

C E T E S B

FUNDAÇÕES PARA OBRAS DE SANEAMENTO BÁSICO

- Projeto e Execução -

P 4 . 0 2 0

SUMÁRIO

	Página
1 Objetivo .....	1
2 Referências .....	1
3 Definições .....	1
4 Projeto de Fundações de Estruturas de Saneamento Básico .....	2
5 Especificações Técnicas .....	11
Anexo .....	13

1 OBJETIVO

Esta Norma estabelece os requisitos mínimos exigíveis no projeto de fundações de obras de saneamento básico.

Complementa as exigências mínimas para Projeto e Execução de Fundações, estabelecidas na NB-51, da ABNT, e demais normas brasileiras referentes a fundações.

2 REFERÊNCIAS

Na aplicação desta Norma poderá ser necessária a consulta, entre outras, às seguintes normas:

2.1 Da ABNT

- NB-12 - Normas Gerais de Sondagens de Reconhecimento para Fundações;
- NB-51 - Projeto e Execução de Fundações;
- TB-16 - Terminologia de Mecânica dos Solos.

2.2 Da CETESB

L6.100 - Investigações Geotécnicas para obras de Saneamento Básico.

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições constantes da:

- a) TB-16, da ABNT;
- b) Glossário de Termos de Mecânica dos Solos, da ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia.

## 4 PROJETO DE FUNDAÇÕES DE ESTRUTURAS DE SANEAMENTO BÁSICO

### 4.1 Condições gerais a serem observadas

4.1.1 As fundações devem compatibilizar o projeto estrutural com o solo de fundação, evitando, o quanto possível, os recalques diferenciais.

4.1.1.1 Na escavação do terreno para execução de fundação direta de qualquer obra o projeto deve fixar inclinações seguras do talude e a altura entre plataformas, de acordo com as propriedades geotécnicas do solo, o ângulo e direção das camadas, a drenagem de proteção e os efeitos do rebaixamento do lençol.

4.1.1.2 O escoramento das escavações devem ser especificados e projetados pelo projetista de fundações, devendo ser observadas as exigências legais pertinentes em vigor.

4.1.2 A concepção estrutural, a escolha do material e tipo de junta, devem ser feitas juntamente com a concepção da fundação.

4.1.3 Os recalques posteriores não devem conduzir a solicitações não compatíveis com o desempenho de tubulações e equipamentos fixados à estrutura.

4.1.4 As fundações devem ser projetadas para absorver integralmente os esforços horizontais transmitidos pelas tubulações à estrutura.

4.1.5 As fundações diretas situadas abaixo do lençol freático devem assentar-se sobre terreno argiloso, bem compactado, homogêneo e não expansivo sob o efeito do encharcamento da água.

4.1.6 Para controlar vazamentos de partes enterradas de reservatórios, adutoras, tanques e emissários, deve-se prever uma camada ou rede de drenagem com pontos ou poços de observação.

NOTA: Se a rede for situada abaixo do lençol, deve ser envolvida por uma camada de argila compactada, que diminua a contribuição das águas externas. Por isso, quando viável, deve-se proceder ao rebaixamento permanente do lençol freático por valetamento ou cortina de interceptação.

4.1.7 A camada ou rede drenante referida em 4.1.6 pode ser constituída de um filtro invertido envolvendo um dreno-cego ou uma linha de tubos perfurados.

4.1.8 A granulometria do material do filtro, deve atender ao critério de Bertram-Ferzagli ou um outro, visando evitar o carreamento do solo drenado.

### 4.2 Características específicas de obras de saneamento

#### 4.2.1 Reservatórios

- a) são estruturas que armazenem água a fim de atender aos picos de demanda, garantindo vazão e pressão regulares na rede de distribuição;

- b) sua localização e capacidades são determinadas em função do projeto hidráulico, aproveitando-se a pressão disponível na linha de adução e a topografia da área, a fim de abastecer, por gravidade, todos os pontos de consumo;
- c) geralmente são localizados em terrenos altos, de boas características geotécnicas e livres de interferências do lençol freático;
- d) acarretam tensões verticais de solicitação de, no máximo  $1,5 \text{ kg/cm}^2$ , podendo, no entanto apresentar problemas de fundação em virtude de recalques diferenciais nos bordos e no centro da laje de fundação, da influência eventual de águas de vazamento e do assentamento em seções mistas de corte-aterro.

#### 4.2.1.1 Reservatórios de superfície:

- a) são os que são construídos semi-enterrados ou na superfície. Podem ser descobertos (aparentes) ou cobertos (aterrados);
- b) devem ser assentados sobre uma camada drenante, de granulometria e espessura especificadas em projeto, para captação de águas de vazamento sem carreamento de material do solo ou do filtro. Ver 4.1.8. As eventuais águas de vazamento devem ser conduzidas a drenos, que vão ter a pontos de inspeção, dispostos ao redor do reservatório e ligados entre si por uma rede que reunirá todos os eventuais vazamentos em um único ponto;
- c) a camada e a rede drenantes devem ser assentadas sobre uma camada de argila com 30 a 50 cm de espessura, compactada a pelo menos 96% do proctor normal, devendo a superfície acabada dessa camada de argila apresentar caimento mínimo de 1% para a linha dos drenos;
- d) a base da referida camada drenante deve ficar 1,0 m acima do lençol freático, natural ou rebaixado, e deve se estender 2,0 m além das bordas da estrutura;
- e) a camada drenante deve ser compactada e sobre ela deve-se lançar uma camada de concreto-magro com espessura de 5 a 10 cm. A superfície da camada drenante e de concreto-magro devem ter caimento igual ao da laje de fundo do reservatório;
- f) reservatórios enterrados no solo natural, com capacidade inferior a  $1.000 \text{ m}^3$  e lâmina máxima de 5,0 m de altura podem dispensar a camada drenante e o rebaixamento permanente do lençol freático, desde assentes sobre e envolvidos por uma camada de argila impermeável, compactada a pelo menos 96% do proctor normal, com espessura de 50 cm;
- g) quando o solo natural de fundação for argiloso e com  $\text{ISC} > 5$  deve ser escarificado até uma profundidade de 20 cm, umedecido e compactado a pelo menos 96% do proctor normal;
- h) quando o terreno na cota de fundação tiver  $\text{ISC}$  inferior a 5, deve ser substituído por solo argiloso de  $\text{ISC} > 6$  que deverá ser compactado em camadas, a pelo menos 96% do proctor normal;
- i) quando a espessura de solo a remover for excessiva ou de substituição desvantajosa, o projetista deverá considerar o uso de laje de fundação nervurada apoiada sobre estacas;
- j) é vedado o emprego de fundação por estacas flutuantes.

#### 4.2.1.2 Reservatórios elevados do solo:

- a) são geralmente conhecidos por torres ou castelos, e destinam-se ao armazenamento de água para abastecimento público ou particular. Raramente sua capacidade excede de  $50 \text{ m}^3$  litros, devido a restrições econômicas.

- b) quando conjugados a reservatório de acumulação inferior, recomenda-se que as fundações dessas estruturas sejam independentes e suficientemente distanciadas para que não se interfiram reciprocamente;
  - c) quando, por razões técnicas ou por outras limitações impostas, essas estruturas devam ter fundação única ou interferentes entre si, deve-se considerar as situações mais desfavoráveis para projeto;
  - d) no caso de ocorrer a situação considerada na alínea c), adotar as seguintes providências:
    - para determinação da tensão de solicitação, considerar os reservatórios elevado e inferior carregados ao nível máximo, além do acréscimo da taxa de bordo devido a esforços horizontais ou rotação por desaprumo (excentricidade);
    - para estabilidade ao tombamento, considerar cada reservatório cheio ou vazio, adotando-se, para o cálculo da fundação, a situação mais desfavorável.
- NOTA:** Por medida de segurança, a estrutura do reservatório inferior deve ser independente dos pilares ou coluna de apoio do reservatório elevado para garantia suplementar da estanqueidade.
- e) a tensão de trabalho sob as bordas, nas fundações diretas, não deverá ser superior à tensão admissível do terreno, determinada pelos ensaios geotécnicos preliminares;
  - f) deve ser considerada a influência de possíveis vazamentos que possam ocorrer no reservatório inferior.

#### 4.2.2 Tanques de tratamento de esgotos

- a) são estruturas geralmente enterradas ou semi-enterradas, que recebem despejos sanitários e/ou industriais para neutralização biológica e química;
- b) geralmente são localizados em fundo de vales, a beira-rio, em solos desfavoráveis para fundação direta e sujeitos à influência do lençol freático;
- c) transmitem baixas taxas de solicitação ao solo em virtude dos níveis operacionais impõem lâminas de água entre 2 e 4,0 m;
- d) são usualmente acoplados a estações elevatórias e conjuntos motor gerador dos quais devem ter estrutura independente, pelas considerações feitas no item 4.2.5.1;
- e) nos casos em que não houver interferência do lençol freático, deve ser especificado no solo de fundação, uma camada drenante para controle de águas de fuga, conforme item 4.1.6;
- f) quando exequível e funcional o uso de camada drenante do lençol freático, o controle de vazamento poderá ser feito pela observação direta do nível interno de cada compartimento, devidamente isolado de águas afluentes;
- g) devem ser previstos poços de inspeção de  $\varnothing$  30 cm a montante e a jusante do lençol freático, que permitam a coleta de amostras de água para controle de vazamento, seja por análise química ou por traçadores;
- h) para se evitar a contaminação do lençol freático ou proteger-se o concreto de águas freáticas agressivas, deve-se:
  - assentar a laje de fundo sobre um leito de argila, compactada a pelo menos 96% do proctor normal, com 50 cm de espessura;

- envolver as paredes da estrutura desde o leito de fundação até o nível máximo do lençol freático, com uma cortina de argila, compactada a pelo menos 96% do proctor normal e com espessura mínima de 50 cm;
- i) para evitar o risco de flutuação, a juízo do projetista, pode-se ancorar a estrutura nos elementos de fundação, considerando-se a resistência de fuste ao arrancamento como sendo equivalente a 50% da resistência de fuste à compressão.

NOTA 1: O uso de válvulas de alívio para evitar o risco de flutuação tem duas contra-indicações:

- o possível emperramento do dispositivo ao longo dos anos, o que torna duvidosa a proteção, e
- a grande permeabilidade do lençol freático indispensável para a fluência rápida das águas externas, que poderá vir a ser colmatado pelo fluxo inverso de lodo para o lençol.

NOTA 2: O dimensionamento de filtros e câmaras de acesso às válvulas de alívio é baseado nas propriedades hidrodinâmicas do lençol, cuja determinação deve ser solicitada juntamente às investigações geológicas, caso seja necessário.

#### 4.2.3 Dutos

- a) compreendem adutoras, canais abertos, galerias, emissários e interceptores de esgoto ( Ver figuras 1, 2 e 3).  
São estruturas ou tubulações de grande extensão que veiculam água ou esgoto formadas por segmentos ou tubos ligados entre si por juntas rígidas ou elásticas, capazes de absorver e transmitir esforços mecânicos sem prejuízo da estanqueidade.
- b) para efeito de projeto, caracterizam-se principalmente pela diversidade de características geotécnicas que encontram ao longo do traçado, bem como pelos problemas de transição corte-aterro.
- c) as estruturas geralmente são pesadas, de concreto-armado, moldadas "in loco" ou pré-moldadas.  
Transmitem taxas de solicitação superiores a  $2,00 \text{ kg/cm}^2$ , pelo que a laje inferior deve ser projetada como laje de fundação.  
As estruturas tubulares devem ser assentes sobre laje-berço contínua.
- d) as tubulações geralmente são leves, bem mais sujeitas ao risco de colapso por empuxo do solo e por ações mecânicas. Podem ser assentadas sobre laje-berço contínua, blocos-berços ou sobre colchão de solo, brita ou areia.
- e) em face de condições diversas do solo de fundação, os dutos de um mesmo projeto podem apresentar variação na forma, dimensões e natureza do material, no tipo e distância das juntas.

#### 4.2.4 Dutos enterrados

- a) recebem o empuxo do solo ( e do lençol freático) e transmitem empuxos laterais e longitudinais devidos ao escoamento e parada do líquido que veiculam.
- b) no assentamento de tubos direto no solo ou sobre blocos de concreto, o apoio deverá abranger uma parte do tubo correspondente a um ângulo central  $\theta$ , cujo valor mínimo para cada diâmetro é fornecido pelo fabricante do tubo ( Fig. 4)

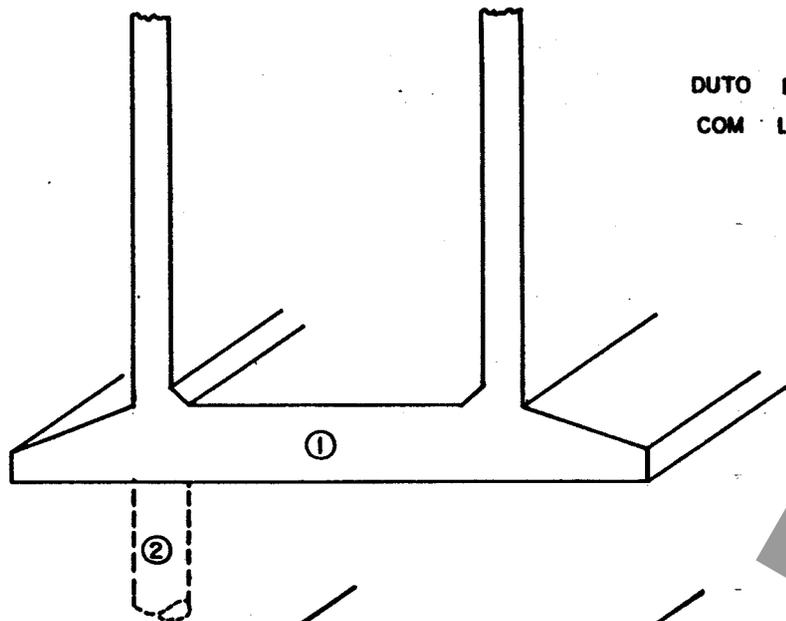


FIGURA 1

DUTO EM ESTRUTURA DE CONCRETO  
COM LAGE DE FUNDAÇÃO CONTÍNUA

- ① Concreto armado.
- ② Broca ou estaca

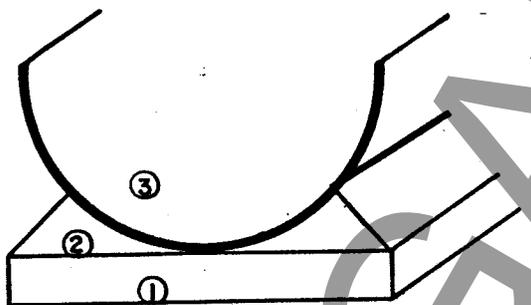


FIGURA 2

TUBULAÇÃO SOBRE LAGE-BERCO CONTÍNUA  
DE FUNDAÇÃO

- ① concreto armado
- ② concreto simples
- ③ mancha de borracha 1"

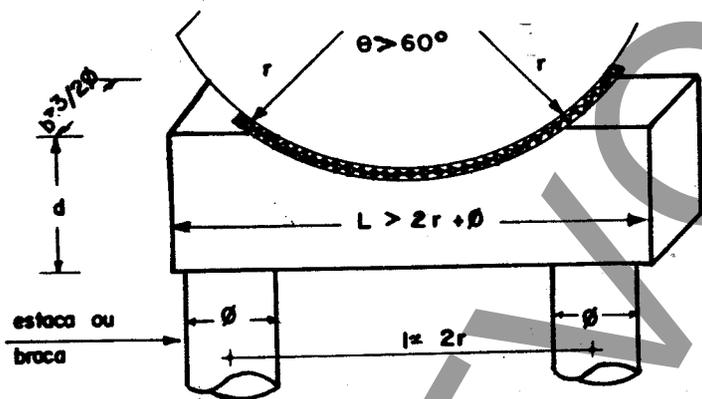


FIGURA 3

BLOCO BERCO S ESTACAS

- 1- Concreto armado
- 2- Mancha de borracha 2"
- r - Raio da tubulação

$\theta$  = ângulo central da curva, em graus  
 $E = 1,5708 D^2 P \cdot \text{sen } \theta/2$   
 E = a resultante em N  
 D = diâmetro interno em m  
 P = pressão hidrostática, em Pa

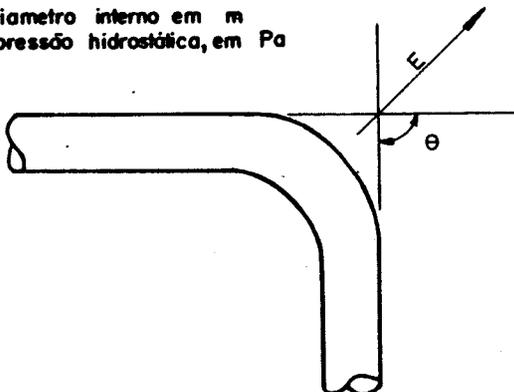


FIGURA 4  
EMPUXO NAS CURVAS

#### 4.2.4.1 Trechos situados acima do lençol freático:

- a) os dutos de paredes metálicas devem ser envoltos em solo arenoso compactado, para proteção anti-corrosiva e controle de vazamentos;
- b) os não metálicos devem ser envoltos em solo argiloso, compactado a pelo menos 96% do proctor normal com um dreno longitudinal (opcional) para controle de vazamento.

#### 4.2.4.2 Trechos situados abaixo do lençol freático:

- a) os dutos devem ser assentes sobre e envolvidos com material argiloso, compactado pelo menos a 96% do proctor normal;
- b) estes trechos devem ser ancorados a blocos ou lastreados com anéis de concreto, de modo a apresentarem coeficiente de segurança à flutuação mínimo de 1,1 não se considerando o aterro e o líquido conduzido, como lastro;
- c) o empuxo lateral devido à pressão do líquido pode ser absorvido pelo terreno somente ou também por blocos de ancoragem, estacas diagonais ou tirantes;
- d) os perfis verticais de escoramento de valas e os elementos de fundação podem ser previstos em projeto para uso como ancoragem dos dutos sujeitos à flutuação ou empuxo lateral;
- e) os esforços verticais devem incluir as cargas de tráfego, aterro e energia de compactação das camadas subjacentes;
- f) quando na cota de assentamento, o material do fundo da vala apresentar baixa taxa admissível, como no caso de solo mole, turfoso ou fofo, de remoção ou substituição desvantajosa, os dutos devem ser assentados em blocos em forma de berço, apoiados sobre brocas de concreto-armado ou estacas;
- g) os blocos de apoio citados em f devem ser distanciados convenientemente, considerada a resistência da tubulação (que, dependendo da natureza da emenda ou junta, funcionará como viga contínua ou articulada) e dimensionados para absorverem o peso total e os empuxos horizontais;
- h) os dutos não poderão ser "enterrados" nos trechos de encosta instáveis ou em movimento de rastejo.

#### 4.2.5 Dutos aparentes

- a) são tubulações assentadas ao nível do greide de terraplanagem sobre um coxim de material granular sobre berços regularmente espaçados ou sobre laje contínua;
- b) por ficarem expostos sofrem os efeitos da variação térmica, criando tensões alternadas que originam esforços horizontais sem consequências maiores para as fundações, mas que podem romper a estanqueidade das juntas, causando vazamentos capazes de erodir as bases de apoio de fundações diretas;
- c) quando assentados em seção em corte, ficam sujeitos a empuxos laterais provocados por deslizamentos de taludes capazes de romper a linha;
- d) quando assentados em seção em aterro, ficam sujeitos a recalques ou flexão, devido ao escorregamento de taludes;
- e) nas seções de transição corte-aterro há problemas de recalques diferenciais que podem cisalhar a tubulação ou abrir as juntas;

- f) em casos inevitáveis de assentamento em encostas em movimento de rastejo, os dutos aparentes são particularmente indicados pela possibilidade que oferecem de manutenção periódica;
- g) nesses casos, o projetista deverá estudar a conveniência da adoção de soluções especiais, tais como:
- berço com apoio livre ou deslizantes, sobre o bloco de fundação
  - ancoragem por meio de tirantes ou perfis metálicos profundos
  - vala com largura adicional para possibilitar o trânsito entre o duto e o maciço, de equipamento e veículo para manutenção e remoção periódica de material
  - juntas especiais de dilatação com manutenção periódica
- h) o empuxo lateral nas curvas devido à pressão do líquido pode ser absorvido por blocos de ancoragem assentados diretamente no solo ou sobre brocas, conforme fig. 5;
- i) quando houver estrutura disponível junto a curva pode se usar tirantes, conforme fig.6.

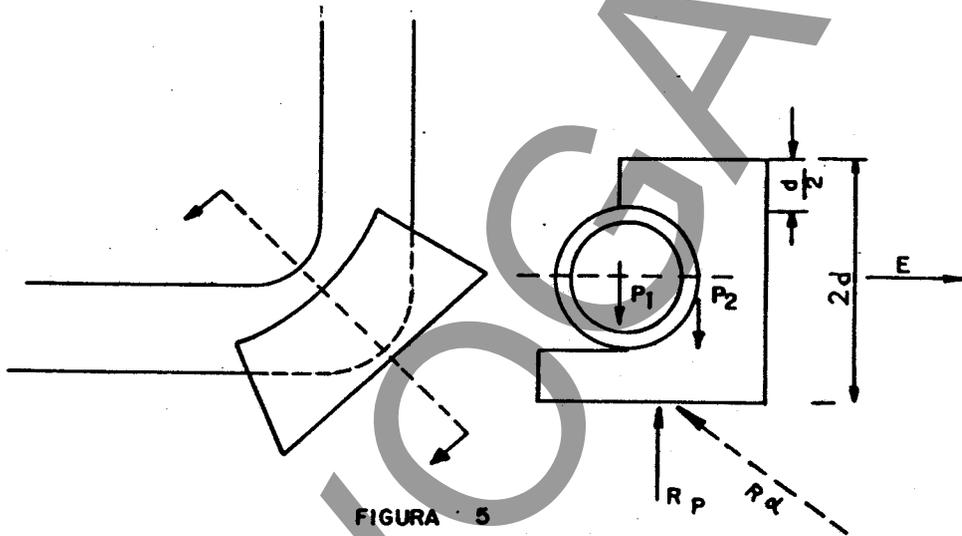


FIGURA 5

BLOCO DE ANCORAGEM

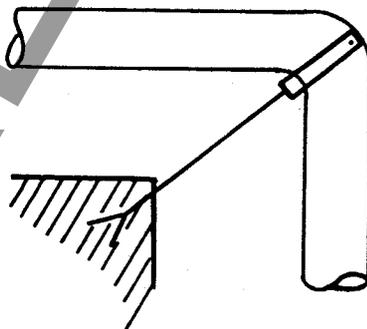


FIGURA 6

TIRANTE DE ANCORAGEM

#### 4.2.6 Estações elevatórias e estações geradoras de força

##### 4.2.6.1 Considerações especiais de projeto

- a) quando situadas em terrenos baixos sofrem a influência do lençol freático e, neste caso, a elas se aplicam as mesmas considerações feitas em 4.2.2. ;
- b) quando assentadas sobre terrenos arenosos e fofos devem ser considerados os prováveis recalques do solo de fundação em virtude de vibrações.

##### 4.2.6.2 Fundações dos equipamentos

Podem ocorrer 3 situações distintas, dependendo da potência total de funcionamento simultâneo:

- a) equipamentos com até 50 CV.  
Podem ser assentados em laje de fundação ou intermediária, apoiada na mesma fundação da estrutura.
- b) equipamentos de 50 a 150 CV.  
Devem ser assentados sobre blocos com estrutura e fundações isoladas e independentes da estrutura principal.
- c) equipamento com potência superior a 150 CV.  
Devem ser assentados em blocos de apoio individuais, distanciados entre si e da estrutura e com fundações próprias.

NOTA: O bloco de fundação de conjunto moto-gerador ou motor-bomba, deve ter uma vez e meia o peso do conjunto motor-gerador ou motor-bomba.

#### 4.2.7 Lagoas de estabilização

- a) também chamadas de lagoas de tratamento, são obras de terra que devem conter águas com profundidade máxima de 3,0 m. Geralmente são situadas em locais baixos, a beira-mar ou em fundo de vales;
- b) devem ser impermeáveis, não sofrer interferência do lençol freático, do qual deve ser isolada por uma camada contínua de argila com espessura mínima de 40 cm, compactada pelo menos 96 % do proctor normal;
- c) geralmente são semi-enterradas, isto é, parcialmente escavadas e parcialmente em dique;
- d) os taludes são suaves, geralmente variando de 1:1 a 1:3, com rip-rap na parte em contato com a água;
- e) a principal preocupação é que não haja percolação excessiva através do maciço, devendo-se prover uma continuidade entre a camada de argila do fundo e o contato dique-solo com o núcleo do dique (fig.7a) e para isso, deve-se remover solos porosos, raízes e solos vegetais, substituindo-os por solo argiloso compactado a pelo menos 96% do proctor normal.

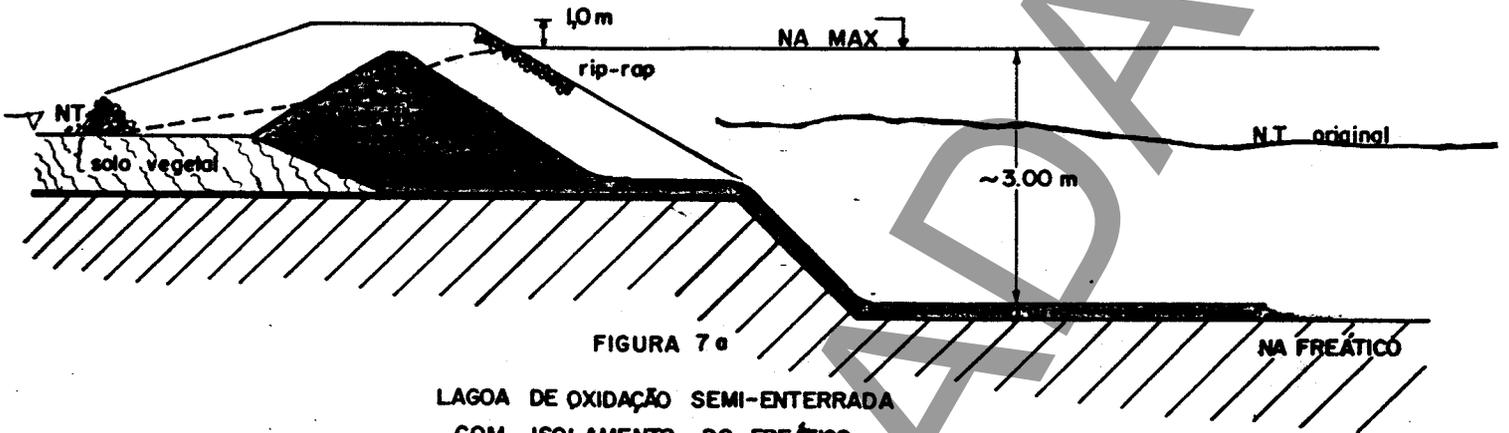


FIGURA 7 a

LAGOA DE OXIDAÇÃO SEMI-ENTERRADA  
COM ISOLAMENTO DO FREÁTICO

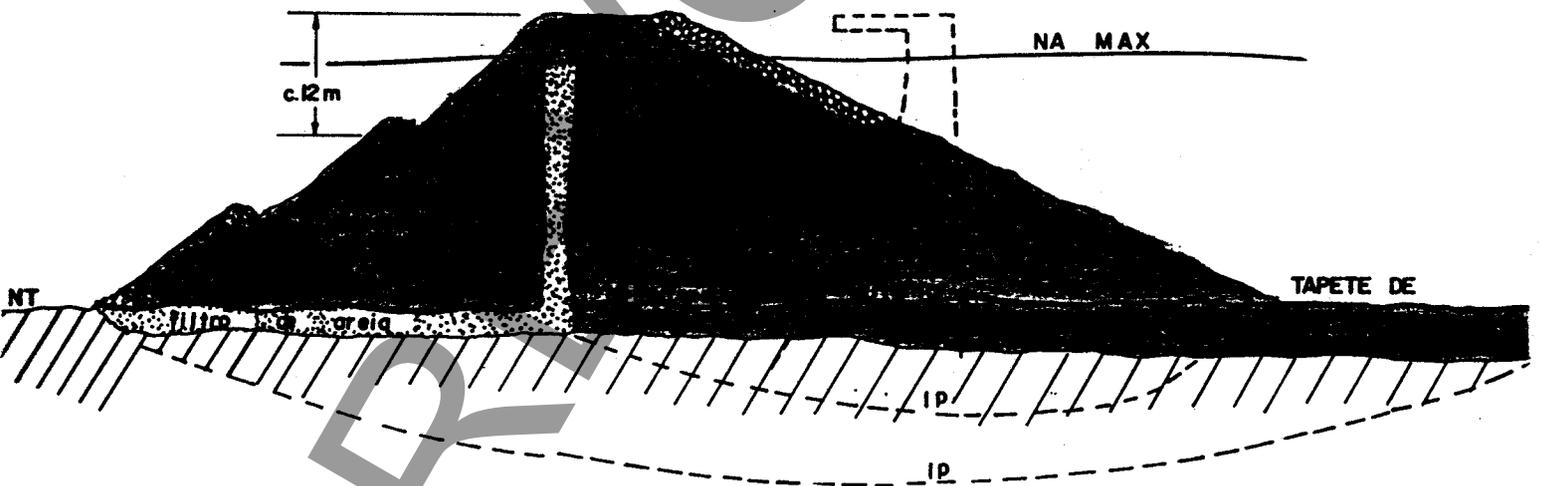


FIGURA 7 b

BARRAGEM DE TERRA

#### 4.2.8 Barragens

- a) são obras especiais cujas fundações constituem problemas de engenharia de solos onde o controle de infiltração à montante e o controle da percolação pelo maciço têm importância primordial na estabilidade da obra. (Ver Fig. 7 b);
- b) para o tamponamento de fendas e diaclases é usual injeção de argilas coloidais, nata de cimento rápido, etc. no fundo e nas ombreiras;
- c) para o controle de infiltração à montante, o solo superficial é removido e substituído por um tapete de argila compactada;
- d) para o controle da percolação são feitas no núcleo do maciço, cortinas verticais drenantes, que vão ter a uma camada drenante que se estende até ao pé do talude jusante.

### 5 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Os materiais dos elementos de fundação devem ser convenientemente especificados no projeto.

A agressividade do solo e águas freáticas ao concreto e aço são de necessária consideração, sob pena de se ter corrosão e ruína das fundações.

#### 5.1 Concreto e aço dos elementos de fundação

Devem observar as recomendações da Norma CETESB NC-04.001, a partir do grau de agressividade determinado de acordo com a Norma CETESB LI.007.

**NOTA:** Dar especial atenção à proteção dos tirantes de obras permanentes contra a corrosão.

#### 5.2 Tubos drenantes

Devem ser de concreto resistente a provável agressividade das águas de vazamento. Ver a Norma CETESB NC-LI.007.

#### 5.3 Drenos e filtros

Devem ter sua granulometria especificada para se evitar o carreamento de material da formação.

## ANEXO - TAXAS ADMISSÍVEIS DE SOLOS

<u>Tipos de Solo</u>	<u>kPa</u>
Rocha maciça	2000
Rocha alterada	1000
Rocha muito alterada, porosa, arenito	500
Pedregulho ou areia grossa compacta	400
Argila rija, argilito	400
Argila média, filitos	200
Areia confinada, adensada	200
Areia fofa, argila mole	< 100

REVOGADA