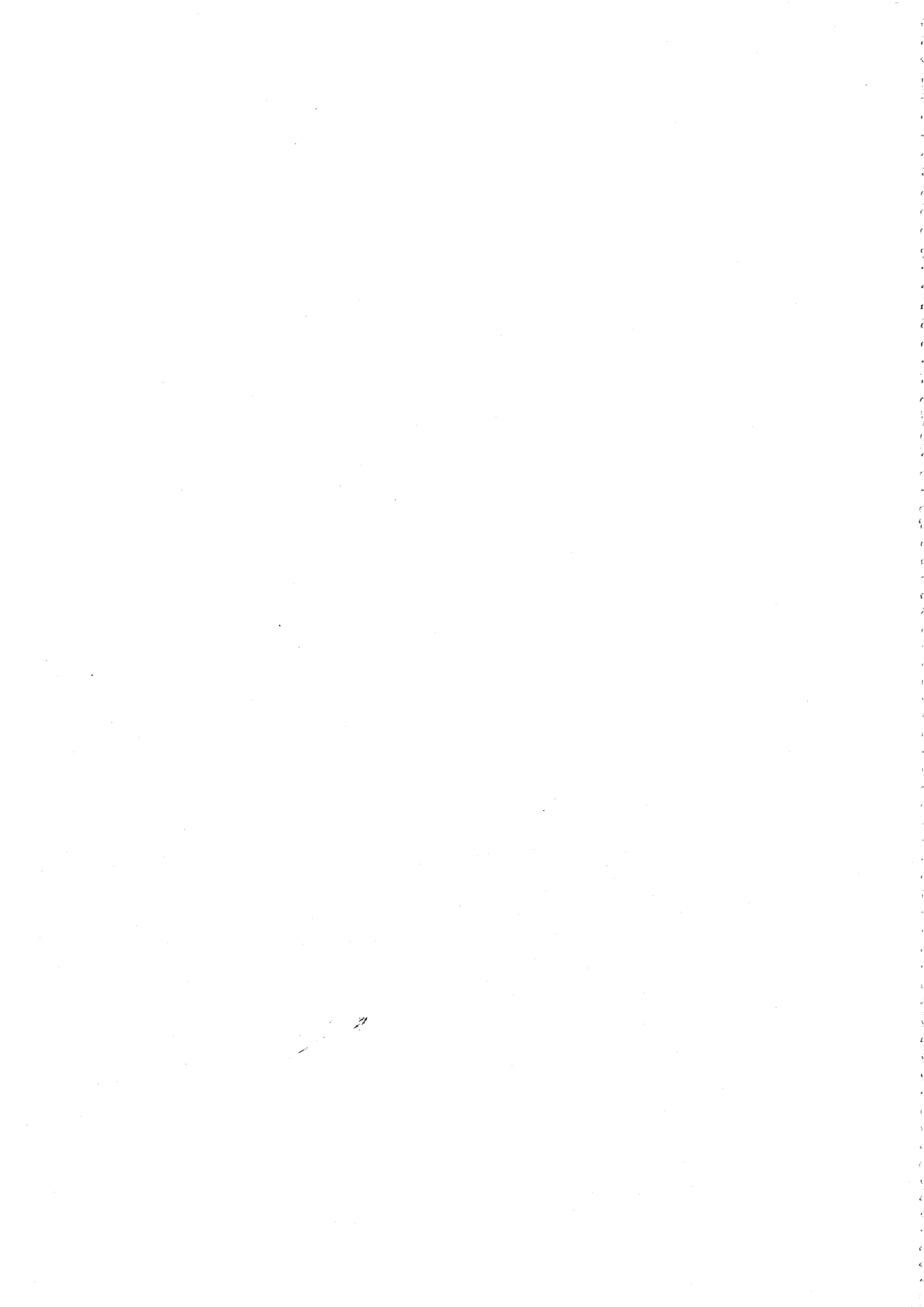
	Pág.
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - MEDIÇÃO DE MOVIMENTO DE ABERTURA E DESLIZAMENTO DE JUNTAS	1
3 - MEDIÇÃO DE SUBPRESSÕES	2
4 - MEDIÇÕES DE CAUDAIS DRENADOS E INFILTRADOS	3
5 - COLOCAÇÃO DOS APARELHOS	3
5.1 - Bases de alongâmetro	3
5.2 - Piezômetros	3
5.2.1 - Constituição dos piezômetros. Piezômetro duplo e piezômetro simples	3
5.2.2 - Montagem dos piezômetros	4
5.2.3 - Ensaio de verificação da montagem dos piezômetros	5
5.2.4 - Sistema de medição das subpressões e dos caudais dre nados pelos piezômetros	5
5.2.5 - Identificação das tomadas de subpressão. Piezômetros múltiplos	6
6 - PROGRAMA DE LEITURAS	6
ANEXO	9



ÍNDICE DAS FIGURAS

FIG.

- 1 - Barragem de Penha Garcia - Corte longitudinal (vista de jusante) - Localização das bases de alongâmetro.
- 2 - Barragem de Penha Garcia - Planta - Localização das bases de alongâmetro.
- 3 - Barragem de Penha Garcia - Corte longitudinal (vista de jusante) - Localização dos piezômetros e drenos.
- 4 - Barragem de Penha Garcia - Planta - Localização dos piezômetros e drenos.
- 5 - Corte dum bloco genérico. Localização dos piezômetros e drenos.
- 6 - Bases de alongâmetro.
- 7 - Piezômetro duplo.
- 8 - Tubos de piezômetros duplos.
- 9 - Obturador inferior.
- 10 - Obturador superior.
- 11 - Piezômetro simples.
- 12 - Dispositivo de limpeza dos tubos piezométricos.
- 13 - Dispositivo de fecho da boca do furo.
- 14 - Sistema de medição das subpressões e dos caudais drenados pelos piezômetros.
- 15 - Dispositivo de medição do nível de água nos piezômetros.
- 16 - Recipiente graduado.



PLANO DE OBSERVAÇÃO DA BARRAGEM DE PENHA GARCIA

1 - INTRODUÇÃO

A Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos (DGRAH), no seguimento de trocas de impressões havidas entre técnicos seus e do LNEC, solicitou, pelo seu ofício nº 515/DSOH - DEP, Procº nº 77, de 14 de Outubro de 1977, que o LNEC lhe propusesse quais as condições para a realização de estudos para observação do comportamento da barragem de Penha Garcia.

Pelo seu ofício nº 2145 de 13 de Abril de 1978, o LNEC deu resposta àquela solicitação, apresentando um plano de trabalhos, referido a um período inicial de cinco anos.

Esse plano mereceu o acordo de Sua Excelência o Secretário de Estado das Obras Públicas e da Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos, que requereu, pelo ofício 200/DPAH - DSOH, Procº nº 77/A de 10 de Maio de 1978, que o LNEC tomasse a seu cargo a observação da barragem de Penha Garcia por um período de cinco anos com início em 1 de Janeiro de 1978.

Começou então a ser elaborado o plano de observação da barragem, o qual constitui a matéria do presente relatório.

A observação da barragem de Penha Garcia consistirá na medição ao longo do tempo das seguintes grandezas:

- deslocamentos horizontais de alguns pontos do paramento de jusante pelo método geodésico
- deslocamentos verticais de pontos do coroamento por nivelamento geométrico de precisão
- abertura e deslizamento de juntas com alongâmetro
- subpressões com piezómetros
- caudais drenados

Apresenta-se em anexo o sistema de observação geodésica, que foi enviado pelo nosso ofício nº 2145 de 13 de Abril de 1978.

2 - MEDIÇÃO DE MOVIMENTOS DE ABERTURA E DESLIZAMENTO DE JUNTAS

O movimento das juntas (abertura e deslizamento) será observado nas galerias e coroamento da barragem, fig. 1 e 2, por meio

de alongâmetro, com bases dispostas em triângulo equilátero de que um lado é normal à junta.

3 - MEDIÇÕES DE SUBPRESSÕES

Para o estudo da percolação da água na fundação da barragem está prevista a medição de subpressões na fundação utilizando piezômetros equipados com manômetros a instalar na galeria geral de drenagem e no soco de jusante da fundação da barragem.

Prevê-se a utilização de dois tipos de piezômetros:

I) Os furos piezométricos tipo A, abertos em forma de pequenos leques, conforme fig. 3, 4 e 5, em secções radiais, com espaçamento de 6 m, entre furos de drenagem, de modo a poder-se controlar as subpressões existentes na zona de contacto da barragem com a fundação. Estes furos entrarão na fundação cerca de 1 m e serão equipados com piezômetros simples (de uma só câmara).

Os furos piezométricos com orientações e localização que se indicam a seguir, serão realizados:

P1 - a partir da galeria, na vizinhança do plano definido pelos furos de drenagem, contíguos, com uma orientação idêntica à da projecção dos furos de drenagem num plano radial;

P2 - a partir do soco e com uma orientação tal que a tomada de pressão fique sensivelmente a meia largura do bloco;

P3 - verticalmente, a partir do soco.

II) Nos planos intermédios aos anteriores abrir-se-ão furos piezométricos tipo B, conforme fig. 3, 4 e 5, equipados com piezômetros múltiplos de duas câmaras, que permitirão ter uma ideia sobre a subpressão média, quer na parte tratada da fundação, quer na parte não tratada. Estes furos ficarão colocados em planos radiais da barragem e a sua extremidade inferior ficará a 10 m de profundidade e a uma distância, de um terço da largura da base do bloco, da vertical que contém o paramento de montante e poderão, em caso de necessidade, funcionar como drenos suplementares à cortina de drenagem.

4 - MEDIÇÃO DE CAUDAIS DRENADOS E INFILTRADOS

Serão medidos os caudais debitados pelos drenos e pelas bicas — que serão realizadas na galeria geral de drenagem de modo a poder-se medir os caudais totais (drenado e infiltrado) das margens esquerda e direita e do leito do rio, os quais permitirão ter, em conjunto com as subpressões medidas, um melhor conhecimento da percolação através da fundação.

5 - COLOCAÇÃO DOS APARELHOS

5.1 - Bases de alongâmetro

Na colocação das bases de alongâmetro, fig. 6, deverá ter-se o cuidado de que os seus eixos sejam normais a um mesmo plano.

Para definição da posição das bases em relação às juntas deverá utilizar-se um cêrcea como a indicada na fig. 6 ou outra semelhante. Garantir-se-á, assim, um bom aproveitamento do campo de medida do alongâmetro.

5.2 - Piezômetros

5.2.1 - Constituição dos piezômetros. Piezômetro múltiplo e piezômetro simples

O piezômetro múltiplo (fig. 7) é essencialmente constituído por duas câmaras piezométricas limitadas por dois rolhões, superior e inferior, situados em diferentes zonas da fundação, donde partem tubos piezométricos (fig. 8) de tomada de pressão, ligados superiormente a um sistema de medição, que possibilita a leitura das subpressões no interior de cada câmara, por intermédio de manómetros colocados no soco de jusante, bem como dos respectivos caudais.

O rolhão inferior é constituído por um obturador montado nos tubos piezométricos (fig. 9) e encimado por uma zona de transição em areia e uma zona de calda de cimento com o comprimento adequado.

O rolhão superior, localizado já na zona de betão da barragem, é constituído por um obturador relativamente simples (fig. 10) e por uma coluna de argamassa com cerca de 30 cm de comprimento.

O piezômetro simples (fig. 11) é constituído por uma só câmara piezométrica ao longo do comprimento do furo, limitada superiormente por um rolhão de argamassa, através do qual passa o tubo pie

zométrico da tomada de pressão ligado ao sistema de medição de sub pressão e caudal.

5.2.2 - Montagem dos piezômetros

1 - Piezômetro duplo

Antes propriamente de se iniciar a montagem dos piezômetros, interessa fazer as seguintes operações de verificação:

- Certificar-se se as paredes do furo estão limpas utilizando para isso o dispositivo da fig. 12.
- Montagem dos tubos piezométricos no exterior do furo para verificação das respectivas ligações, dado que são constituídos por troços roscados de 2 m de comprimento.

Uma vez feitas estas operações inicia-se a montagem do piezômetro. Assim, (v. fig. 7), começa por colocar-se o tubo piezométrico relativo à câmara inferior, no qual previamente se montou o obturador, devendo por um lado assegurar-se a ligação perfeita entre os troços constituintes do tubo por meio de aperto conveniente das ligações e por outro a sua estanqueidade mediante a utilização dum produto vedante — os tubos piezométricos são perfurados na zona da respectiva câmara piezométrica.

Depois de colocado o tubo piezométrico, e para realização da respectiva câmara, começa por fixar-se o obturador às paredes do furo por intermédio da rotação do tubo piezométrico. Em seguida, e para a realização do rolhão inferior, introduz-se na zona suprajacente ao obturador uma coluna de areia de 10 cm sobre a qual irá ser injectada a calda de cimento necessária à construção do rolhão. Observa-se que a técnica utilizada para introdução de calda de cimento diferirá consoante o furo piezométrico possui, ou não, um caudal drenado elevado. No primeiro caso, a calda é deitada através de um tubo PVC em queda livre; no segundo caso, imediatamente após a introdução da calda de cimento, injectada a uma pressão conveniente no sentido ascendente, é montado na boca do furo piezométrico o dispositivo vedante da fig. 14 que impede o eventual arrastamento da calda de cimento injectada.

Para realização da 2.^a câmara piezométrica, coloca-se o segundo tubo piezométrico, monta-se o obturador superior, e preenche-se o espaço restante até à boca do furo com argamassa. Consoante a

existência ou não de caudal ao longo da parte superior do furo, usar-se-á ou não o dispositivo já referido de fecho da boca do furo.

11 - Piezômetro simples

Fazem-se com uma sonda ou com um super-martelo furos através das galerias e do soco de jusante, até uma profundidade de cerca de um metro na rocha. Em seguida introduzem-se tubos de ferro nestes furos até cerca de meio metro da ligação betão-rocha e selam-se. Às extremidades superiores dos tubos ligam-se manómetros que permitem a medição do valor da subpressão existente e portanto a obtenção da sua variação no tempo, para o que basta abrir a torneira superior em cada época. Esta montagem está esquematicamente representada na fig. 14.

5.2.3 - Ensaios de verificação da montagem dos piezômetros

Posteriormente à montagem dos piezômetros múltiplos, interessa verificar a "independência" hidráulica das duas câmaras piezométricas. Para este efeito realizar-se-ão ensaios de pressão, que consistem essencialmente em elevar a pressão duma das câmaras e verificar o seu efeito na outra câmara. Também um ensaio deste tipo será realizado posteriormente à montagem dos piezômetros simples, para verificação da efectiva realização da câmara piezométrica.

5.2.4 - Sistema de medição das subpressões e dos caudais drenados pelos piezômetros

O sistema de medição das subpressões e dos caudais a utilizar quer nos piezômetros simples quer nos piezômetros múltiplos (fig.14), é adaptado aos estudos de tomada de pressão, à saída da boca dos furos, sendo necessário, obviamente, 2 sistemas no caso do piezômetro duplo e um no caso do piezômetro simples. Este sistema, fundamentalmente constituído por um manómetro, uma torneira de purga e uma válvula de passagem, permite por um lado medir as subpressões e por outro medir os caudais drenados no piezômetro.

O tipo de manómetro que será usado nos piezômetros — terá um campo de medida de 3 kgf/cm^2 , sendo a sua menor divisão correspondente a $0,1 \text{ kgf/cm}^2$.

Nos piezômetros em que se verifiquem as subpressões nulas será medido o nível de água no furo piezométrico por meio da técnica habitual (fio introduzido no furo), ou por intermédio do dispositivo, que se aconselha, representado na fig. 15.

A medição dos caudais drenados pelos piezômetros será efectuada segundo a técnica habitual da recolha de água para um recipiente graduado (fig. 16), de capacidade de 5 litros. No caso de caudais elevados (5 l/min) será com um cronómetro marcado o tempo que leva a encher o recipiente. No caso de caudais inferiores a 4 l/min será recolhida a água no recipiente durante um minuto.

5.2.5 - Identificação das tomadas de superfície. Piezômetros múltiplos

Para identificação das tomadas de pressão relativas a cada uma das câmaras piezométricas, usar-se-á o critério de pintar a amarelo o sistema de medida relativo à câmara inferior e a vermelho o relativo à câmara superior.

6 - PROGRAMA DE LEITURAS

As leituras das bases de alongâmetro, piezômetros e drenos serão efectuadas semanalmente para níveis correspondentes a um regime de exploração normal da albufeira. Nos períodos em que haja variações intensas e rápidas do nível da água, serão mais frequentes, conforme programa a definir futuramente.

No que se refere às medições geodésicas, já se realizou, após a instalação do dispositivo, uma campanha de medições inicial e prevê-se a realização de mais duas campanhas durante o primeiro enchimento. No ano seguinte serão efectuadas duas campanhas, para níveis de exploração máximo e mínimo, e a partir daí, uma medição anual.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Dezembro de
1981

José Luís Pinto Soares de Pinho

José Luís Pinto Soares de Pinho
Engenheiro Assistente de Investigação

VISTOS

O Engenheiro Especialista, Chefe do
Núcleo de Observação

Carlos Alberto Florentino

Carlos Alberto Florentino

O Engenheiro Investigador, Chefe do
Departamento de Barragens

Antônio Ferreira da Silveira

Antônio Ferreira da Silveira

VISTO

o Engenheiro Director

J. Ferry Borges

J. Ferry Borges



ANEXO



BARRAGEM DE PENHA GARCIA
DISPOSITIVO DE OBSERVAÇÃO GEODÉSICA

I - DETERMINAÇÃO DE DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS

Com base em dois pilares, P_D e P_E , a construir a jusante da obra, serão determinadas as componentes horizontais dos movimentos de 10 pontos distribuídos criteriosamente pelo paramento de jusante da barragem e materializados por marcas de pontaria concêntricas do tipo Wild (fig. A1).

A construção dos 2 pilares de observação, nos locais definitivos a estabelecer oportunamente pelo LNEC, ficará a cargo da Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos e respeitará as indicações insertas na fig. A2 que se junta.

As posições das marcas de pontaria são representadas na fig. A1 anexa (onde se referem as respectivas cotas) e a sua fixação será também efectuada pela D.G.R.A.H.

II - DETERMINAÇÃO DE DESLOCAMENTOS VERTICAIS

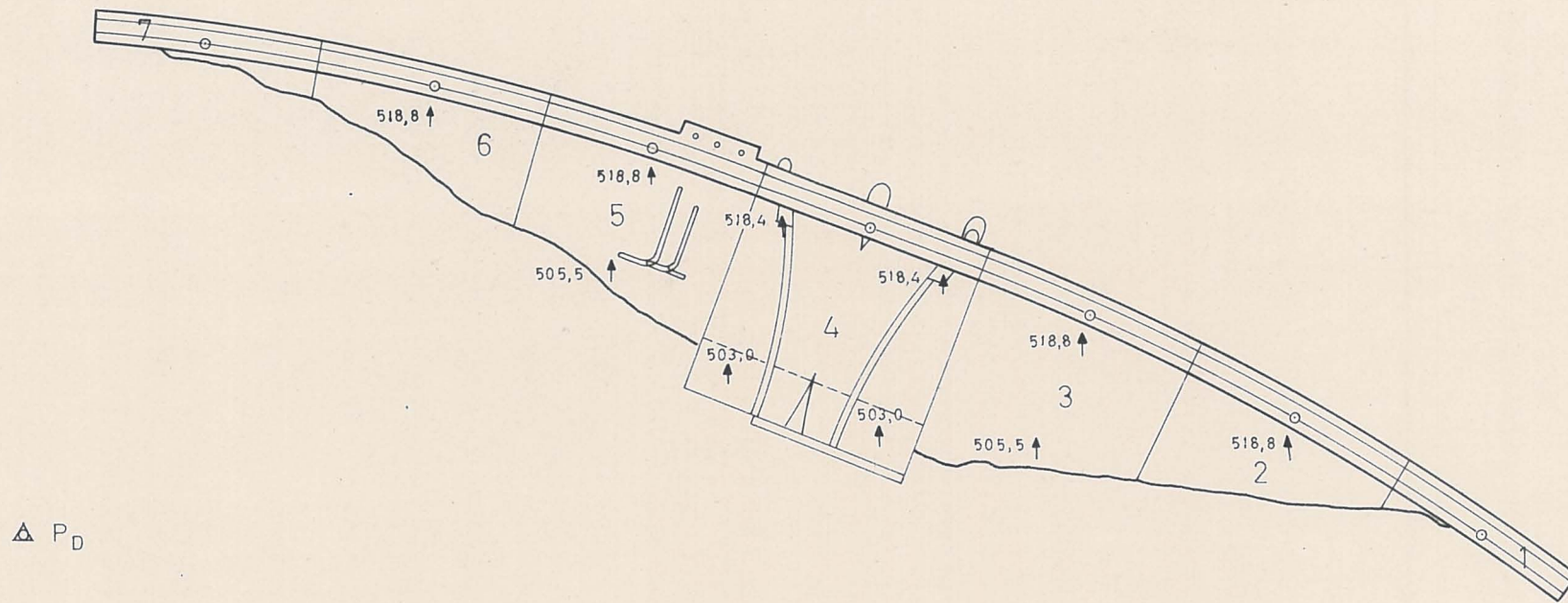
Por recurso a nivelamento geométrico de precisão, serão determinados os deslocamentos verticais de 7 pontos situados no coroa - mento e a meio dos blocos (fig. A1).

A colocação das referências de nivelamento será feita ainda pela Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos.

NOTA:

O LNEC fornecerá as peças de centragem forçada a colocar nos topos dos pilares, as marcas de pontaria e as referências de nivelamento.





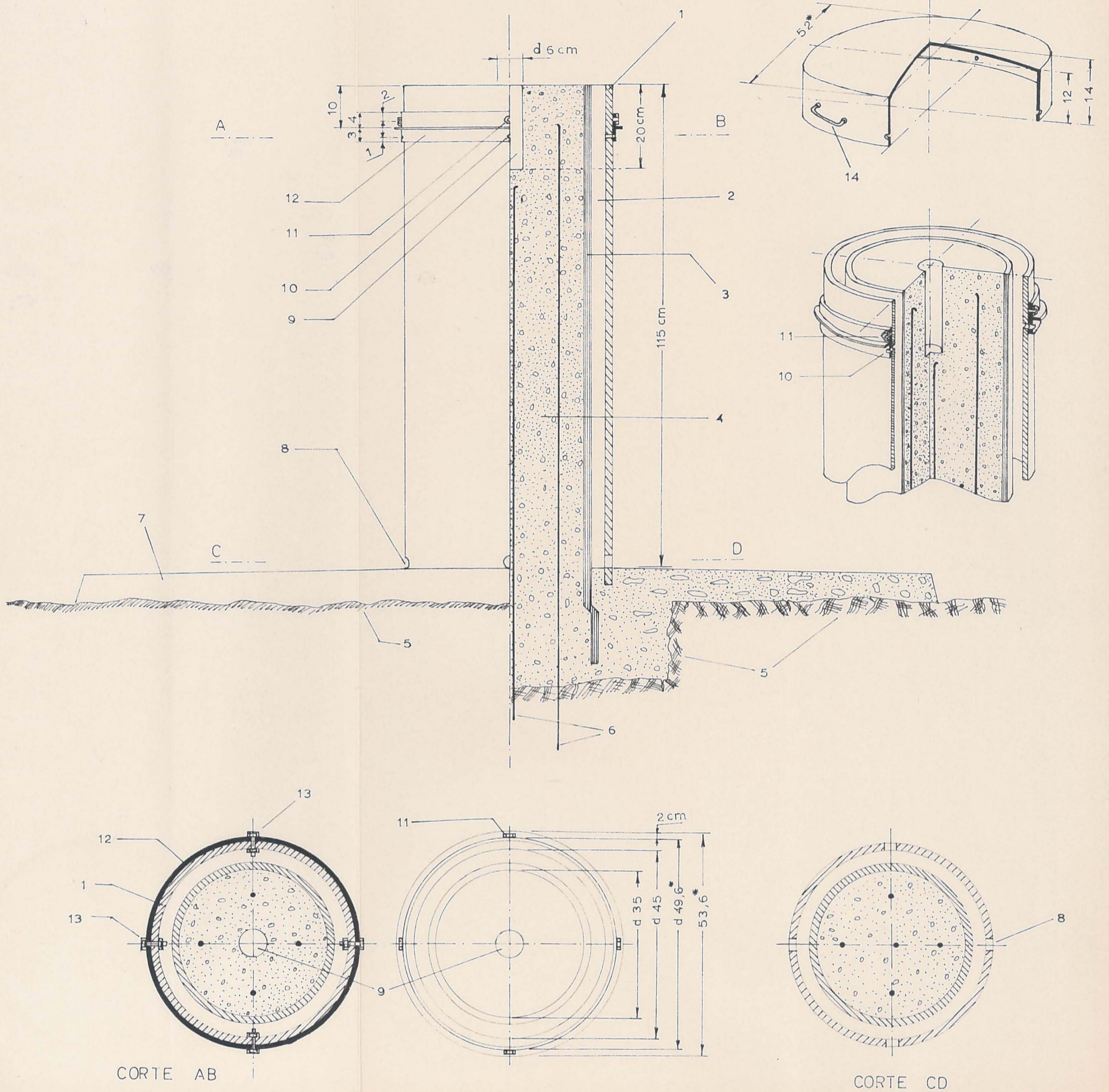
M. O. P.
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

BARRAGEM DE PENHA GARCIA
DISPOSITIVO DE OBSERVAÇÃO GEODÉSICA

CONVENÇÕES

- △ Pilar de observação (localização aproximada)
- ↑ Marca de pontaria (com indicação da cota)
- Referência de nivelamento geométrico de precisão

ESCALA 1/500



NOTA : As cotas assinaladas com * foram calculadas com base na espessura da manilha exterior igual a 2 cm. e na da manga metálica igual a 0,3 cm..
Variando estas espessuras, as referidas cotas variam do mesmo valor e sinal.

LEGENDA :

- | | | |
|--|--|---|
| <p>1 manilha exterior.
2 caixa de ar.
3 manilha interior.
4 enchimento com betão armado muito bem vibrado.
5 rocha.
6 varões em ferro.
7 sapata.
8 orifícios de ventilação, com cerca de 4 cm de diâmetro.</p> | <p>9 cavidade para colocação da peça de centragem forçada.
10 orifício para os parafusos de fixação da manga metálica à manilha exterior.
11 porca soldada à manga para fixação da tampa.
12 manga metálica.</p> | <p>13 parafuso e porca de fixação da manga à manilha.
14 pega da tampa (com duas pegas)</p> |
|--|--|---|

ESCALA : 1 : 10

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

PILAR DE OBSERVAÇÃO

(FUNDADO SOBRE ROCHA)

FIGURAS

ALÇADO DE JUSANTE

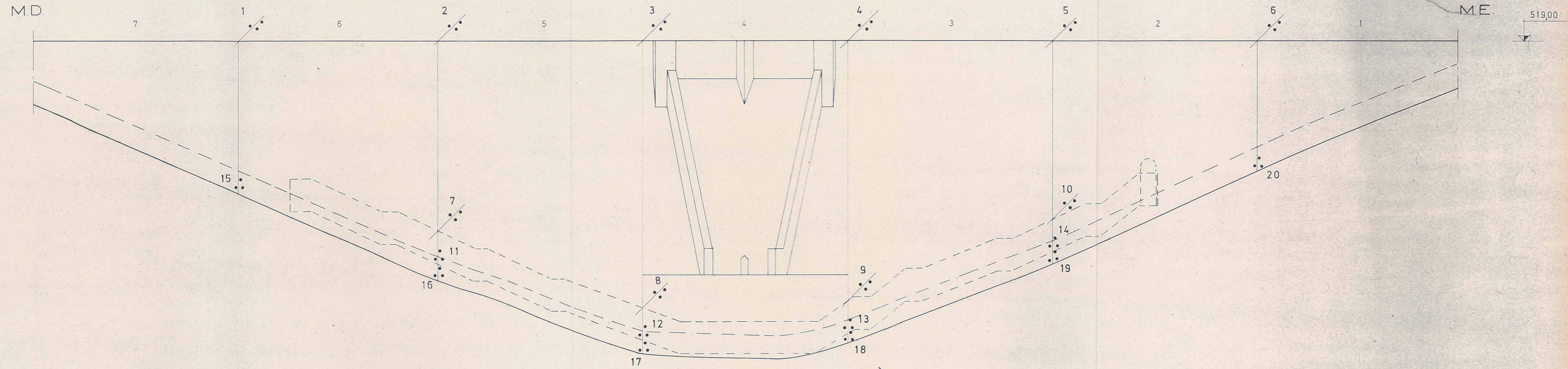


Fig.1- Barragem de Penha-Garcia.-Localização da aparelhagem de observação- Bases de alongâmetro.

PLANTA

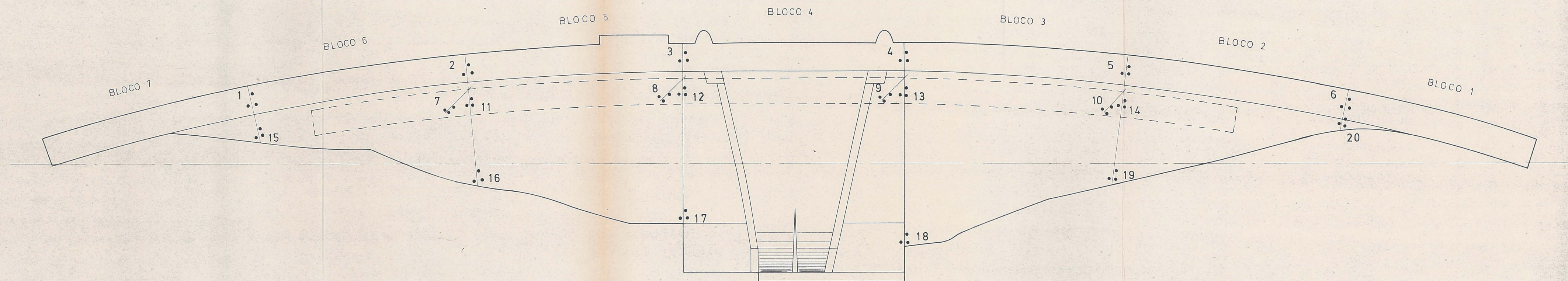


Fig. 2— Barragem de Penha-Garcia.—Localização da aparelhagem de observação.— Bases de alongâmetro.

ALÇADO DE JUSANTE

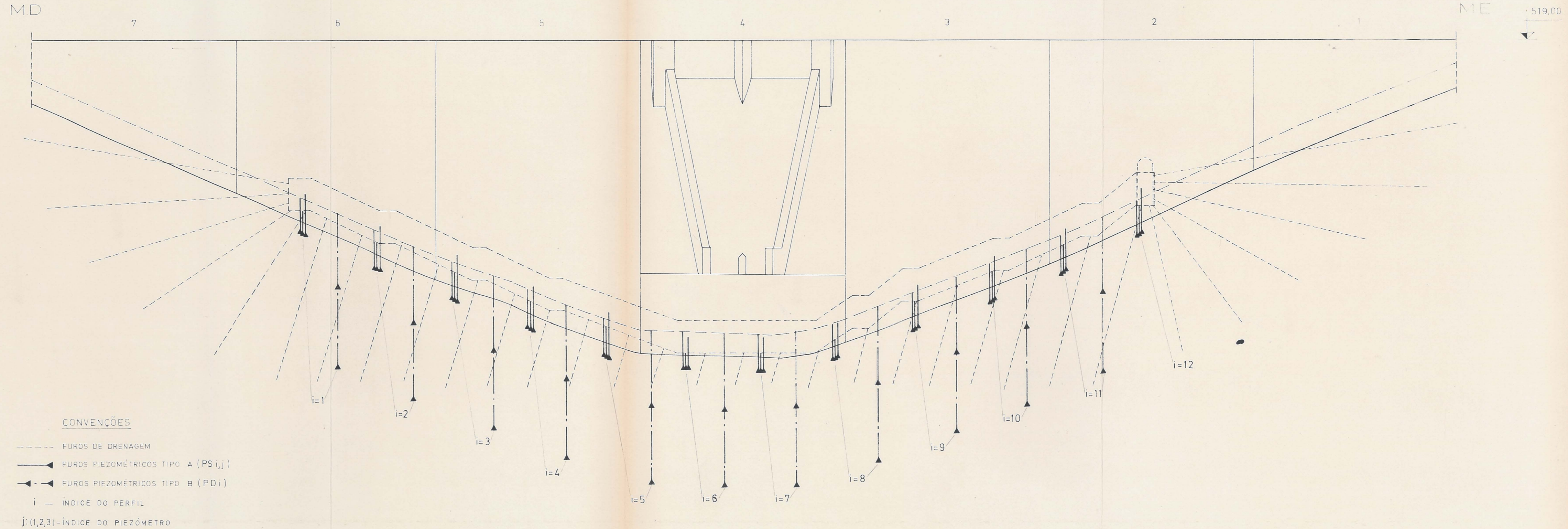
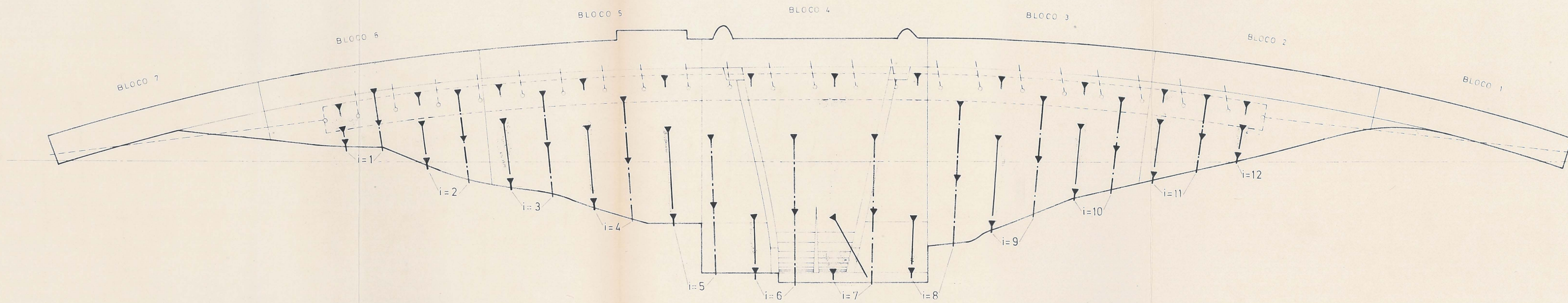
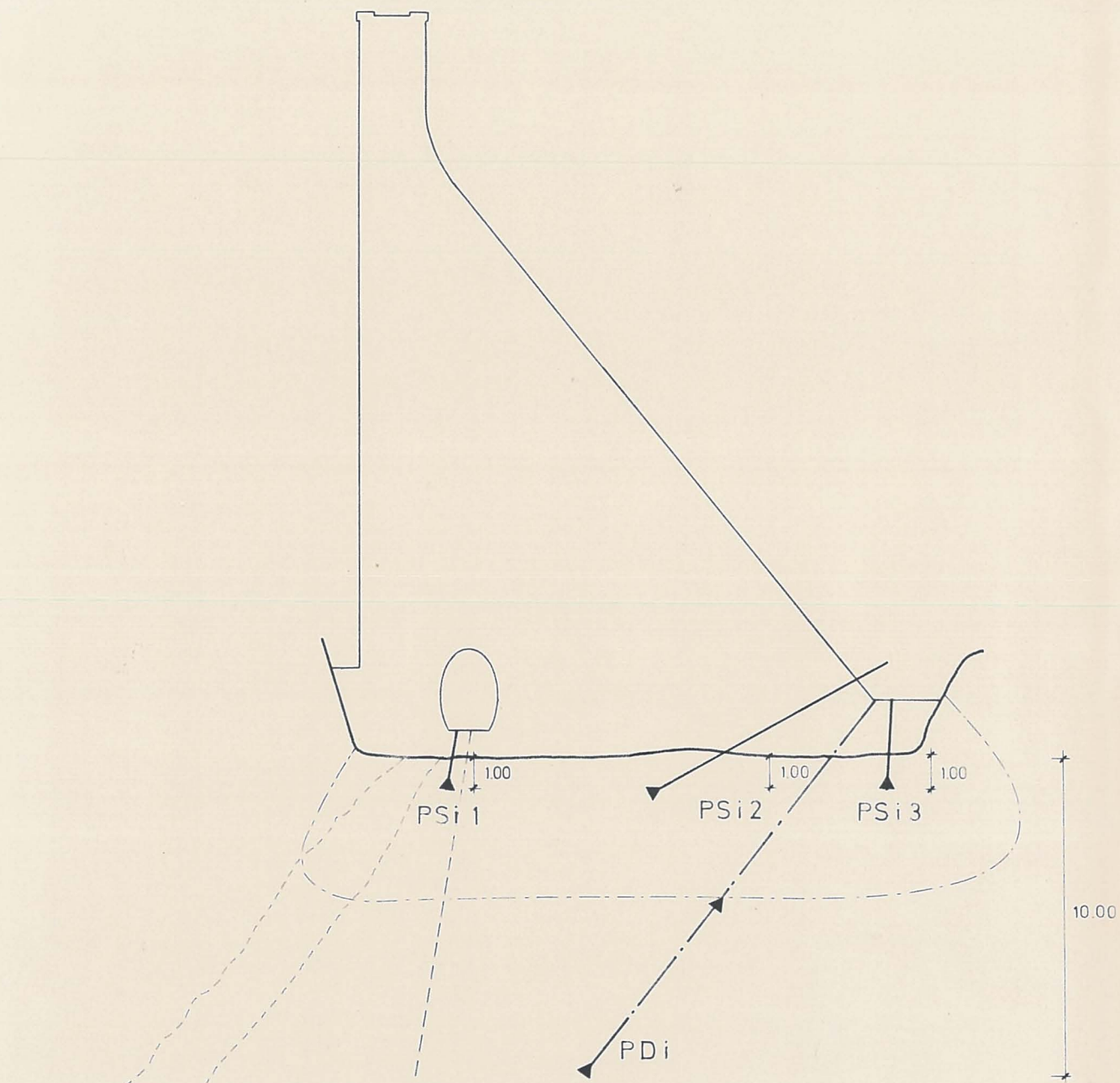


Fig.3 — Barragem de Penha-Garcia. — Localização da aparelhagem de observação. — Piezómetros.



- CONVENÇÕES
- — FURROS DE DRENAGEM
 - ▶ FURROS PIEZOMÉTRICOS TIPO A ($PS_{i,j}$)
 - ◀ — FURROS PIEZOMÉTRICOS TIPO B (PD_i)
 - i — ÍNDICE DO PERFIL
 - j : (1,2,3) — ÍNDICE DO PIEZÓMETRO

Fig. 4 — Barragem de Penha-Garcia — Localização da aparelhagem de observação. — Piezómetros.

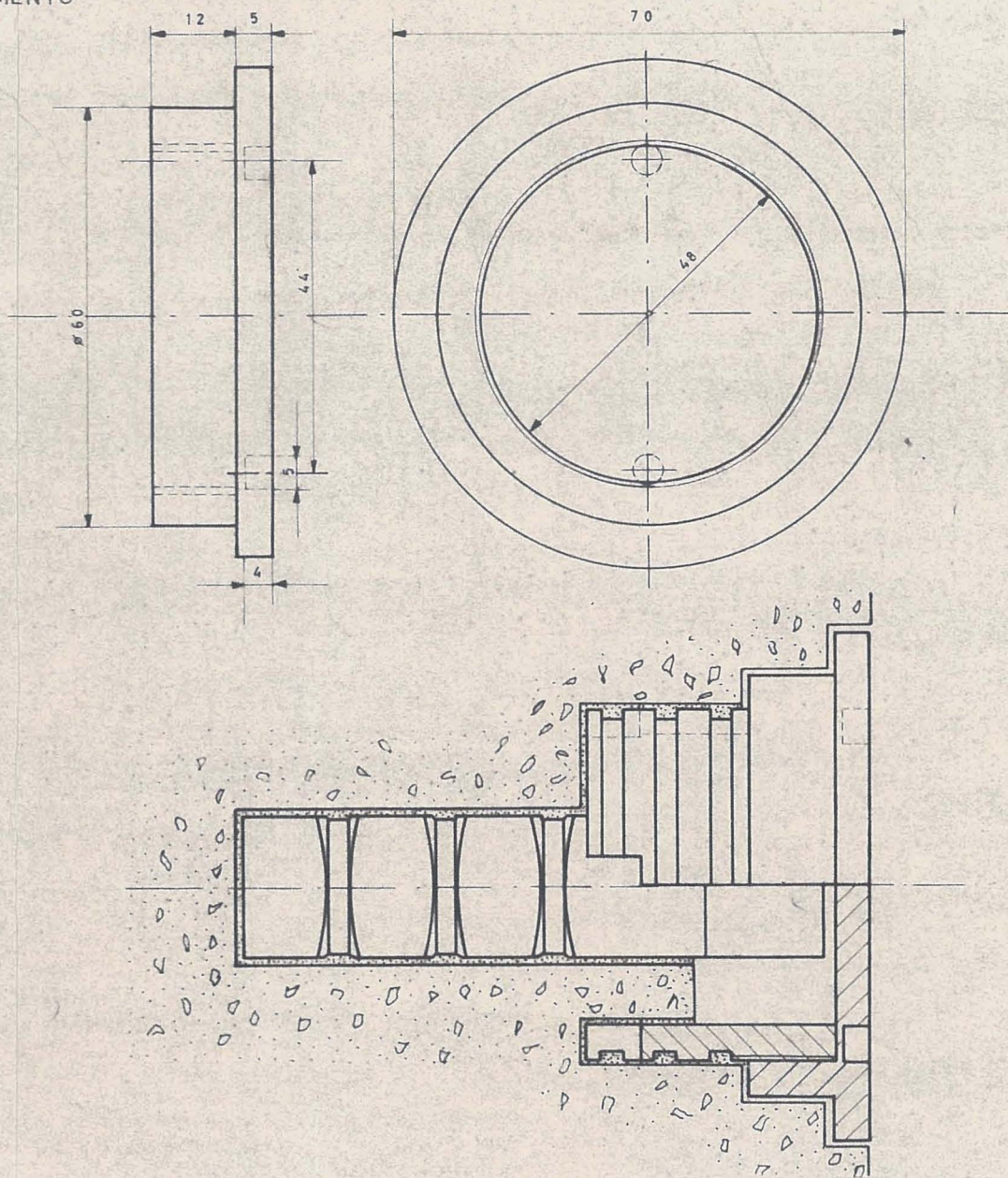
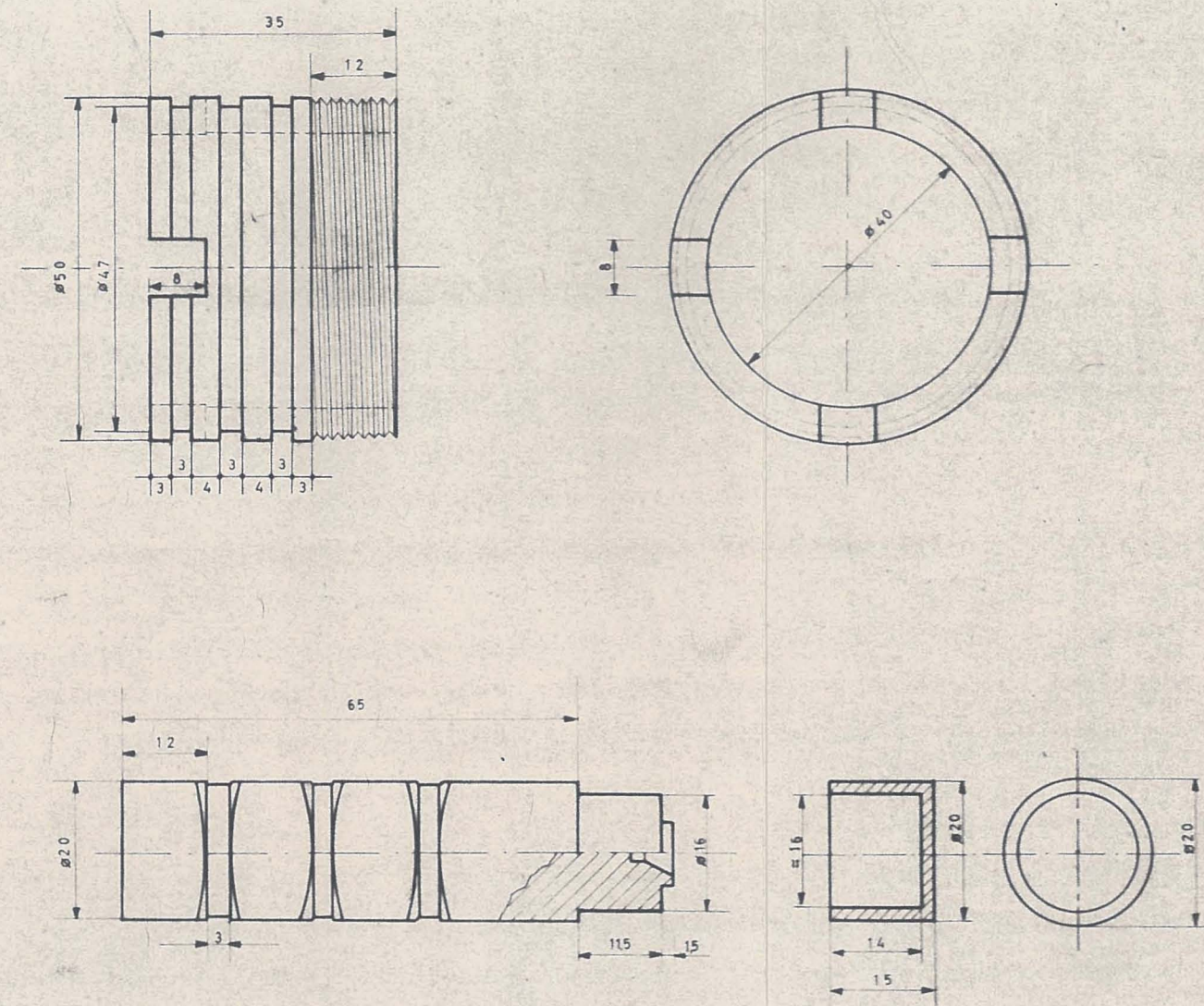


CONVENÇÕES

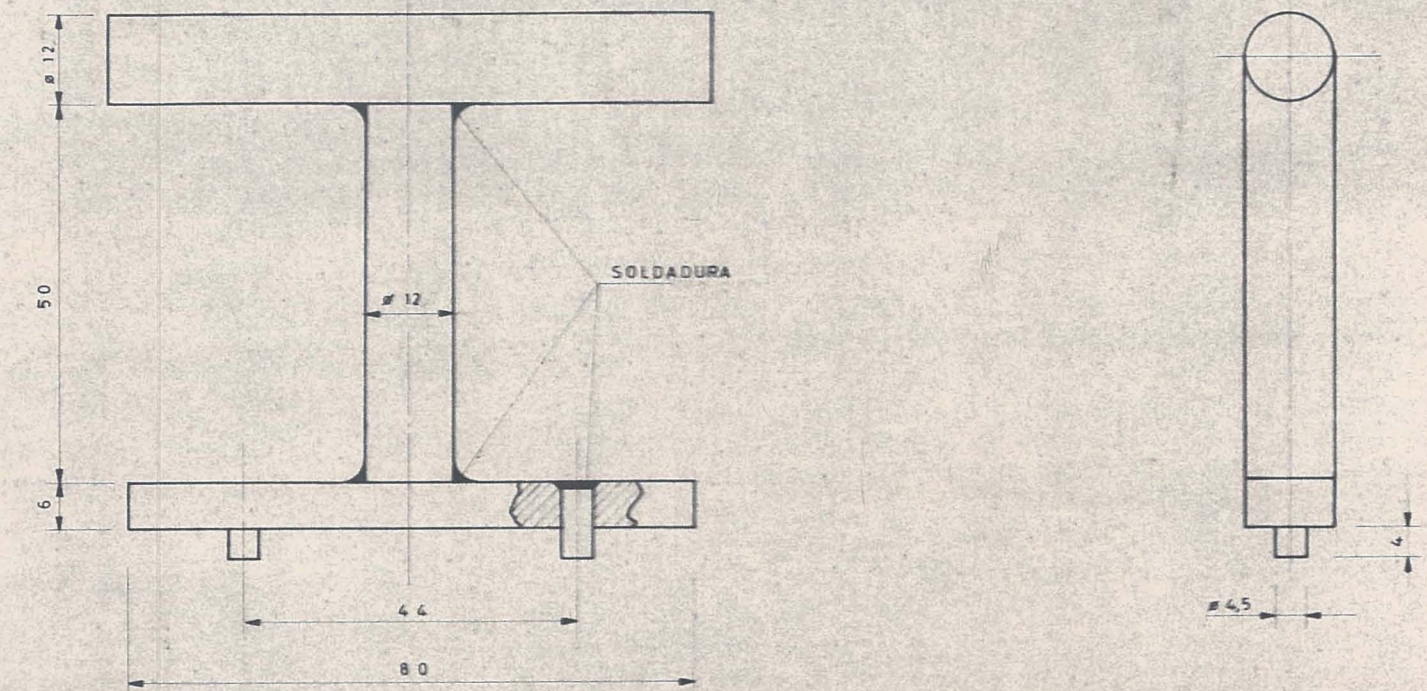
- FUROS DE DRENAGEM
- ▶ FUROS PIEZOMÉTRICOS TIPO A (PSi j)
- ▶—— FUROS PIEZOMÉTRICOS TIPO B (PDi)
- i — ÍNDICE DO PERFIL
- j:(1,2,3) — ÍNDICE DO PIEZÓMETRO

Fig. 5 – Barragem de Penha-Garcia. – Localização da aparelhagem de observação. – Piezómetros.

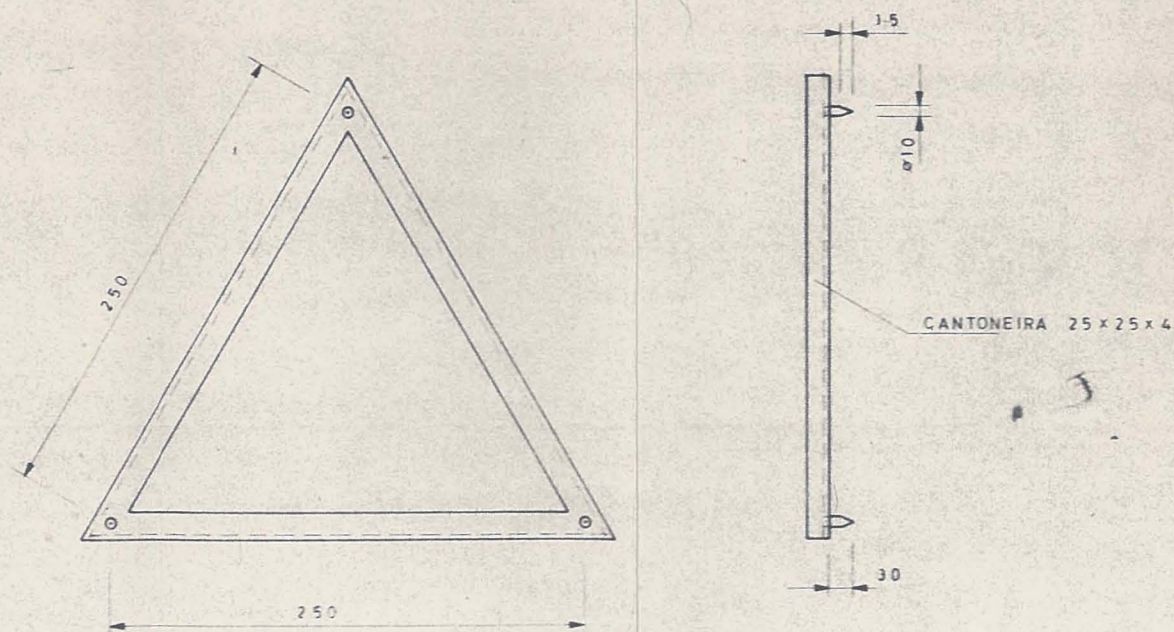
BASES DE ALONGÂMETRO DO COROAMENTO



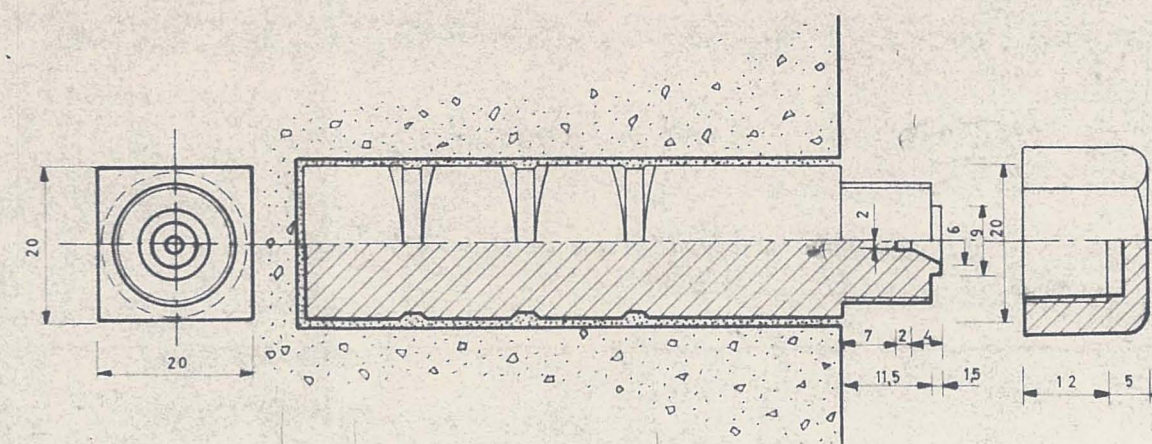
CHAVE PARA AS BASES DO COROAMENTO



TRIÂNGULO PARA MONTAGEM DAS BASES



BASES DE ALONGÂMETRO NO PARAMENTO



ESCALA : 1/1

Fig.6 - Bases de alongâmetro

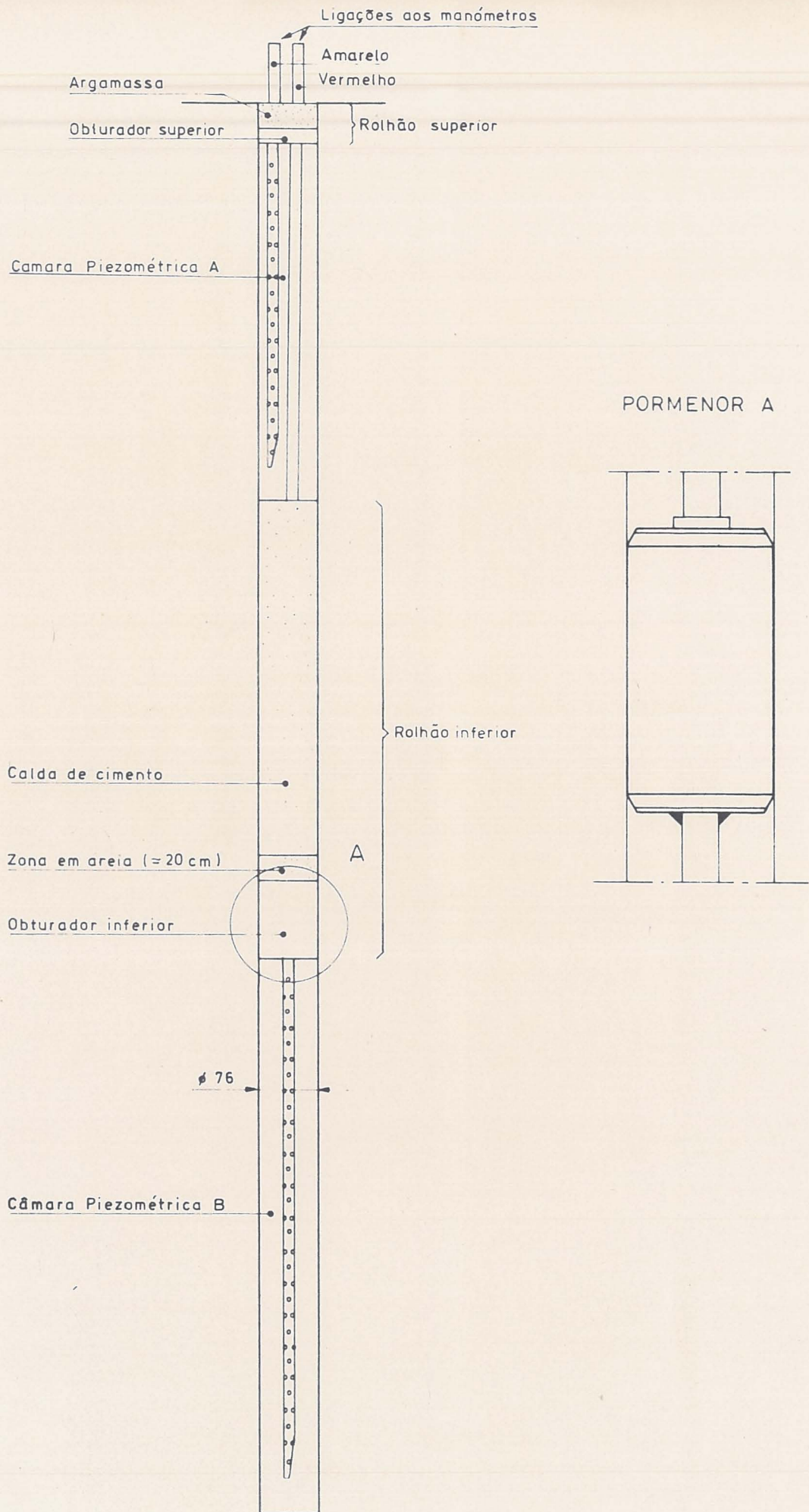
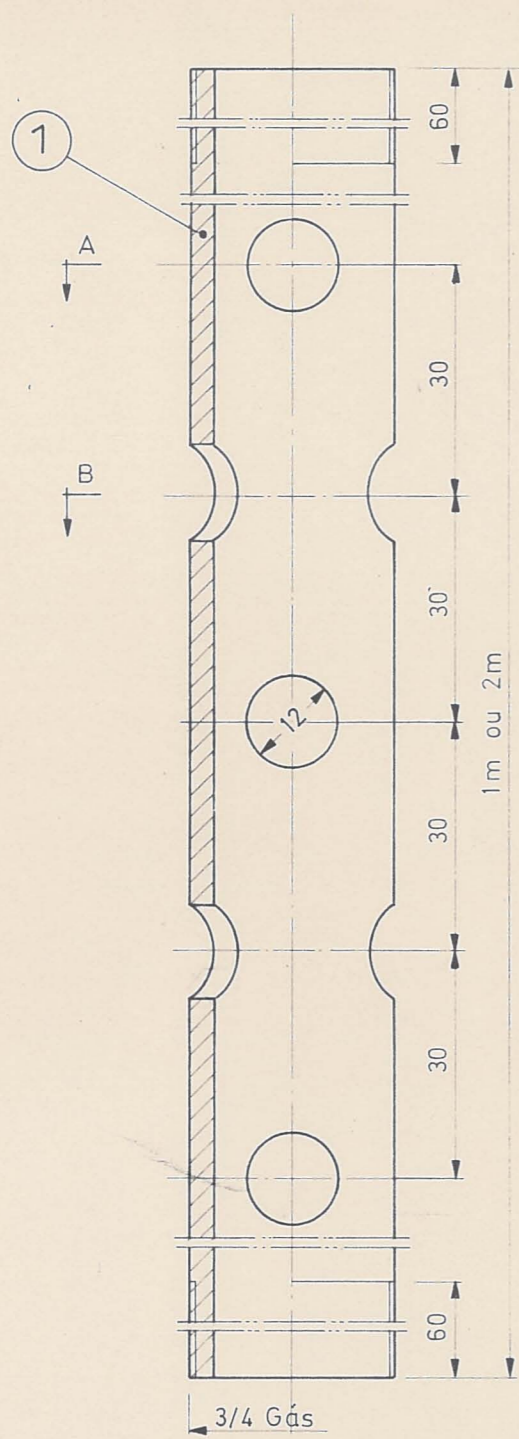
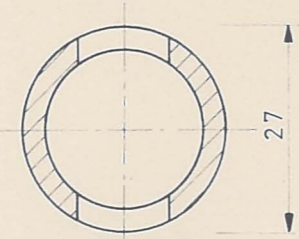


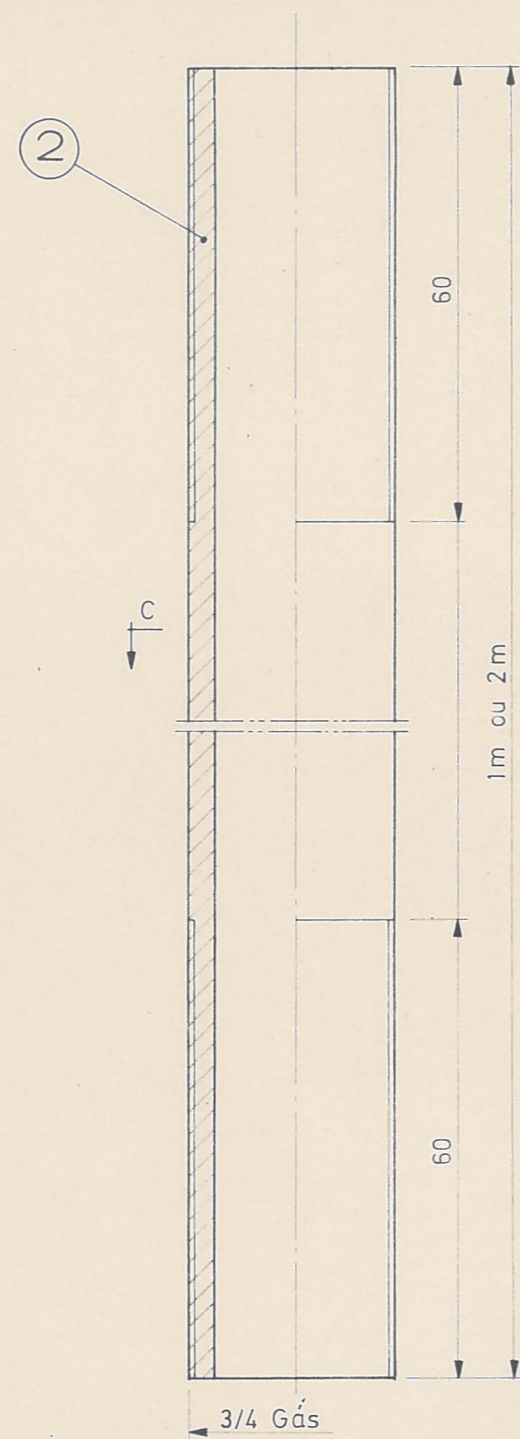
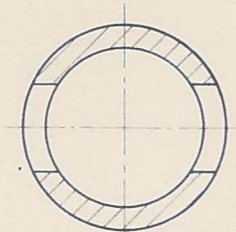
Fig. 7 - Piezómetro duplo



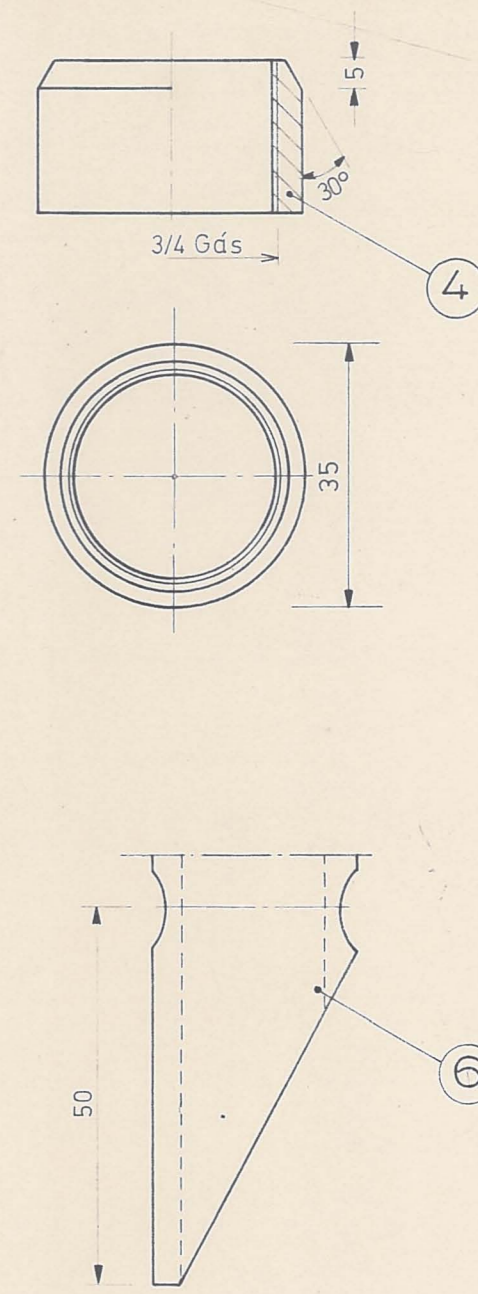
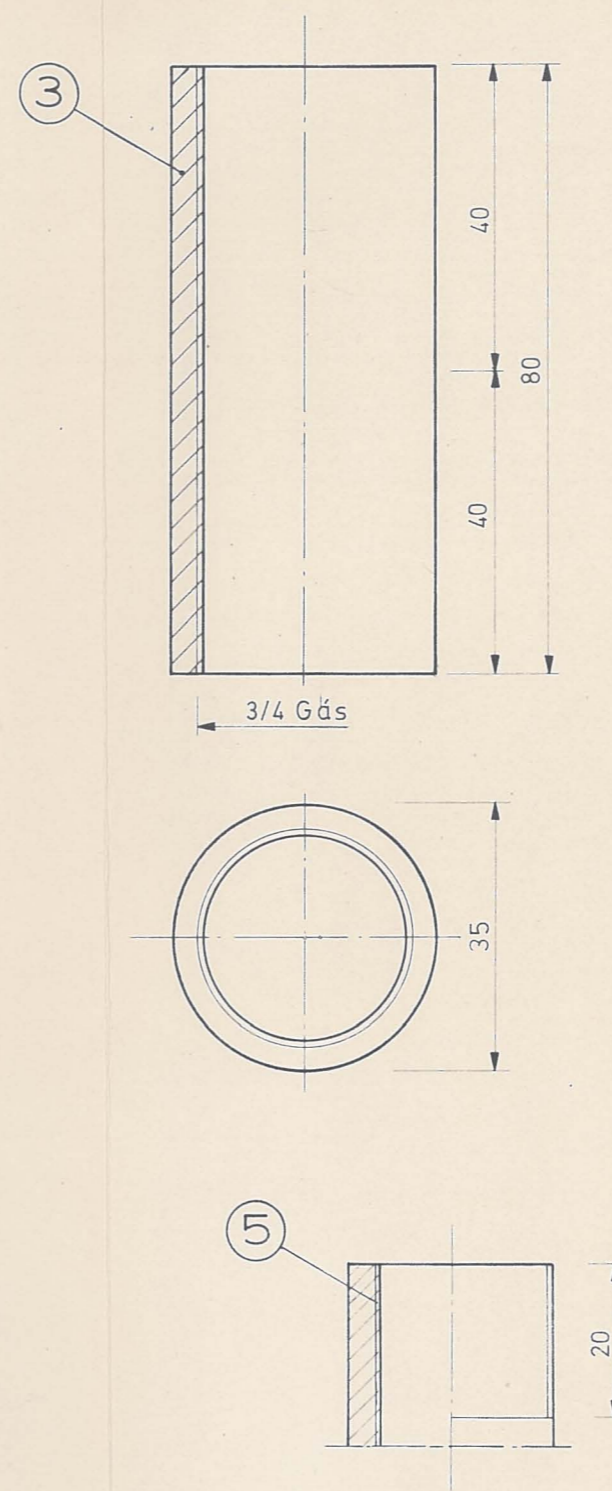
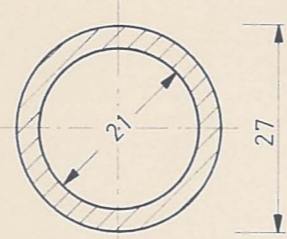
Corte A-A



Corte B-B



Corte C-C



Nº Peças	Material	Designação	Quantidade	Obs.
6	Aço	Extremidade inferior do tubo (último troço)	CONSULTAR QUADRO III	
5	Aço	Extremidade superior do tubo (primeiro troço)		
4	Aço	União de fixação		
3	Aço	Peça de ligação		
2	Aço	Secção de tubo piezométrico, de parede cheia		
1	Aço	Secção de tubo piezométrico perfurada		

Fig. 8 - TUBOS DE PIEZÓMETROS DUPLOS

ESCALA
1:1

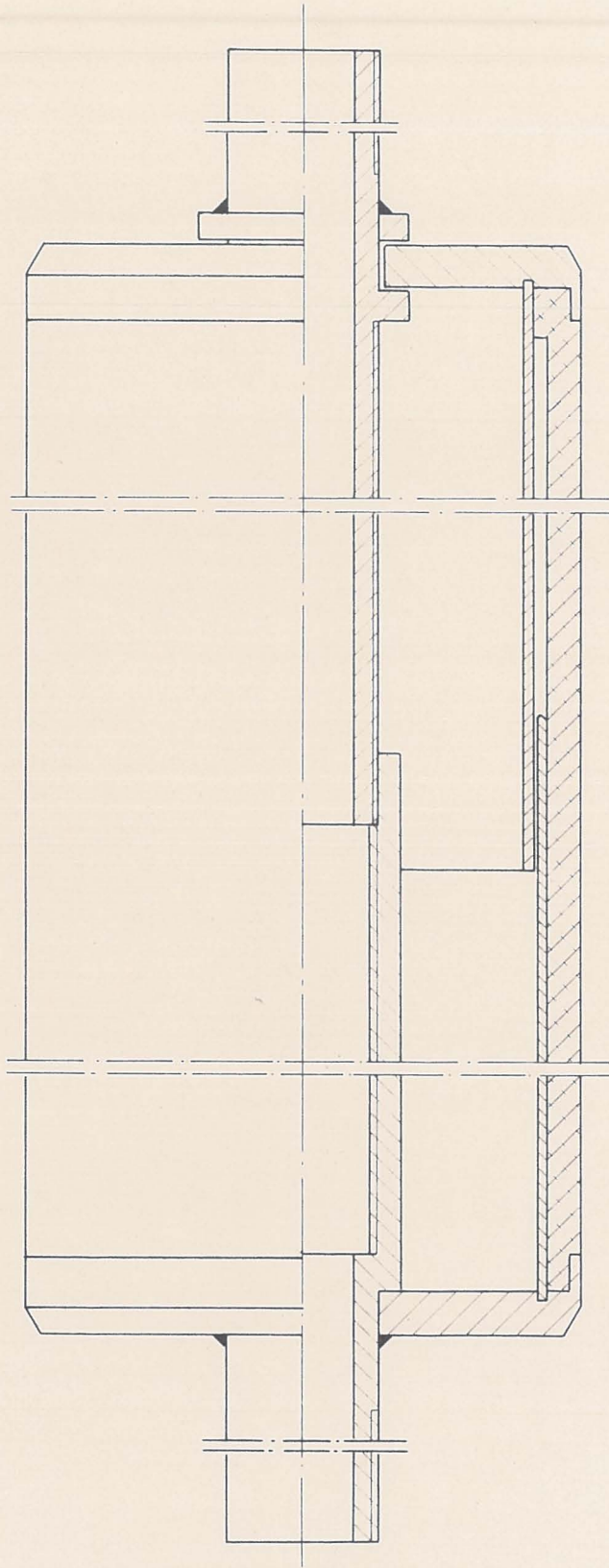


Fig.9 - Obturador inferior

1093

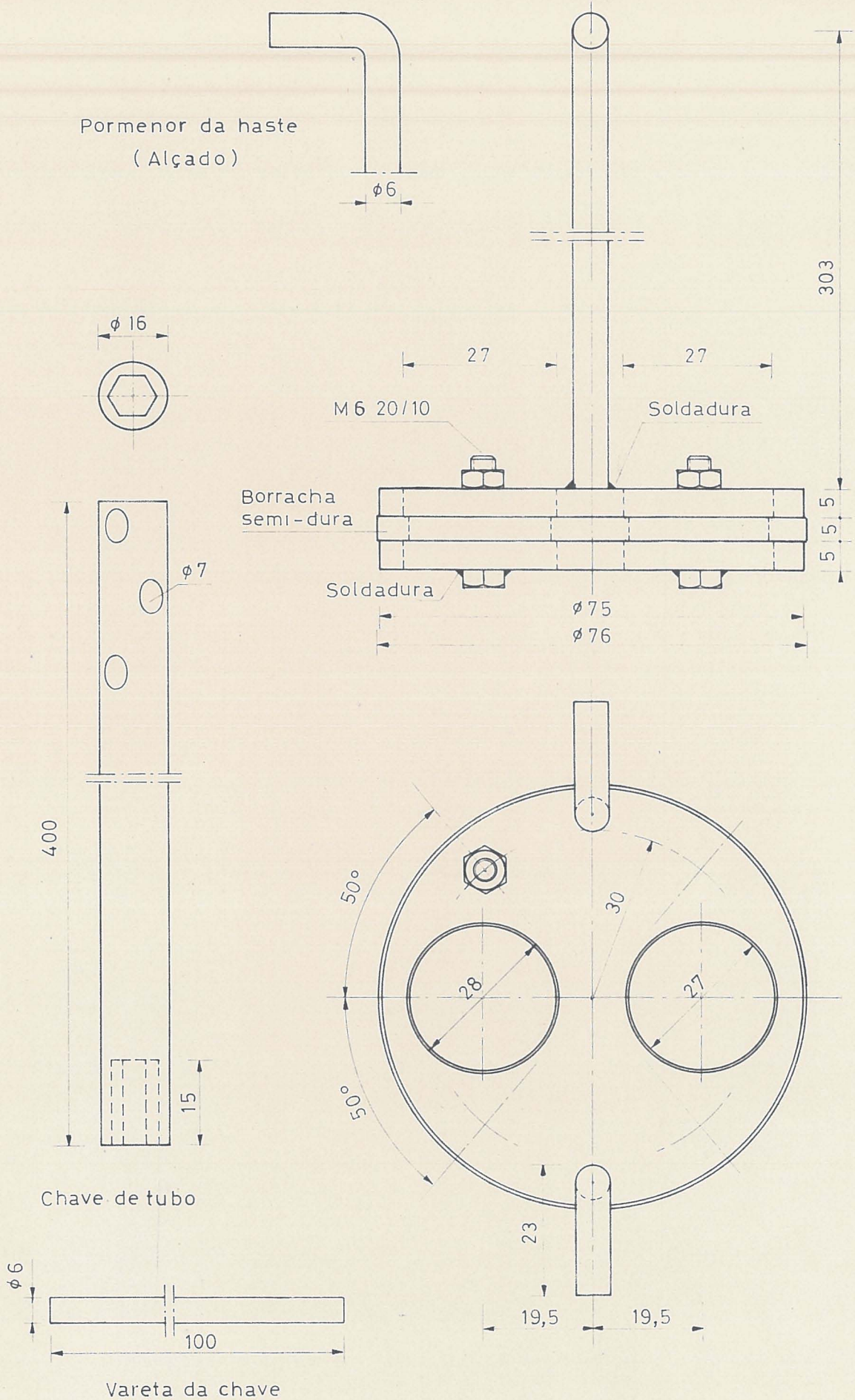


Fig.10 - OBTURADOR SUPERIOR

ESCALA
1:1

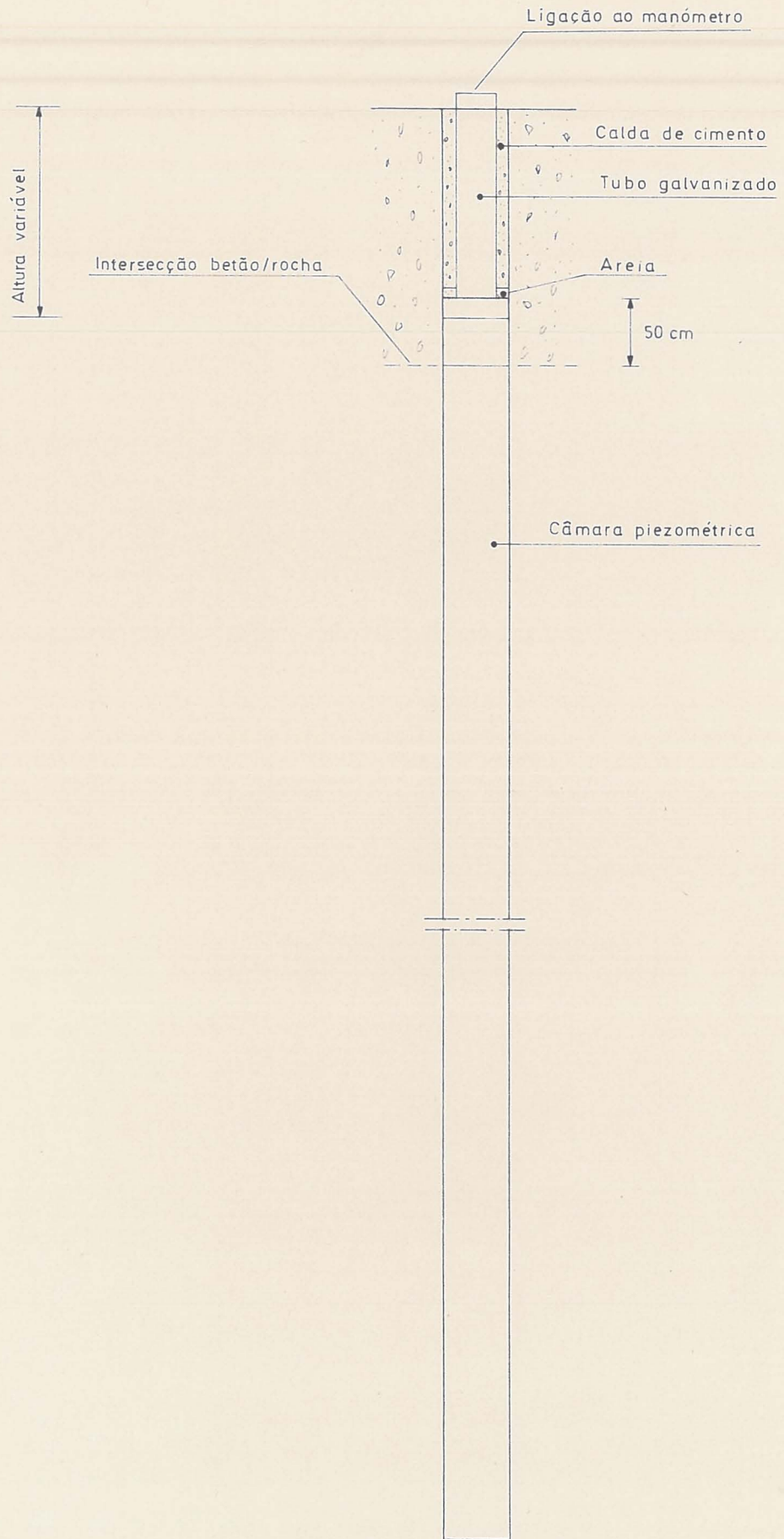
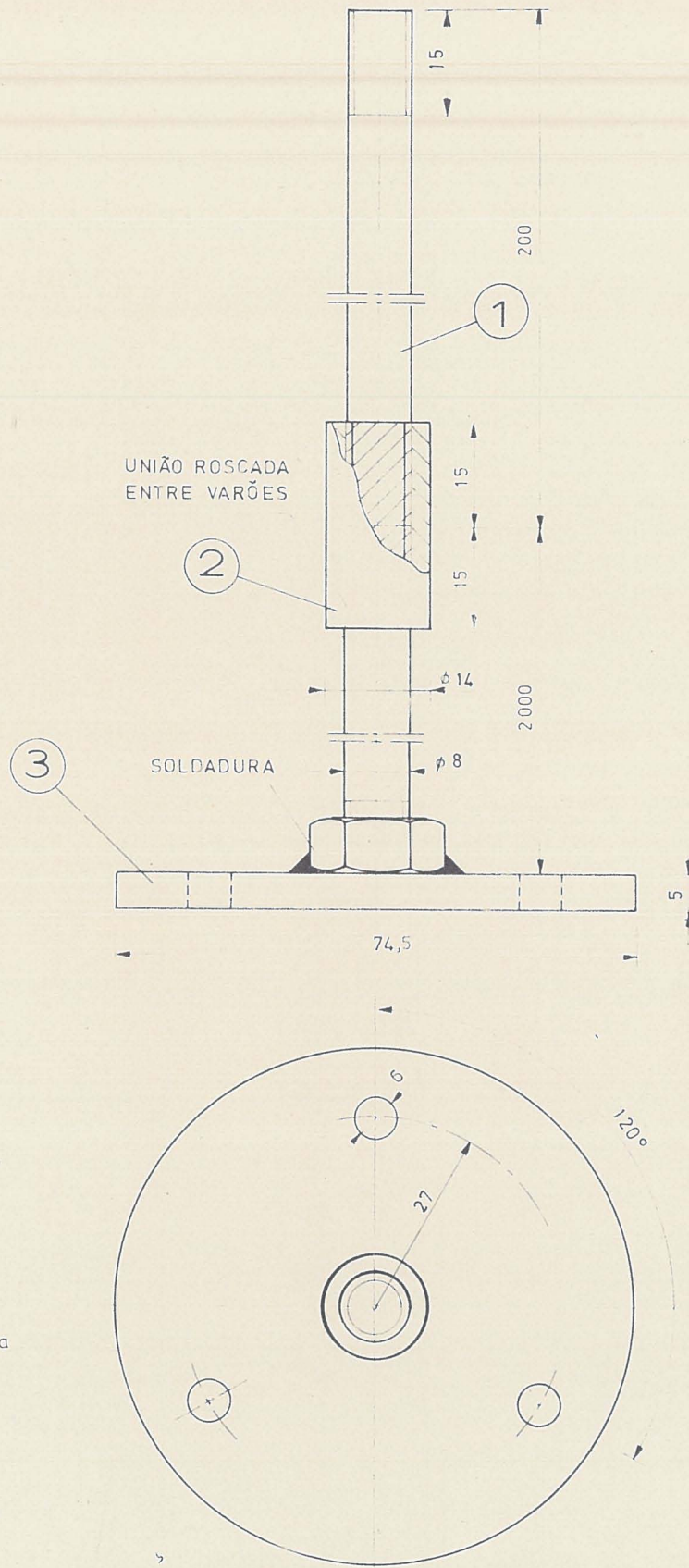


Fig.11-Piezómetro simples



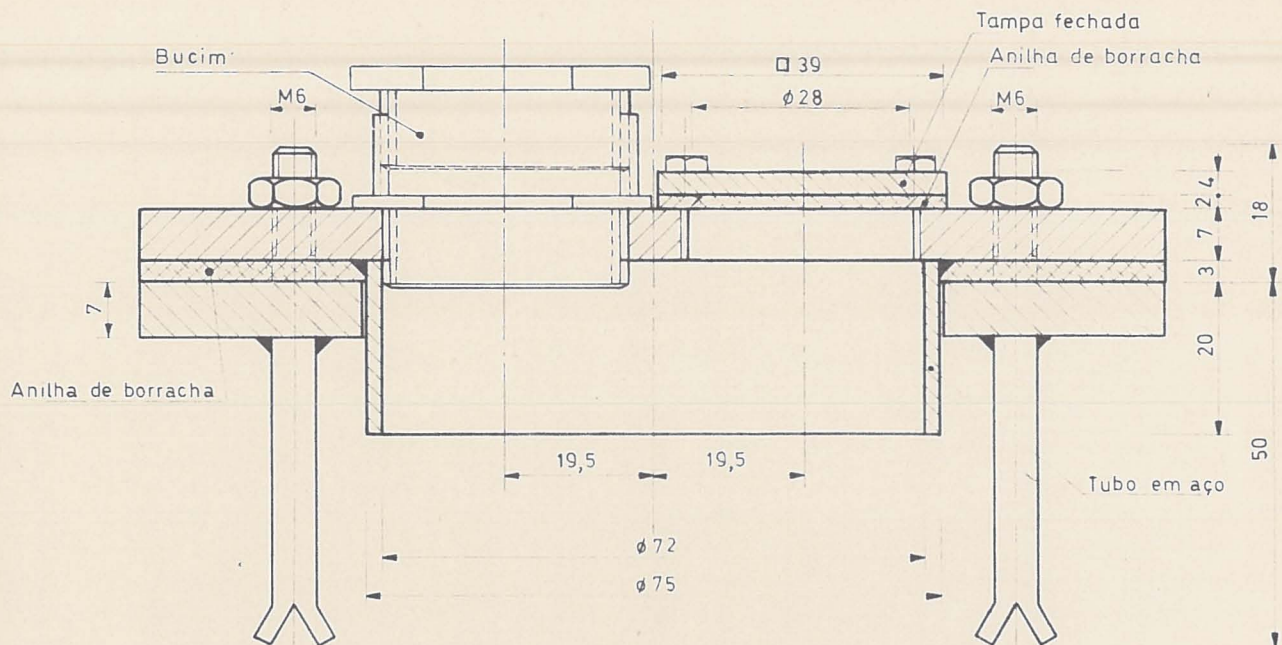
NOTA:
A peça 4 está desenhada na fig 19

4	aço	Cruzeta		Ver peça na fig 19
3	aço	Disco	1	
2	aço	União	10	
1	aço	Haste de suspensão	20	
Nº Peças	Material	Designação	Quantidade	Obs

Fig.12- DISPOSITIVO DE LIMPEZA DOS TUBOS
PIEZOMÉTRICOS

ESCALA
1:1

CORTE A-B



Aço macio

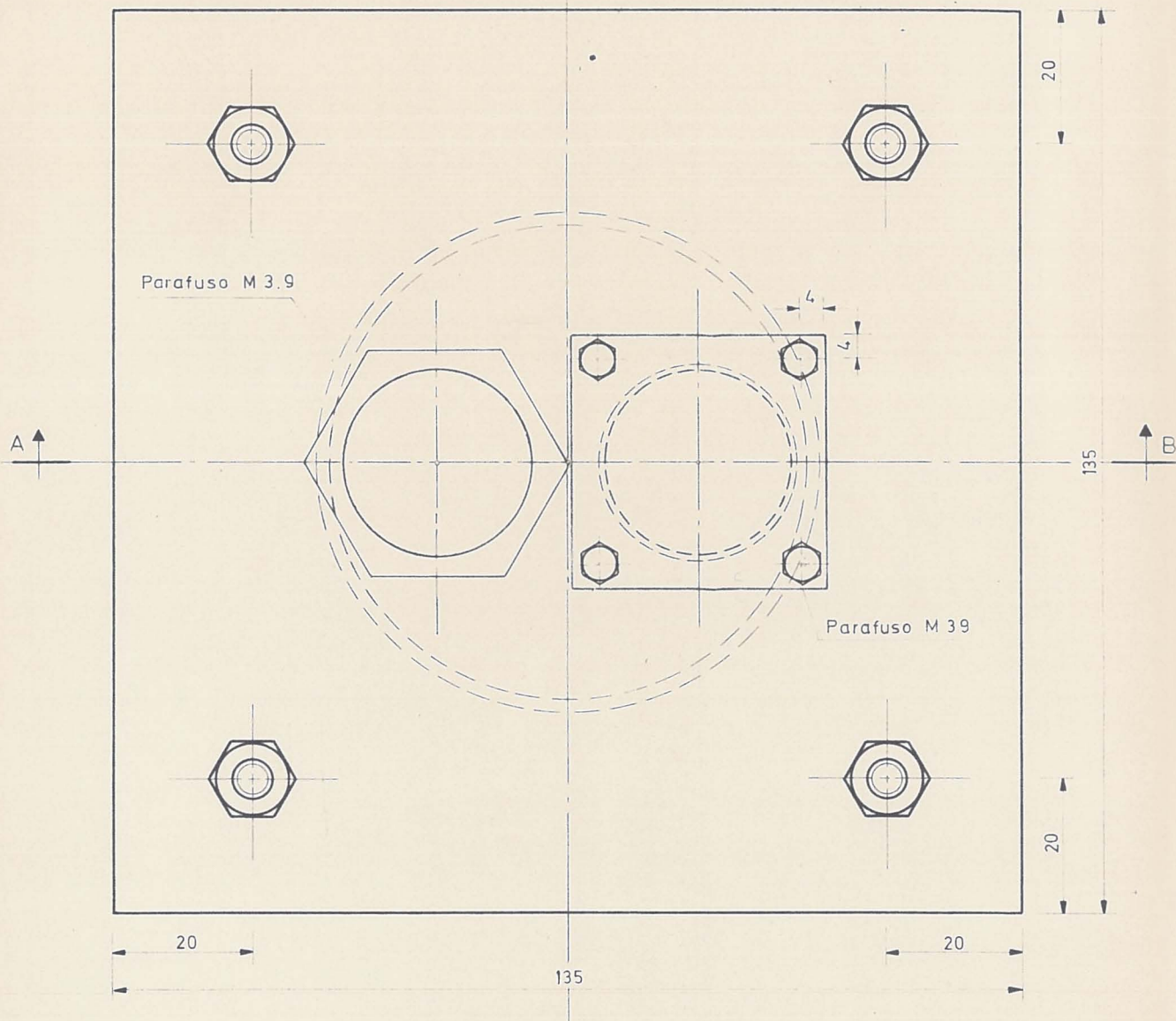
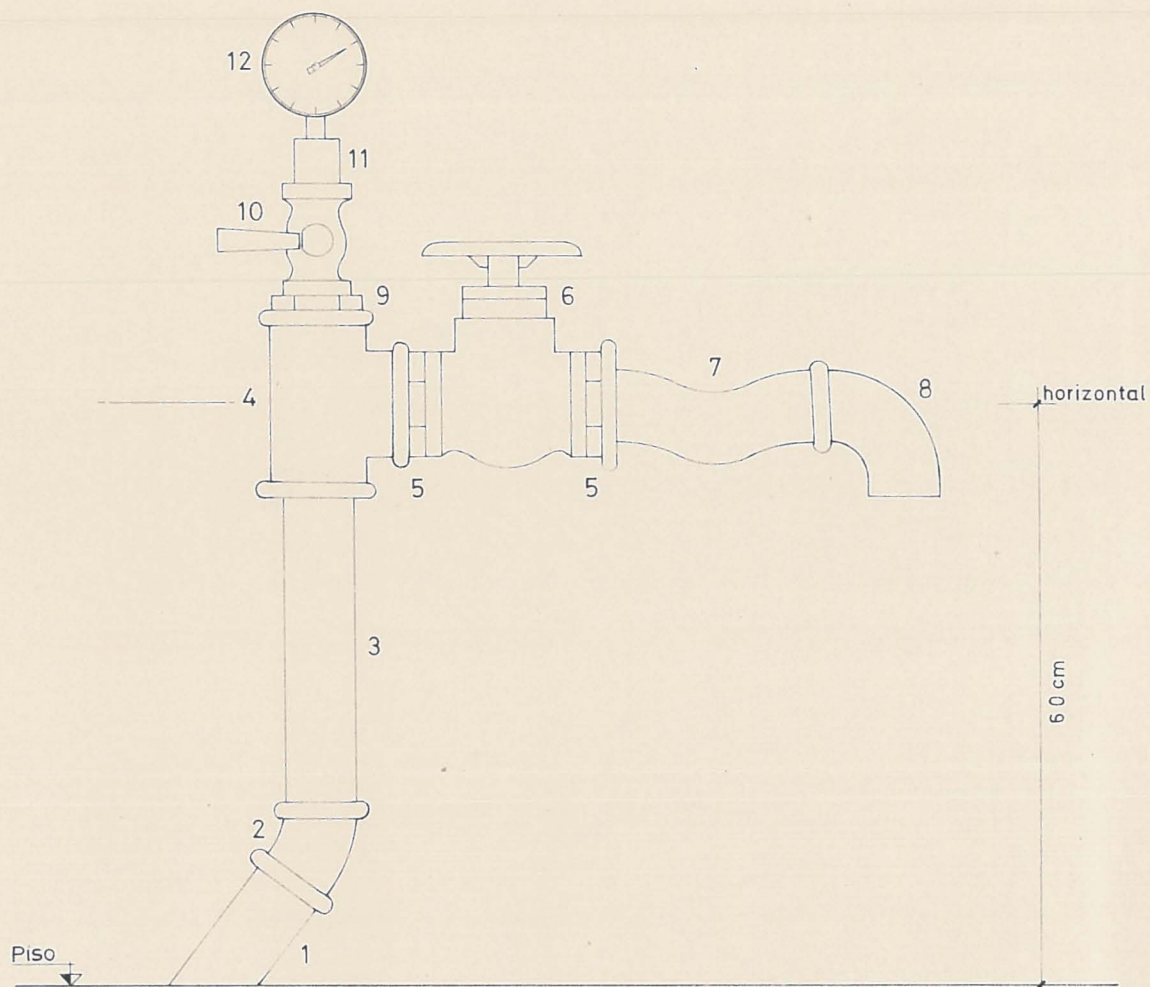


Fig. 13 - DISPOSITIVO DE FECHO DA BOCA DO FURO

ESCALA
1:1



12		Manómetro	1	
11		Porca fêmea 1/2"	1	
10		Torneira de purga 1/2"	1	
9		Porca de redução macho/fêmea 3/4"x 1/2"	1	
8		Joelho macho/fêmea 90° 3/4"	1	
7		Curva de desvio 3/4"	1	
6		Torneira ou válvula de passagem 3/4"	1	
5		Porca macho 3/4"	2	
4		Tê simples 90° 3/4"	1	
3		Tubo galvanizado roscado 3/4"	1	
2		Joelho fêmea 45° ou 90° 3/4" (mediante a inclinação do tubo piezométrico)	1	çã
1		Tubo piezométrico 3/4"	-	
Nº Peças	Material	Designação	Quantidade	Obs

FIG. 14 - SISTEMA DE MEDIÇÃO DA PRESSÃO NOS PIEZÓMETROS

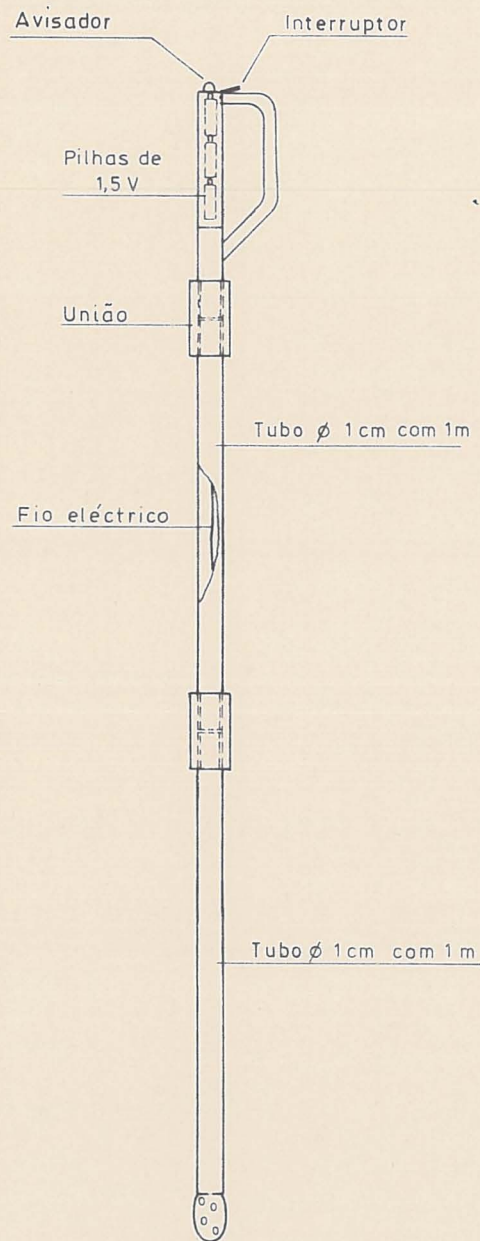


Fig.15- Dispositivo de medição do nível de água nos piezómetros

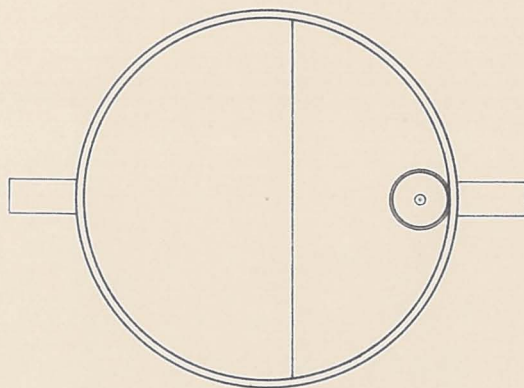
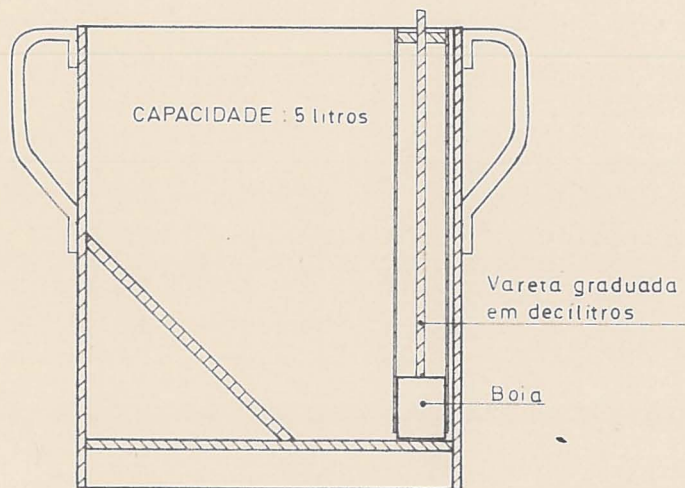


Fig16-Recipiente graduado