

DRENAGEM DOS TÚNEIS DO METROPOLITANO DE LISBOA

Lisbon's underground drainage of tunnels

por
JOÃO AMARAL*

RESUMO – Descrição do esquema adoptado para a drenagem das águas freáticas, de infiltração, de lavagem e negras, nos túneis e estações tendo em atenção os solos e os níveis freáticos existentes.

SYNOPSIS – Description of the adopted scheme for the drainage of the phreatic surface, of percolation, of laterite and shoals, into tunnels and stations considering the existing soils and ground-water level.

1 – GENERALIDADES

Os túneis podem ser assimilados a drenos de grandes dimensões para os quais convergem as águas intersticiais (quando existentes) do terreno envolvente.

Como não podemos evitar o encaminhamento das águas subterrâneas para o túnel, haverá ao menos que diminuir a sua acção nefasta.

Duas alternativas se nos apresentam:

- a) Captar as águas do exterior da secção, conduzindo-as para uma rede de canalizações, que as leve pelo caminho mais curto para o exterior; ou
- b) Isolar perfeitamente a secção contra qualquer infiltração.

Na drenagem dos túneis do M.L., a primeira alternativa foi a utilizada quando as águas freáticas não eram abundantes.

A segunda alternativa, foi a seguida quando se verificavam elevados caudais freáticos. (Fig. 1)

* Engenheiro Civil. Metropolitano de Lisboa.

Na realidade quando era pouco abundante a água no terreno, foi possível provocar um rebaixamento permanente dos níveis aquíferos eliminando-se praticamente as pressões hidrostáticas sobre a secção, reduzindo os caudais de infiltração, facilitando a execução das soleiras e portanto diminuindo acentuadamente o custo das galerias.

Pelo contrário drenar fortes caudais quando existentes, exigiria uma exploração muito dispendiosa, pelo enorme gasto de energia na bombagem.

Assim, quando tal acontecia, a secção da galeria era projectada para resistir às pressões da água, sendo dotada de uma soleira em arco invertido, tornando-se praticamente estanque, não se executando por consequência, qualquer drenagem exterior. Interiormente como é evidente projectou-se uma rede de drenagem, para assegurar o esgoto das águas, de eventuais infiltrações e das lavagens das galerias.

2 – REDE DE DRENAGEM DAS ÁGUAS DO TERRENO E DE LAVAGEM DAS GALERIAS

A rede de drenagem foi executada com drenos longitudinais, a eixo da obra, situados sob as soleiras.

Em regra de 30 em 30 metros os drenos são interrompidos pelas caixas de visita do colector longitudinal para os quais descarregam os caudais drenados. (Fig. 1).

Os causais das águas de infiltrações e de lavagem são captados pelas caixas de visita para onde são encaminhadas pelas linhas de água criadas ao longo das soleiras das galerias (talvegues) e nas quais entram pelas ranhuras que as caixas possuem nos cabeçotes.

Os colectores vão descarregar em poços, localizados, uns nas estações e outros nos pontos baixos do traçado. No decorrer da obra se decidirá da necessidade de executar drenos suplementares para a captação de todas as pequenas ressurgências que venham a detectar-se nas imediações das galerias.

O sistema de drenagem admite as variantes seguintes:

2.1 – *Colector tipo 1*

O sistema de colector tipo 1 foi previsto em duas modalidades:

– colectores em vala de drenagem (Figs. 2 e 3).

Neste sistema existe um dreno superior envolvido em material filtrante e um

colector inferior envolvido em aterro fino.

- colectores isolados (Fig. 4).

Neste sistema apenas existe um colector envolvido em aterro fino.

Os diâmetros dos colectores variam de 0,30 m a 0,50 m, de acordo com os caudais e inclinação do colector.

Os drenos têm por norma um diâmetro de 0,20 m.

2.1.1 – *Materiais filtrantes*

As manilhas que constituem os drenos e colectores são de betão, tendo os colectores as juntas tomadas e os drenos as juntas abertas distando os topos das manilhas 0,5 cm.

As especificações sobre, os *aterros finos* a aplicar em valas de drenagem e *material filtrante* a aplicar no enchimento das valas de drenagem, estão indicadas nas Figs. 2 e 3.

Tratando-se da drenagem de um solo coerente não há necessidade de empregar um material filtrante com partículas de dimensão inferior a 0,1 mm.

O *betão poroso* que por vezes se aplicou nos drenos não tinha areia e moldou-se contra o terreno por vibração.

A superfície do dreno contra a qual se moldou o betão armado da estrutura foi rebocada com argamassa para evitar que o betão estrutural, impelido pela vibração, colmatasse o dreno. Do lado do terreno, os drenos de betão poroso foram envolvidos por materiais inertes de granulometria conveniente.

2.2 – *Colectores tipo 2 e tipo 3*

Nas zonas onde não existia caudal frático ou em terrenos rochosos, normalmente não se utilizavam drenos, construindo-se a eixo das galerias, um colector envolvido em betão e ligado à soleira a maior ou menor profundidade (tipo 2 ou tipo 3) conforme se poderá ver na Fig. 5, destinado a recolher as águas de lavagem das galerias e outras que eventualmente circulem ao longo das galerias.

2.3 – *Outros tipos de drenos*

Além dos tipos anteriormente referidos, outros sistemas particulares de drenos poderão ter de executar-se, em zonas aquíferas.

Alguns tipos destes drenos encontram-se esquematizados nas Figs. 6, 7 e 8.

2.4 – *Traçado dos colectores em perfil longitudinal*

Os colectores tipo 1 desenvolvem-se em alinhamento recto, sendo interceptados de 30 m em 30 m aproximadamente por caixas de visita, o mesmo acontecendo quando haja mudança de alinhamento ou inclinação.

Os drenos em geral ligam só à caixa de juzante, ficando o seu topo de montante a cerca de 5 metros da caixa anterior. Nalguns casos porém ficaram ligados às duas caixas, de montante e juzante, o que permite efectuar a sua limpeza com maior facilidade.

Como norma as inclinações mínima e máxima são respectivamente de 0,5% e 2%.

Quando a inclinação das soleiras era superior a 2% executaram-se quedas nas caixas.

Quando se usaram colectores do tipo 2 ou 3 a sua inclinação como é evidente foi condicionada pela inclinação da via.

2.5 – *Caixas de visita*

As caixas de visita tipo 1A usadas no sistema de drenagem com colectores tipo 1 ou 2 serão as esquematizadas na Fig. 9. São implantadas no eixo da entre-via, de modo a poderem ser acessíveis.

As caixas tipo 3 destinam-se aos colectores tipo 3 que se desenvolvem agarrados à soleira e encontram-se pormenorizados na Fig. 10.

3 – REDE DE DRENAGEM DAS ÁGUAS DE INFILTRAÇÕES E DE LAVAGEM DAS GALERIAS DE PLENA VIA EM ZONAS COM FORTES CAUDAIS FREÁTICOS

Nas zonas de fortes caudais freáticos as galerias foram providas de soleiras curvas resistentes que suportam as sub-pressões.

A drenagem projectada para este tipo de galerias é fundamentalmente destinada a dar continuidade à drenagem longitudinal da obra e eventualmente a captar as águas de infiltrações que sempre se dão embora conduzindo a caudais pouco importantes.

Os colectores serão implantados a eixo das galerias, interiormente e embebidos

na espessura do betão de enchimento. Em regra de 30 em 30 metros os colectores são interrompidos por caixas de visita.

Os caudais das águas de infiltrações e de lavagem são captados pelas caixas de visita, para onde são encaminhados pelas linhas de água criadas ao longo das soleiras das galerias (talvegues) e nas quais entram pelas ranhuras que a caixa possui no cabeçote.

Os colectores vão descarregar em poços, localizados, uns, nas estações e outros nos pontos baixos dos traçados, como já foi dito. As águas são bombadas desses poços para os colectores municipais.

3.1 – *Colectores tipo 4*

Os colectores tipo 4 são colectores isolados implantados no enchimento das soleiras a profundidade variável de acordo com a Fig. 11.

3.2 – *Traçado dos colectores em perfil longitudinal*

Os colectores tipo 4 desenvolvem-se também em alinhamento recto, sendo interseptados de 30 em 30 m aproximadamente por caixas de visita ou sempre que haja mudança de traçado ou inclinação. A inclinação dos colectores é sensivelmente a da via.

3.3 – *Caixas de visita*

As caixas de visita usadas no sistema de drenagem com colectores tipo 4 é a caixa tipo 2A esquematizada na Fig. 12. Foram implantadas no eixo da entre-via de modo a poderem ser acessíveis.

4 – REDE DE DRENAGEM DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DAS ESTAÇÕES E DAS ÁGUAS DAS CHUVAS QUE ENTRAM PELOS ACESSOS

Em todas as estações temos de considerar o esgoto das águas pluviais que entram pelos acessos e das águas de lavagem das galerias de acesso, átrios e cais.

O esquema geral de drenagem consiste na recolha das referidas águas através de caleiras que as conduzem a tubos de queda que as transportam para o nível

dos sub-cais lançando-os nos poços de recolha e decantação das estações ou quando tal não é viável, no colector longitudinal da obra.

5 – REDE DE DRENAGEM DAS ÁGUAS NEGRAS

Nas estações existem instalações sanitárias para o serviço do pessoal ao nível da via e ao nível do átrio das bilheteiras.

As águas negras daí resultantes são conduzidas para um poço de onde são bombadas seguidamente para os colectores municipais. Estes poços não são os anteriormente referidos, para onde eram encaminhadas as águas de drenagem e lavagens.

Nalguns casos as águas negras das instalações ao nível dos átrios foram conduzidas por gravidade para os colectores municipais.

Os colectores utilizados são de grés de Ø 0,12m. Em todas as mudanças de direcção foram previstas caixas de visita.

Montaram-se sifões e válvulas de retenção nas canalizações de ligação aos colectores municipais.

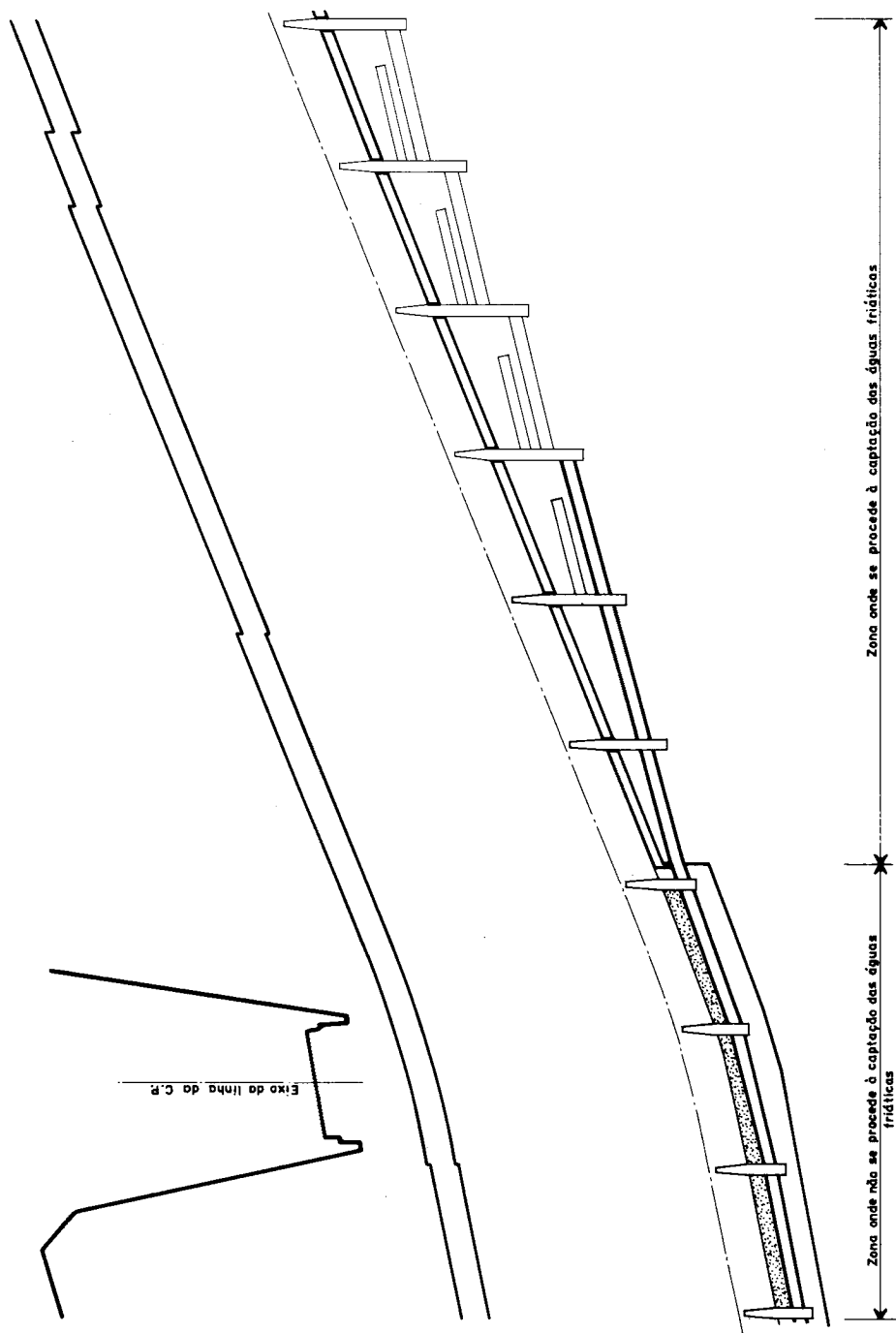


Fig. 1

ESCALA

1:20

COLECTORES TIPO 1

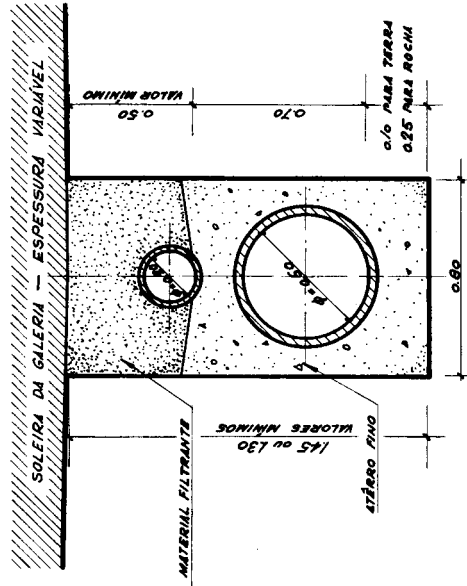
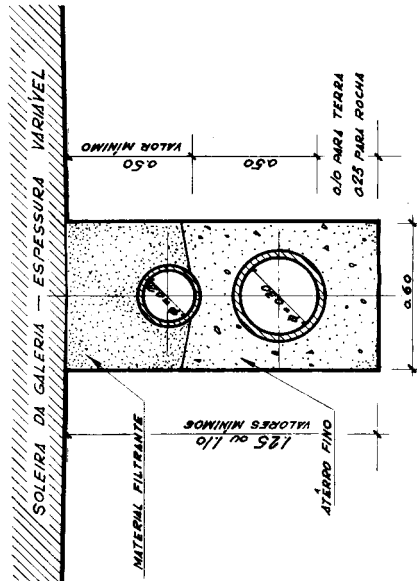
EM VALAS DE DRENAGEM

NORMA DE EXECUÇÃO

Desenho Nº 9643

Folha 1/2

Substitui o Des. Nº 1848

COLECTOR DE $\phi = 0.50$ COLECTOR DE $\phi = 0.30$ 

NOTAS SOBRE AS VALSAS DE DRENAGEM

1. O MATERIAL FILTRANTE A APLICAR NO ENCHIMENTO DAS VALSAS SERÁ CONSTITUÍDO POR SOLOS NATURAIS OU POR BRITAS COM UMA GRANULOMETRIA CONTÍNUA SUJEITA AOS SEGUINTES LIMITES:

a) - PARA A DIMENSÃO CORRESPONDENTE À ORDENADA DOS 15% DE PASSANTES DA CURVA GRANULOMÉTRICA:

$5 \times d_{15} < D_{85} < 5 \times d_{85}$

b) - PARA A DIMENSÃO CORRESPONDENTE À ORDENADA DOS 85%:

$D_{85} > 15 \text{ mm}$

(d_{15} e d_{85} REPRESENTAM AS DIMENSÕES CORRESPONDENTES ÀS ORDENADAS DE 15% E 85% DO TERRENO ENCAIXANTE)

2. POR "ATÉRRO FINO" DEVE ENTENDER-SE ATÉRRO EXECUTADO COM SOLOS QUE POSSAM SER FÁCILMENTE COMPACTADOS E NÃO CONTENHAM PEDRAS COM DIMENSÕES PREJUDICIAIS

Fig. 2

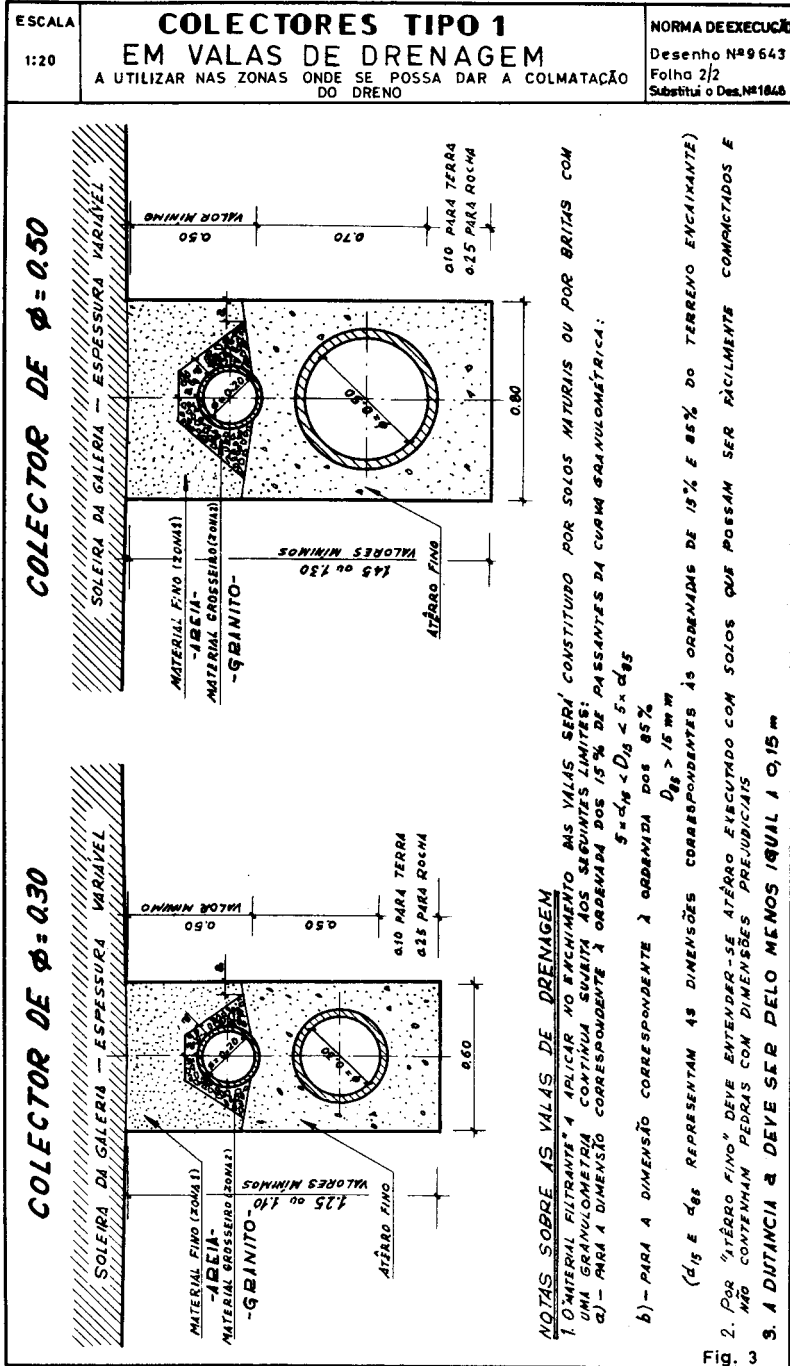


Fig. 3

ESCALA

1:20

COLECTORES TIPO I

ISOLADOS

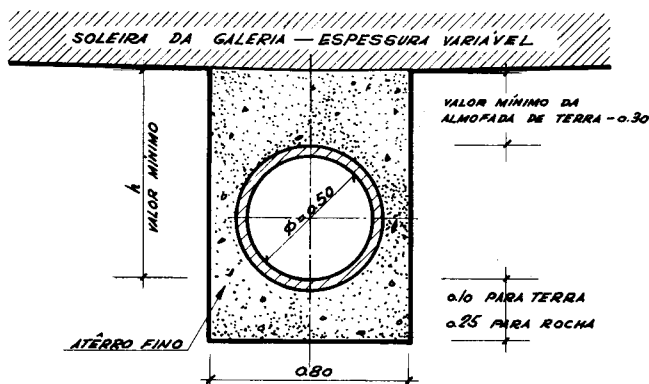
NORMA DE EXECUÇÃO

Desenho Nº 9644

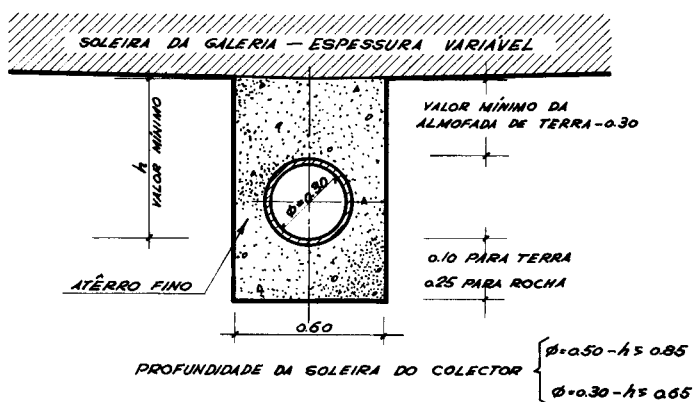
Folha

Substitui o Des. Nº

COLECTOR DE $\phi = 0.50$



COLECTOR DE $\phi = 0.30$



NOTA: POR "ATÉRRO FINO" DEVE ENTENDER-SE ATÉRRO EXECUTADO COM SOLOS QUE POSSAM SER FÁCILMENTE COMPACTADOS E NÃO CONTENHAM PEDRAS COM DIMENSÕES PREJUDICIAIS

Fig. 4

ESCALA

1:20

COLECTORES TIPO 2 E 3

(LIGADOS À SOLEIRA)

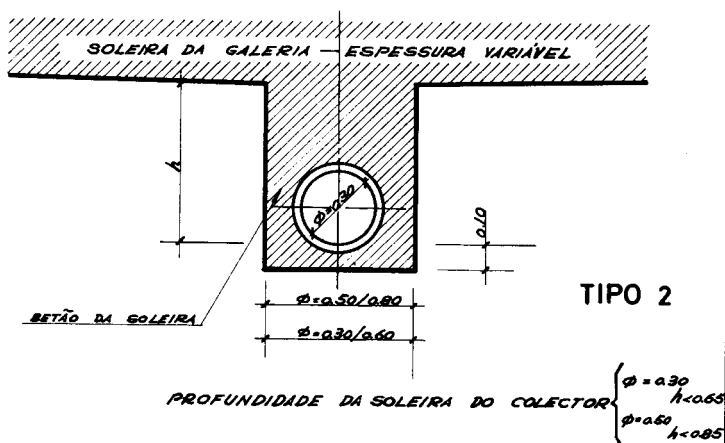
NORMA DE EXECUÇÃO

Desenho Nº10.136

Folha

Substitui o Des. Nº9644

COLECTORES DE $\phi = 0.30$ E 0.50



COLECTOR DE $\phi = 0.30$

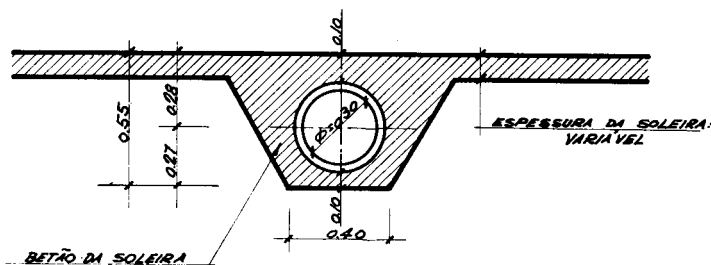


Fig. 5

ESCALA
1:20

DRENAGEM SOB OS PÉS DIREITOS

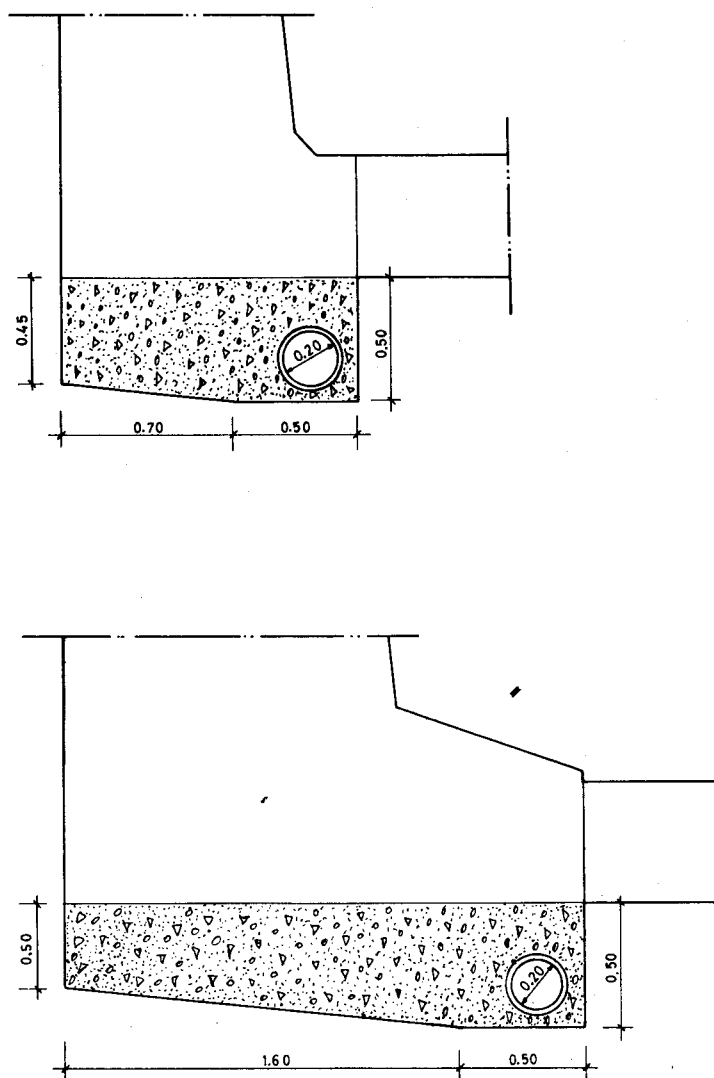
NORMA DE EXECUÇÃO
Desenho Nº 13 407
Folha
Substitui o Des. Nº

Fig. 6

ESCALA

1:20

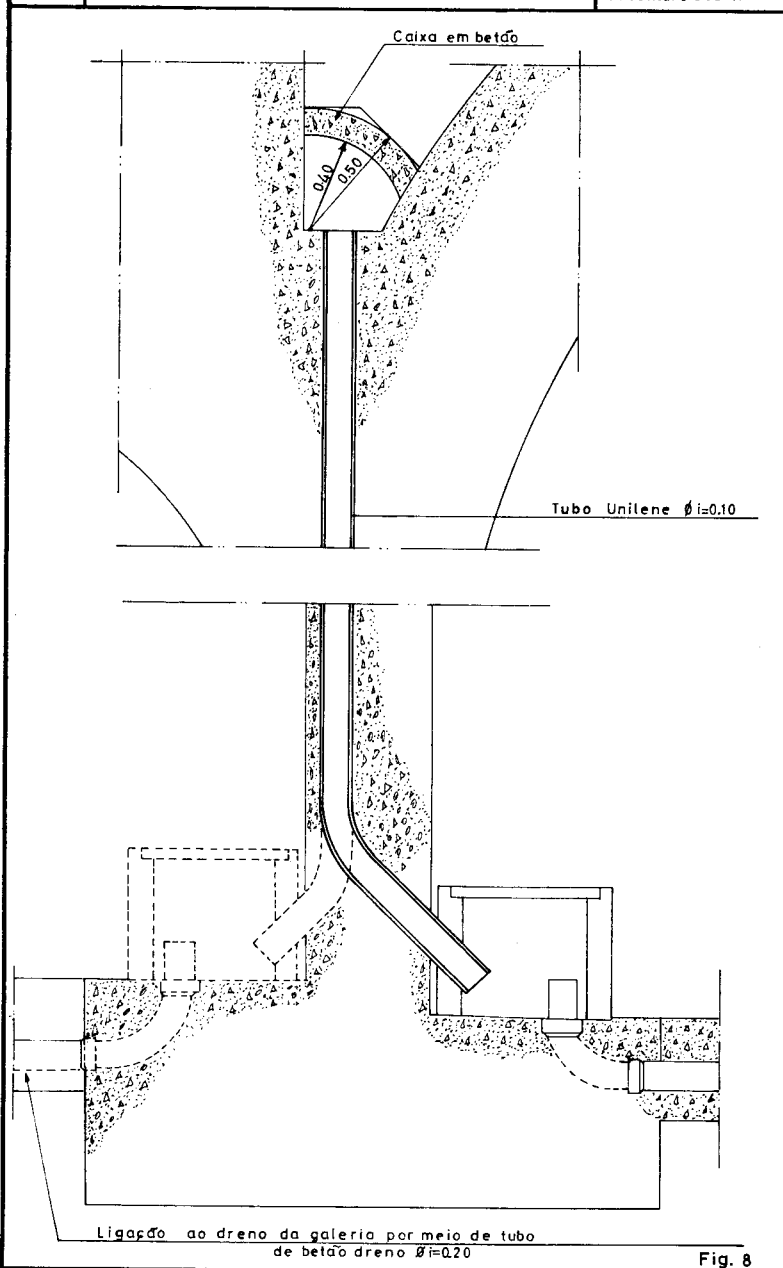
DRENO DE EXTRA-DORSO

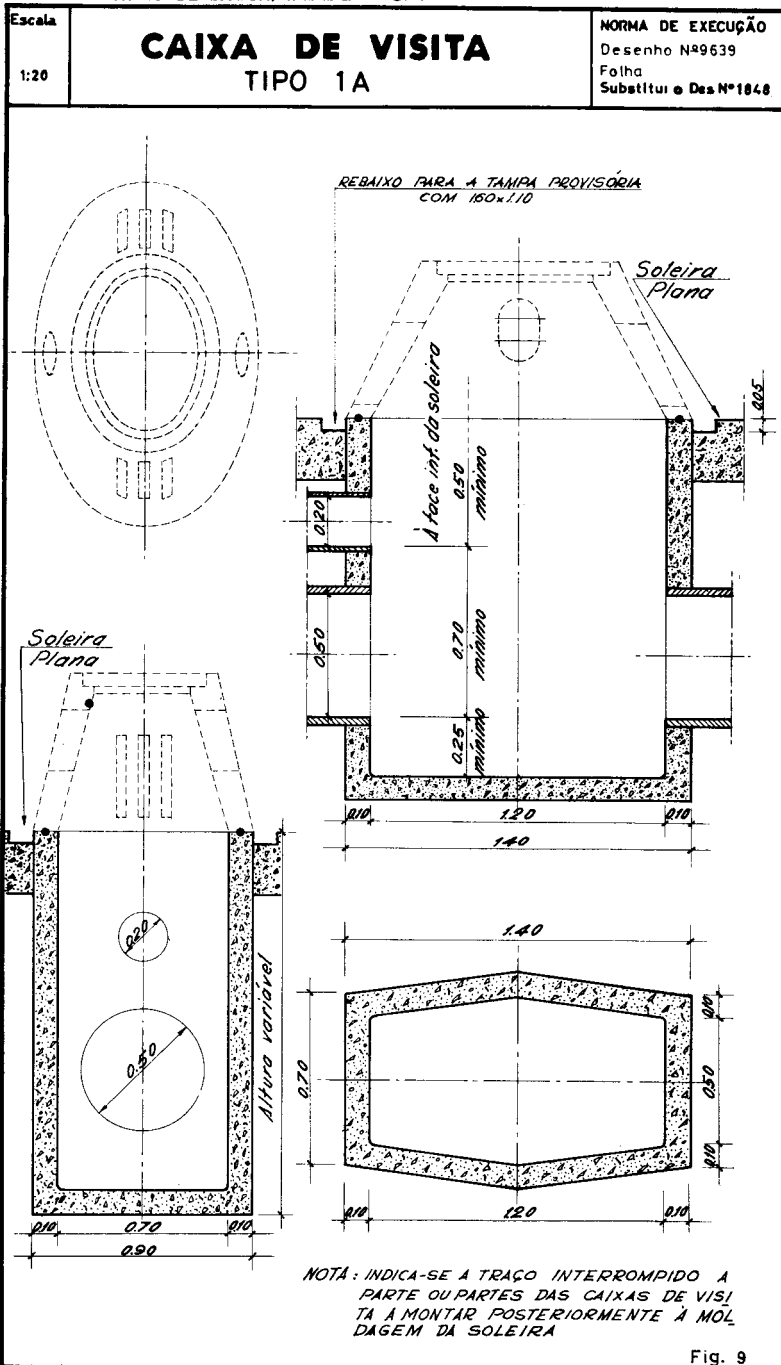
NORMA DE EXECUÇÃO

Desenho Nº 13393

Folha

Substitui o Des. Nº





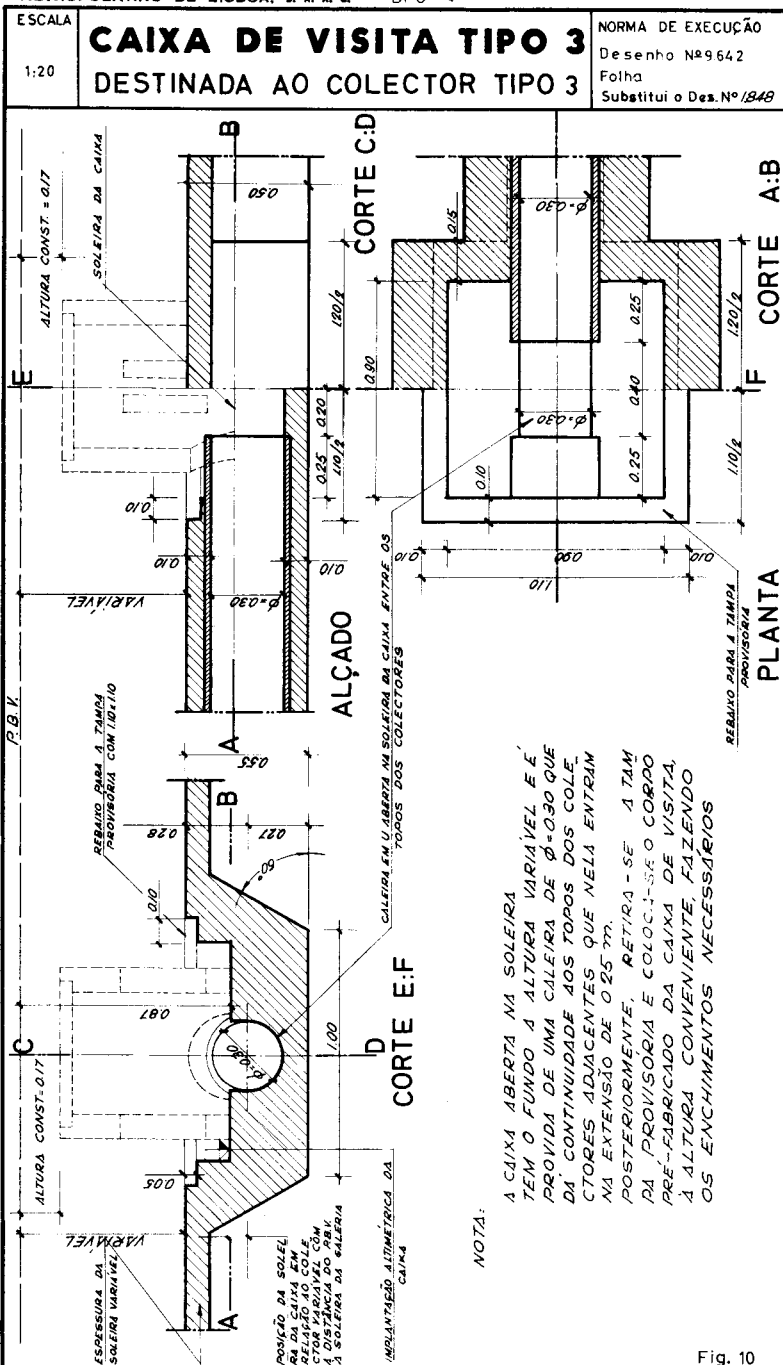
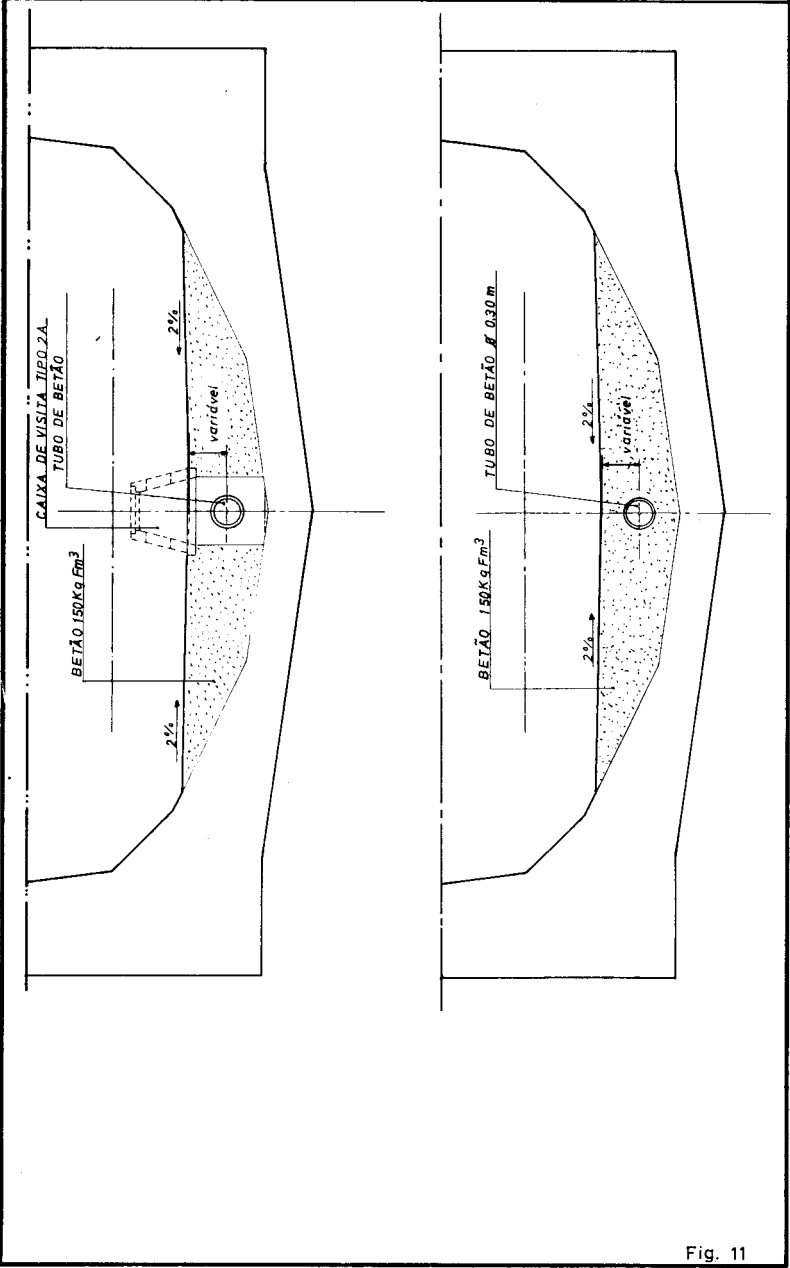


Fig. 10

COLECTOR TIPO 4
ENVOLVIDO PELO ENCHIMENTO

NORMA DE EXECUÇÃO
Desenho Nº 13 290
Folha
Substitui o Desº



ESCALA

1:20

CAIXA DE VISITA

TIPO 2A

NORMA DE EXECUÇÃO

Desenho Nº 9.640

Folha

Substitui o Des. Nº 1848

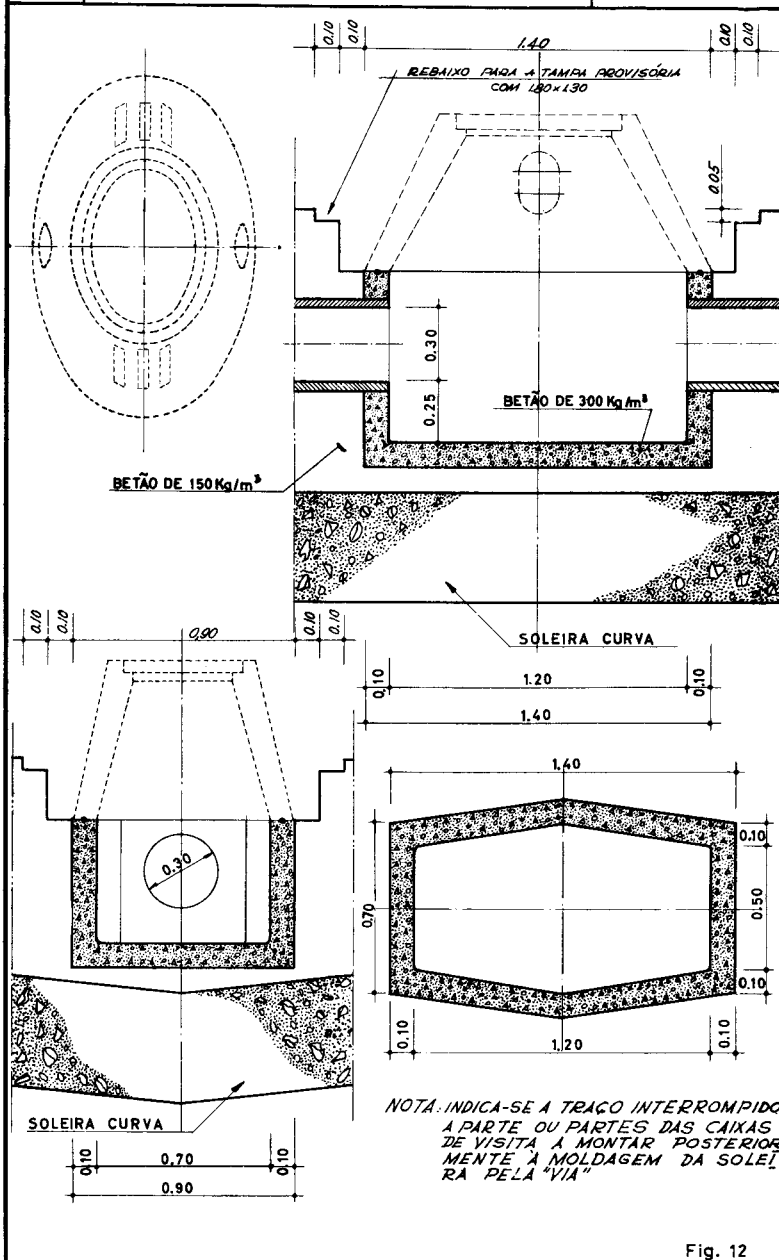


Fig. 12