

CAPÍTULO XII

DRENAGEM DAS CONSTRUÇÕES ENTERRADAS

12.1 INTRODUÇÃO

A água no solo proveniente da precipitação sob a forma de chuva, neve, nevoeiro, orvalho e durante todo o seu ciclo é o pior inimigo nas obras de construção.

A impermeabilização dos elementos de construção em contacto com o solo é indispensável para evitar a passagem de humidade e infiltração de águas. A sua construção faz-se através de caleiras, ralos e sarjetas. Para proteger a construção contra o escoamento subterrâneo, ou seja, contra as águas freáticas faz-se um invólucro estanque ou impermeabilização à prova de pressão.

Na protecção das paredes contra a humidade de um elemento de construção enterrado, existem regras a ter em consideração. A entrada de água dá-se pelas fundações e pelo paramento exterior das paredes, infiltra-se no elemento de construção, ascende por capilaridade e sai na parte não enterrada do elemento.

Para evitar este problema de infiltração constroem-se camadas de impermeabilização verticais e horizontais e utilizam-se materiais de impermeabilização.

Uma obra construída a um nível superior ao nível freático pode temporariamente estar envolvida de água; nestas condições pode ser protegida através de um sistema de drenagem.

12.2 DRENAGEM DA PAREDE EXTERIOR

Às águas sem pressão não oferecem perigo para a construção, mas a partir destas formam-se águas sujeitas a pressão, águas suspensas e de infiltração que se acumulam em grandes quantidades. A água que ascende por capilaridade, forma por vezes, sob a soleira da construção, uma toalha de água fechada, caso de encostas e quando se tratam de terrenos coerentes, pelo que a impermeabilização não é suficiente, havendo necessidade de recorrer a outras medidas que requerem um estudo mais elaborado.

Uma forma eficaz para a resolução da situação referida é a disposição de um dreno que desvia a água e evita também a sua acumulação. A norma DIN 4117 e DIN 4095 abordam este facto e sugerem, que no caso de terrenos coerentes e de encostas, a utilização de um dreno eficiente que evite a acumulação de águas sob pressão, é a melhor medida de protecção.

12.2.1 Constituição dos drenos

Todos os drenos são constituídos por um filtro (muitas vezes podem ser camadas de areia ou gravilha) e de um tubo de evacuação. Este recolhe a água que atravessou o filtro e em seguida é conduzida para um colector. Este colector tem como objectivo reunir a água dos diferentes drenos e de as evacuar.

Existem três tipos de drenos dependendo da sua aplicação:

- A trincheira (fosso) onde a água penetra em toda a altura das duas paredes verticais;
- A galeria onde o filtro forma manto à volta do tubo de evacuação;
- A camada drenante que é aplicada contra as paredes exteriores de algumas obras.

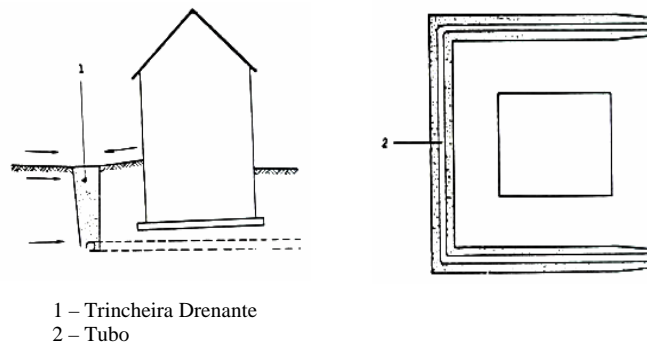
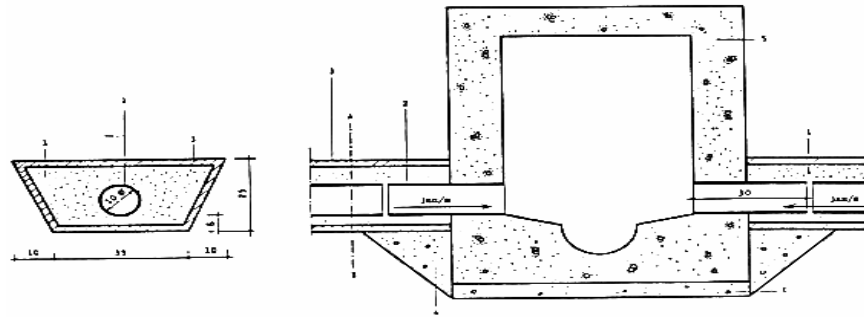


Figura XII.1 – Drenagem Periférica através de trincheira drenante

O dreno da figura XII.1 aplica-se quando as águas de infiltração devem ser evacuadas o mais rápido possível.

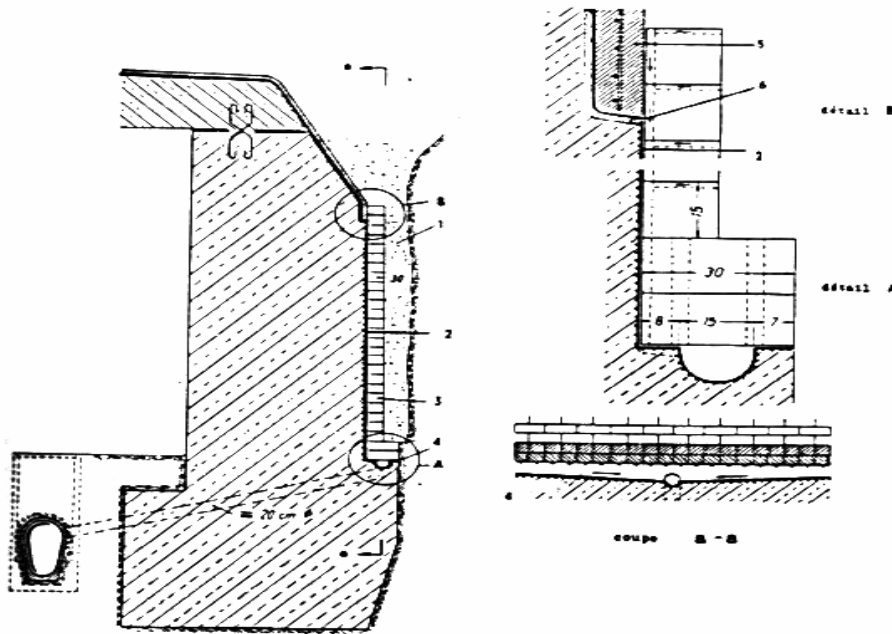
O tipo de galeria (figura XII.2) é utilizada quando o dreno é situado mais baixo que o nível freático e caso não exista nenhum perigo de saturação do solo acima deste por infiltrações descendentes ou horizontais.

A camada drenante (figura XII.3) encontra-se em contacto com a construção a proteger, sob o revestimento ou contra as paredes. Ela tem como objectivo evacuar as águas de infiltração o mais rápido possível ou de diminuir a sobrepressão. No caso representado na figura XII.3, a camada drenante está situada contra as paredes verticais. Formada de blocos ocós, assegura simultaneamente a evacuação das águas e a protecção do reboco de estanquicidade.



- 1 – Gravelha 4/16
- 2 – Dreno
- 3 – Geotêxtil
- 4 – Betão de travação
- 5 – Galeria em betão armado
- 6 – Betão de limpeza

Figura XII.2 – Drenagem de águas através de galeria



- 1 – Camada drenante
- 2 – Reboco estanque
- 3 – Blocos de betão
- 4 – Caleira
- 5 – Camada protectora
- 6 – Impermeabilização

Figura XII.3 – Drenagem com camada drenante

A disposição do dreno relativamente à fundação, à estrutura e soleira da cave, deve ser tal, que a água acumulada seja toda escoada e se evite o efeito contrário de retenção dessa água junto à construção.

O edifício está sujeito à água da chuva e à água retida na camada compactada do terreno primitivo, sendo frequente localizar-se na zona da cave uma inversão de estratos que retêm a água de infiltração, acumulando-a junto da parede da cave. Existem os casos em que a compacidade do terreno aumenta com a profundidade e constitui um obstáculo ao escoamento das águas, como ilustra a figura XII.4.

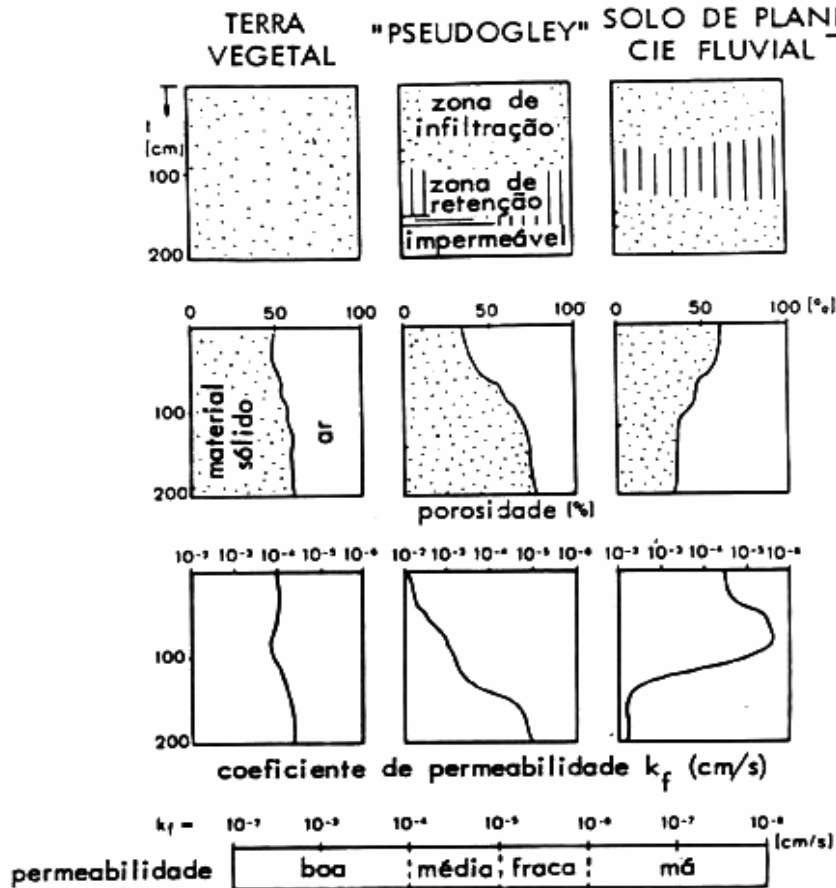


Figura XII.4 – Porosidade e permeabilidade

Numerosos projectos falharam devido ao descuido e incompreensão, e no caso de construções novas de se ter procedido ao aterro de fossas e de leitos de cursos de água existentes ao nível das soleiras das caves.

A profundidade do dreno deve ser tal que dê escoamento à água de capilaridade acumulada na camada filtrante de seixo. Quando o volume de águas for significativo, os filtros interior e exterior devem comunicar entre si. É aconselhável instalar, em posição inferior, uma drenagem de superfície, devendo os troços dos drenos distanciarem-se entre si de 2 a 3 metros em pavimentos de cave de grande superfície, sendo esta medida indispensável quando a pressão de água acumulada prevista seja tal que haja o risco de originar um abalamento do pavimento.

A figura XII.5 mostra um dreno de superfície sob o pavimento da cave como tubo de drenagem e uma conduta periférica em forma de anel.

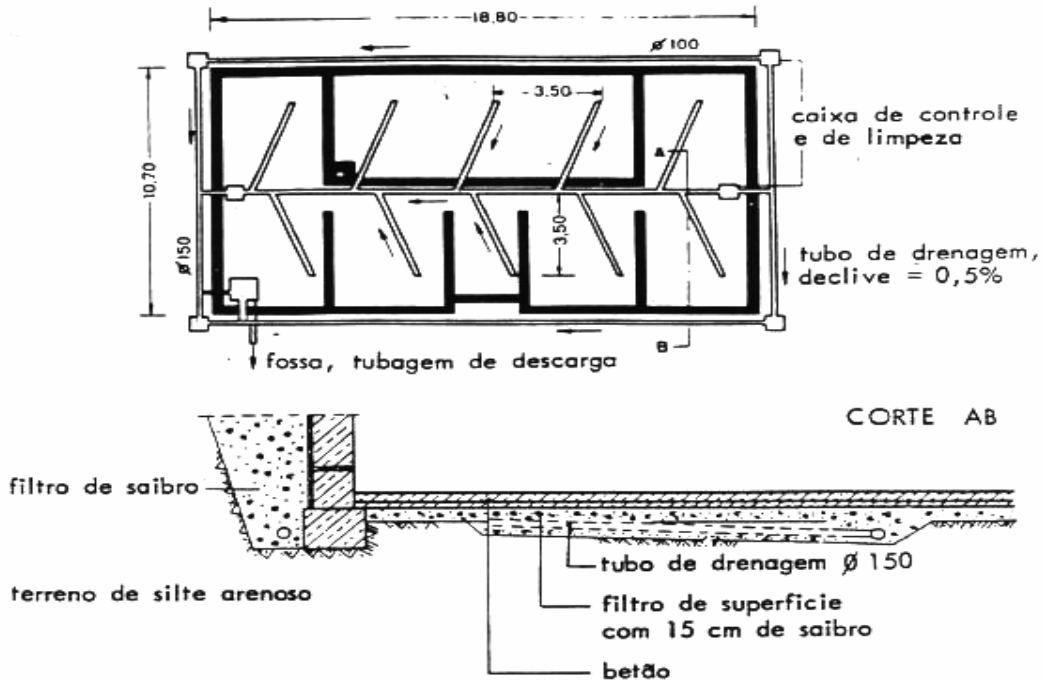


Figura XII.5 – Exemplo de um dreno de superfície

Na maior parte das vezes é natural, fazer-se o escoamento da água acumulada para a conduta anelar, por intermédio de tubos de pequeno diâmetro que atravessam a fundação (tubos de plástico de 50 mm).

A figura XII.6 exemplifica esta disposição onde se apresenta em corte o sistema de drenagem periférica e as correspondentes camadas de filtragem e indica as formas mais importantes de acumulação de água.

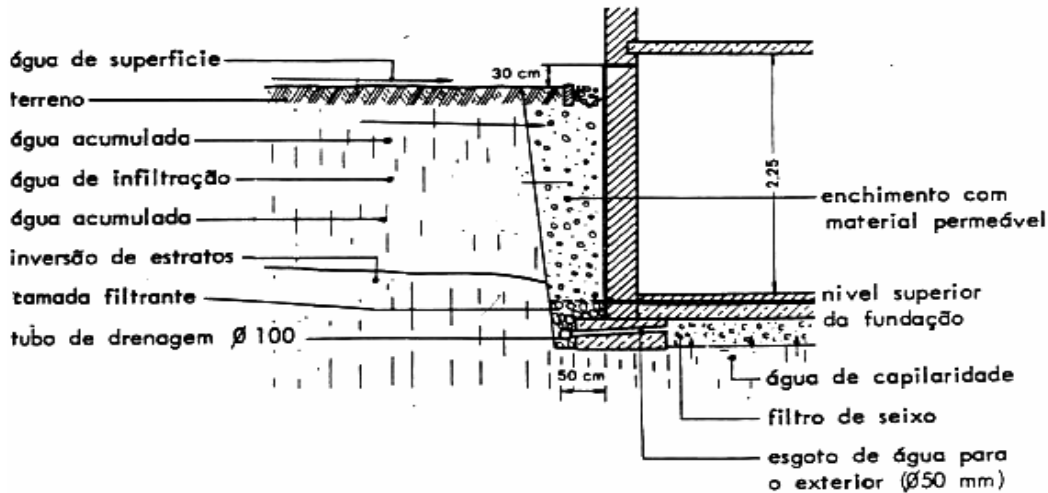


Figura XII.6 – Sistema de drenagem com dreno tubular

No dimensionamento do dreno é necessário conhecer a ordem de grandeza do volume de água a escoar. Para além das águas de superfície e de infiltração que entram no volume de água a drenar, deve ter-se em atenção se não existem águas provenientes de outras origens, tais como água suspensa ou acumulada que contribui para o engrossamento do caudal. Tomar em consideração subsistências antigas e leitos de cursos de água que por vezes foram aterrados em zonas de construção recentes. É de ter em conta que nas

zonas de aterro, a água precipitada infiltra-se rapidamente, atingindo a superfície do terreno primitivo e aí se acumulando. Esta forma de armazenamento de água aumenta significativamente o volume das águas a escoar.

Os tubos de drenagem de ϕ 100 mm para o escoamento das águas, em geral, são suficientes. O declive destes tubos não deve ser inferior a 0.5 % , usando-se normalmente um declive de 1 %.

O quadro 1 apresenta os valores do caudal Q (l/s) e das correspondentes velocidades (m/s) num tubo de drenagem de ϕ 100 mm para diferentes declives i.

i (%)	Q (l/s)	V(m/s)
0,5	3,56	0,45
0,6	3,90	0,50
0,7	4,21	0,54
0,8	4,50	0,57
0,9	4,78	0,61
1,0	5,04	0,64
1,25	5,63	0,72
1,5	6,17	0,78
1,75	6,66	0,85
2,0	7,12	0,91

Quadro XII.1 – Caudais e velocidades num tubo de drenagem de ϕ 100 mm

Como o declive fica condicionado pela altura da fundação, o tubo de drenagem não deve passar em nenhum ponto sob a fundação.

As condições hidráulicas do terreno nas proximidades dos drenos devem estar presentes na concepção e projecção de um sistema de drenagem.

A figura XII.7 mostra como se faz o escoamento da água para um dreno. A água penetra pelas juntas de topo, as quais devem encostar bem, a fim de evitar a entrada de partículas de terra, e penetra no tubo em todas as direcções. Há parte de água que se acumula no leito do dreno que depois aflui a este.

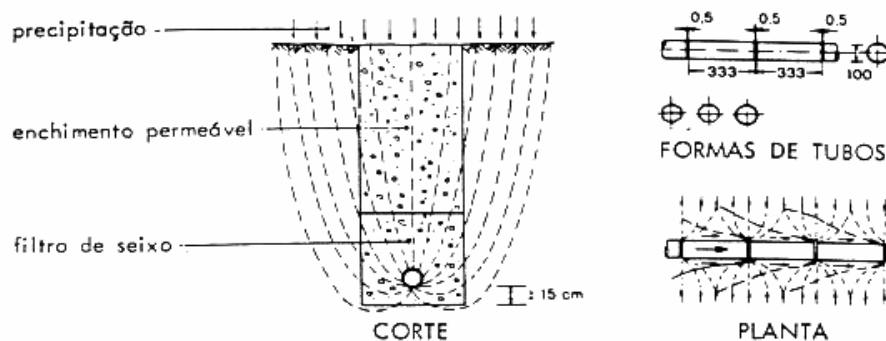


Figura XII.7 – Funcionamento de dreno

Os tubos de drenagem mais utilizados (tubos de evacuação) são de material cerâmico, de pedra ou de betão perfurados, plásticos lisos ou nervurados (PVC) e tubo de betão filtrante. Estes tubos recebem a água através do filtro e evacua-na rapidamente de maneira a que o filtro nunca esteja saturado, mesmo parcialmente.

É constituído por elementos colocados com juntas abertas ou por tubos contínuos perfurados ou porosos.

Quanto à natureza podemos distinguir:

Tubos tradicionais:

Tubos em material cerâmico, sem gola, de 33cm de comprimento; tubos em betão vibrado a colar fixo ou a encaixar a meia espessura, de 50cm ou de 1m de comprimento.

Tubos não tradicionais:

Tubos em betão, em asbesto - cimento ou em matéria plástica munido de aberturas circulares ou rectangulares, distribuídas ou ao longo de toda a superfície do tubo, ou apenas numa parte desta.

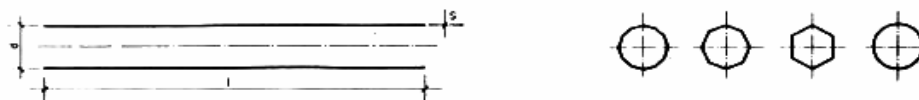
Tubos em betão porosos:

O tubo de evacuação repousa por vezes sobre uma bacia impermeável em betão magro e está envolvido no restante do perímetro pelo material filtrante. No entanto, é preferível envolvê-lo inteiramente pelo material filtrante.

A superfície interior do tubo de drenagem deve ser lisa e isenta de rugosidades e de partículas, não podendo apresentar rachas contínuas.

As dimensões e pesos de tubos cerâmicos de drenagem são os seguintes.

Diâmetro nominal ϕ (mm)	Forma exterior	Diâmetro interior médio d (mm)		Comprimento médio l (mm)			Espessura média da parede s (mm)		Soma das áreas de entrada f (cm ²)		Carga de rotura mínima P (kgf)	Peso médio dos tubos (kg/peça)			
		Valor mín.	Valor máx.	Valor nom.	Valor mín.	Valor máx.	Valor mín.	Valor máx.	Valor mín.	Valor máx.		redondo	hexagonal	octogonal	dodecagonal
50	circular, hexagonal, octogonal	48	53				6	13	2,5	7	550	1,0	1,4	1,2	-
65		63	68				7	14	3	9	700	1,3	1,6	1,4	-
80		78	84	333	325	340	8	16	3,5	11	850	1,9	2,3	2,1	-
100		97	105				9	18	4	13	1000	2,5	3,0	2,9	-
125		121	132				10	21	4	16	1100	4,5	-	5,1	4,8
150	circular, octogonal, dodecagonal	146	157				12	23	4	16	1250	6,0	-	6,9	6,5
200		194	210	333	325	340	14	24	4	16	1400	9,3	-	10,4	9,7



Quadro XII.2 – Dimensões, cargas de rotura e pesos de tubos cerâmicos

Os tubos de betão filtrante são de entre todos os outros tipos de tubos de drenagem existentes no mercado, os de maior permeabilidade, verificando-se no entanto, que em certas circunstâncias, a sua capacidade de absorção supera a sua capacidade de escoamento. Estes tubos são mais caros que os de outros materiais, devendo estes serem aplicados, por serem muito mais eficientes em terrenos de fundações que possam oferecer surpresas.

Numa construção onde há pouca água acumulada, em vez de um tubo de drenagem pode recorrer-se a um dreno constituído por uma camada de pedra ou seixo grosso. É mais económico e sendo este tipo de drenagem adequado em terrenos rochosos fissurados, quando o aterro da zona de trabalho se faça por meio de um enrocamento.

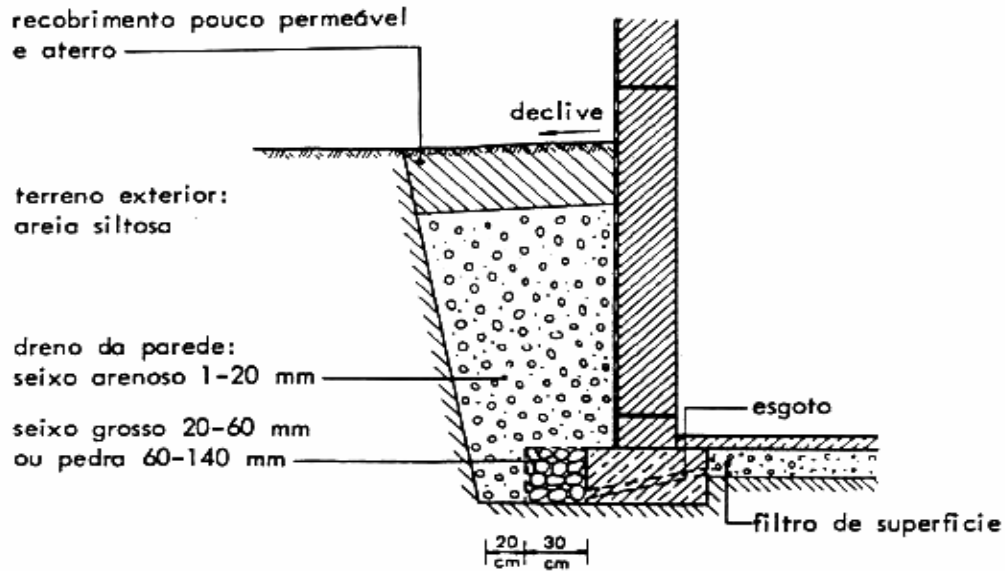


Figura XII.8 – Sistema de drenagem com seixo grosso ou pedra

A disposição do tubo de drenagem na camada de seixo filtrante é possível sem grandes dificuldades. Aconselha-se a dispor os tubos de drenagem sobre um apoio firme, estrado, como mostra a figura XII.9, nos terrenos com tendência para assentamentos ou deslocamentos por fluência.

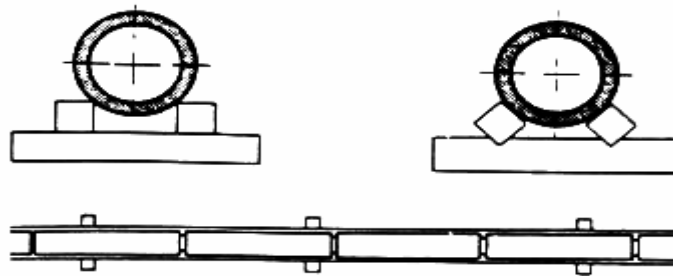


Figura XII.9 – Dreno assente em estrado

É importante evitar a entrada de partículas de terra no dreno. Para isso, é aconselhável envolver directamente o dreno com materiais filtrantes e dispor uma camada filtrante sob o tubo de drenagem, com uma espessura suficiente.

12.2.2 Filtro

A camada envolvente pode ser constituída por cascalho grosseiro ou blocagem onde os afloramentos apresentam uma estrutura fissurada. Recomenda-se a construção dum filtro de seixo, escória ou fragmentos de tijolo, no caso de material siltoso ou arenoso fino.

A disposição do tubo de drenagem e constituição da camada filtrante deve começar 0.10 m a 0.2 m abaixo da soleira do tubo e ter uma espessura mínima de 1.0 m, conforme a figura XII.10.

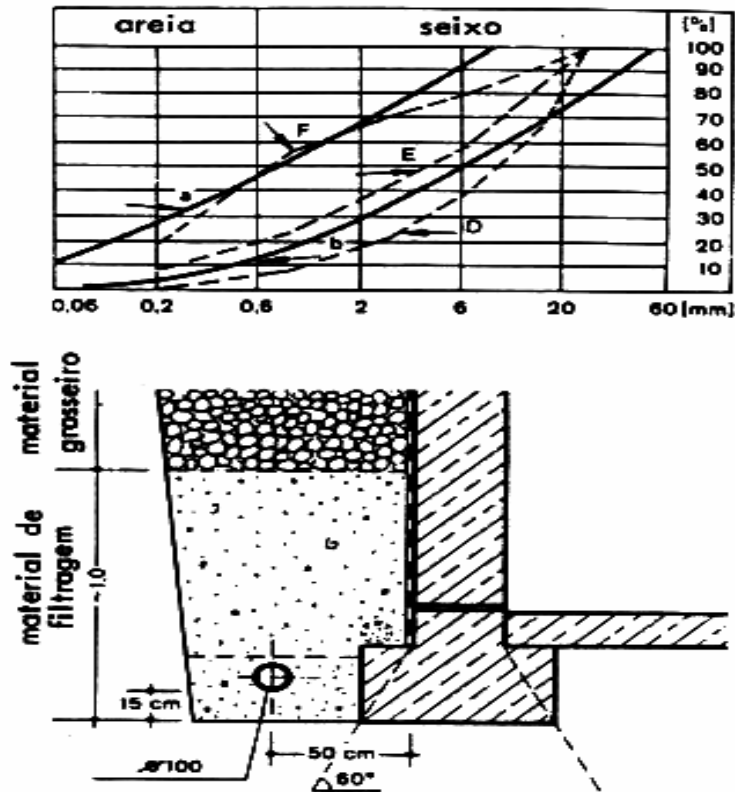


Figura XII.10 - Disposição do tubo de drenagem e constituição da camada filtrante.

A função do filtro consiste em conduzir a água proveniente do solo que o envolve para os orifícios do canal de evacuação.

Para preencher esta função, os filtros devem satisfazer a três condições fundamentais:

- os constituintes do filtro não podem ser conduzidos através dos orifícios do tubo;
- o filtro deve apresentar uma permeabilidade muito superior à do solo;
- o filtro não pode estar colmatado por elementos provenientes do solo.

A constituição do filtro do seixo, deve situar-se entre as curvas a e b, figura XII.10, segundo a regra de Terzaghi.

Com isto, fica garantido que possuam, no mínimo, 10 % de granulometria inferior a 0.06 mm , assegurando-se assim uma grande mobilidade de água no filtro. A constituição granulométrica variável do filtro oferece a garantia de que o dreno está protegido contra a obstrução por lamas.

Na escolha da curva granulométrica do filtro segundo a regra de Terzaghi, esta tem que situar-se à esquerda de A' e à direita de A. A curva granulométrica do filtro deverá possuir um andamento contínuo e ser análoga à do terreno a filtrar. Os valores inferiores, limites A e B, assinalados correspondem ao quádruplo da granulometria relativa a 15 e a 85 %, da percentagem em peso.

Na parte superior da zona de granulometria variável, faz-se o enchimento com material grosso, sobre o qual se coloca terra natural, ou aterro com entulho, desde que o material seja permeável.

Alguns requisitos a ter em conta após a colocação dos tubos de drenagem são tapar imediatamente a vala do dreno, para evitar deteriorações durante os trabalhos de terraplenagens, pois no caso de chover corre-se o risco de entrar água com lama no tubo.

Há que proceder à verificação do declive prescrito, das juntas e das ligações às caixas de visita.

Regra para a constituição dos filtros, segundo Terzaghi

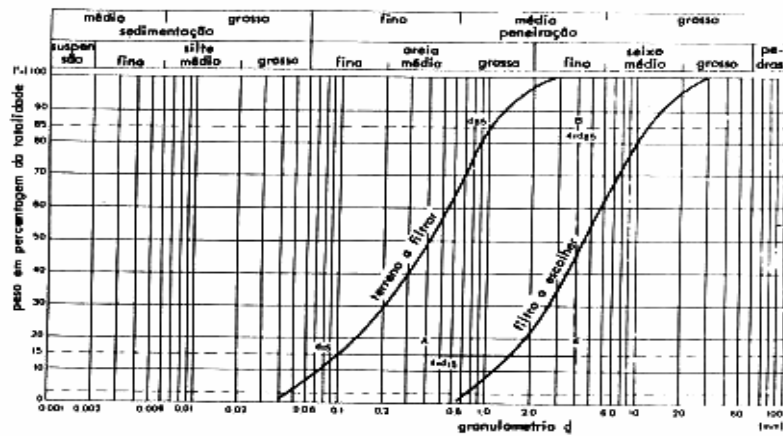


Figura XII.11 – Regra para constituição dos filtros segundo Terzaghi

O dreno deve ser disposto de forma a contornar a construção. A figura XII.12 mostra a disposição de um dreno periférico

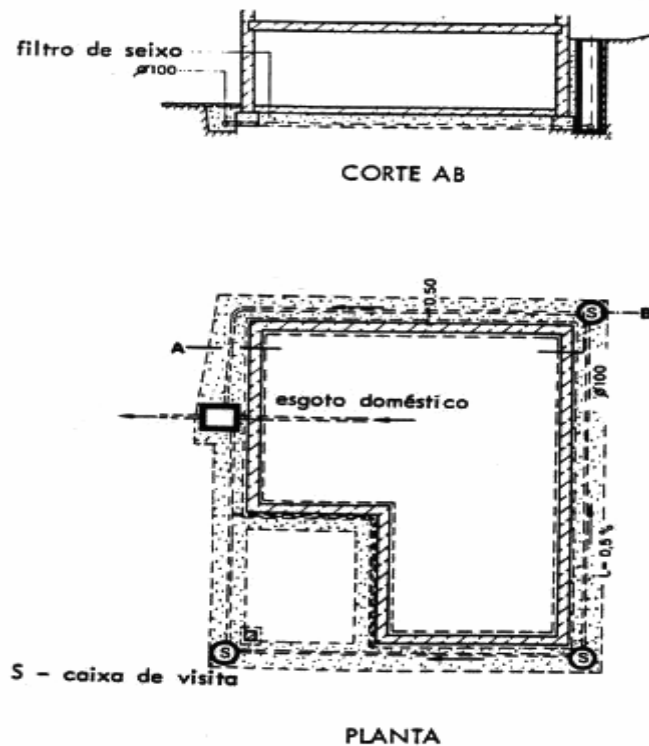


Figura XII.12 – Colocação de filtro periférico

12.2.3 Tubos de evacuação

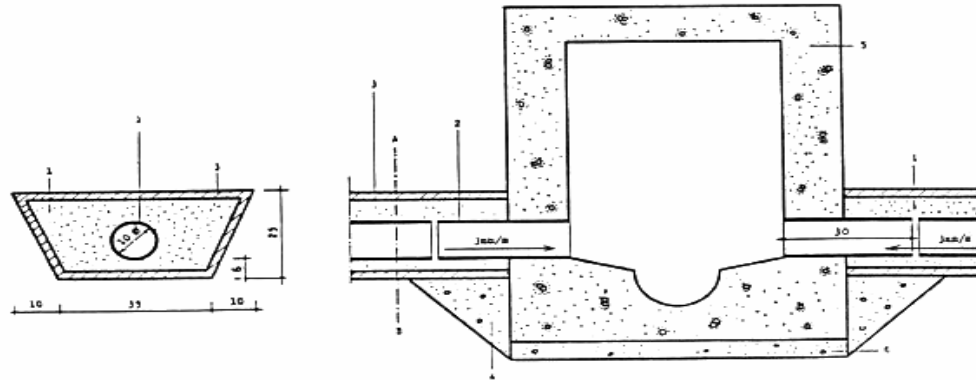
Os tubos de drenagem, conforme o declive escolhido, devem ser colocados de tal forma que fiquem dispostos abaixo do nível superior do pavimento da cave, mas acima do nível superior cabouco. O afastamento do dreno deve ser de 0.50 m da parede. A disposição do dreno sobre o ressalto da fundação é possível no caso de construções de pequena envergadura e de não se prever água em abundância. Outra forma de dispor o dreno é situá-lo a um nível inferior ao dos caboucos, se tomarmos em consideração a

zona de degradação de carga limitada por planos a 60° e não existirem incoerências de terreno na faixa afectada pela drenagem.

As caixas de visita são implantadas nos pontos de tubagem com mudanças de direcção a 90°, para uma fácil observação do funcionamento do dreno. Estas são feitas com tubos de betão de ϕ 500 mm.

12.2.4 Colectores

A água drenada é conduzida para a rede de esgoto ou rede de águas pluviais, através de um colector - figura XII.13.



- 1 – Gravelha 4/16
- 2 – Dreno
- 3 – Geotêxtil
- 4 – Betão de travação
- 5 – Galeria em betão armado
- 6 – Betão de limpeza

Figura XII.13 – Drenagem através de galeria

Esta conduta colecta as águas dos tubos de evacuação de cada dreno e as conduz para um curso de água natural, esgotos, poços de bombagem.

O colector tem uma secção transversal que é função do caudal a evacuar. No entanto, ele é muitas vezes sobredimensionado para que possa ser visitado para a verificação do bom funcionamento dos drenos que aí desagüam.

12.3 REBAIXAMENTO PERMANENTE DO NÍVEL FREÁTICO

Quando a base da construção está estabelecida a um nível inferior ao nível máximo do nível freático, é por vezes mais económico estabelecer uma rede de drenos para rebaixar o nível do que proteger a construção com uma chapa. Porém, neste caso, a drenagem deve ser feita com muito cuidado e de maneira a ser visitada. O seu não funcionamento significaria a introdução de água permanente na construção.

Neste caso, é necessário que a água recolhida possa ser evacuada facilmente por gravidade, por exemplo.

No entanto, a permeabilidade do terreno condiciona a velocidade das infiltrações. Se a natureza do terreno é tal que a construção está em contacto prolongado com as águas de infiltração, é recomendado a aplicação de uma chapa protectora.

12.4 PROTECÇÃO CONTRA OS ESCOAMENTOS SUBTERRÂNEOS PERMANENTES

Um efeito de barragem provocado por uma construção estanque pode provocar a elevação da água acima do nível da chapa. Neste caso, é bom facilitar o escoamento lateral da água que teria acumulado contra a chapa a montante, criando um dreno ao longo da construção.

12.5 DIMINUIÇÃO DAS SOBREPRESSÕES

O objectivo da drenagem, aqui, não é de eliminar todo o contacto da água com a construção mas de diminuir a pressão da água que se exerce contra a chapa de protecção de revestimento.

12.6 ELEMENTOS DE PROJECTO

➤ Estimação do caudal máximo a evacuar:

O conhecimento deste caudal, chamado caudal crítico, permite dimensionar o colector e os tubos de evacuação dos drenos.

➤ Drenagem das águas superficiais ou de infiltração:

É difícil definir regras gerais; aqui a drenagem é feita como meio de protecção de uma construção.

É necessário conhecer a quantidade de água que poderá estar em contacto com parte da construção enterrada.

É de notar que as águas superficiais só têm influência durante os períodos de chuva, enquanto que a água de infiltração tem uma influência mais longa.

12.7 REBAIXAMENTO DO NÍVEL FREÁTICO

A determinação do caudal que os drenos devem evacuar faz-se do mesmo modo que para a estimativa do caudal a evacuar para um rebaixamento do nível freático por poços filtrantes.

O método mais seguro é de realizar um ensaio de bombagem ou de se basear em valores fornecidos por um rebaixamento anterior executado em condições análogas.

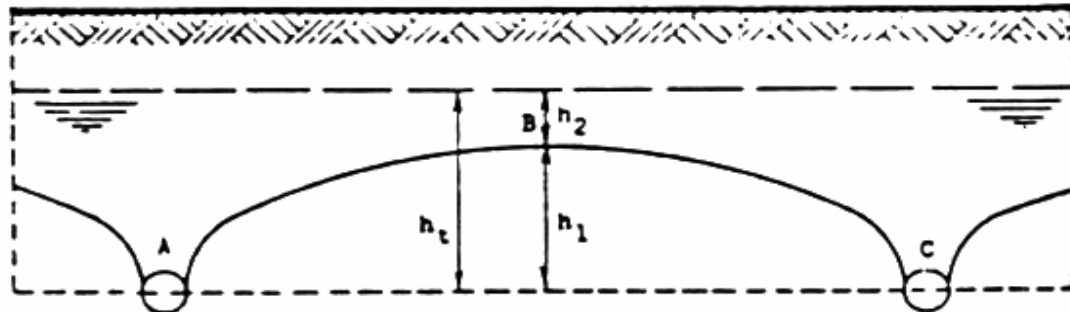


Figura XII.14 – Curva de rebaixamento

Através de métodos experimentais podemos verificar as seguintes regras:

- A altura (h_1) do nível freático acima do nível dos drenos varia com o caudal que alimenta esse nível;
- Na alimentação constante do nível freático, a altura deste varia com a permeabilidade do terreno;

- A altura do rebaixamento (h_2) aumenta com a profundidade dos drenos e diminui na razão inversa do afastamento destes.

➤ **Escolha do afastamento e da profundidade dos drenos:**

O projecto da drenagem e as características do rebaixamento estão condicionados pelo conhecimento:

- das características do terreno (quanto à permeabilidade);
- da altura do nível freático;
- da altura do rebaixamento;
- da altitude dos pontos baixos de evacuação do sistema de drenagem.

12.8 CONCLUSÃO

A água no solo de fundação apresenta vários inconvenientes para a construção, pois não só dificulta o trabalho como modifica o equilíbrio das terras, provocando a instabilidade do fundo da escavação e também, uma vez o edifício construído, provocará problemas de humidade.

Daí a necessidade de ser eliminada ou reduzida a água existente no terreno, através de drenagem, processo este exposto anteriormente.

Como foi visto não existem regras gerais para um sistema de drenagem, dependendo esta da quantidade de água em contacto com a superfície da obra enterrada.

Faça a esta problemática, a solução final a adoptar depende do bom senso do técnico responsável pela obra.