



# **HIDRÁULICA, IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

## ***DRENAGEM AGRÍCOLA*** ***ZEB1037-2022***

**Prof. Tamara Gomes**

# Drenagem na Agricultura

## Considerações Gerais:

A drenagem consiste na remoção do excesso de **água e sais** do solo, com a finalidade de criar condições de boa aeração e de controle de salinidade que favoreçam o crescimento e o desenvolvimento das culturas e que preservem as características físicas, químicas e biológicas do solo.



# Drenagem na Agricultura

## **Necessidade de Drenagem:**

**Varia segundo a região:**

A) Regiões úmidas

Necessária para eliminar o excesso de água no solo

B) Regiões áridas e semi-áridas

Necessária para manter a concentração de sais, da solução do solo, em níveis toleráveis pelas culturas

## **Objetivo da Drenagem:**

**proporcionar uma agricultura rentável e permanente na área**

# Drenagem na Agricultura

## Benefícios da Drenagem:

- **Aumento da produtividade agrícola:** melhoria da aeração e aumento da atividade microbiana e da estruturação do solo;
- **Controle da salinidade:** controle da quantidade de sais presentes no perfil do solo;
- **Melhoria da saúde pública e animal:** a drenagem de áreas cobertas com água parada evita a proliferação de mosquitos e outros agentes causadores de doenças no homem e nos animais;

# Drenagem na Agricultura

## Atenção!

Projetos de drenagem implementados e manejados inadequadamente podem apresentar efeitos negativos:

- **Drenagem excessiva em regiões úmidas:** pode afetar a vazão das nascentes e provocar danos a produtividade por déficit hídrico;
- **Remoção de nutrientes em excesso:** pode causar a eutrofização dos recursos hídricos a jusante da área drenada;
- **Carreamento de agroquímicos:** para as águas superficiais, tornando-as impróprias para os usos.

Os projetos de drenagem devem ser concebidos atendendo à legislação ambiental pertinente, num contexto amplo do manejo integrado dos recursos hídricos, dentro da bacia hidrográfica, maximizando benefícios econômicos e sociais e minimizando o impacto sobre o ambiente.

# Drenagem na Agricultura

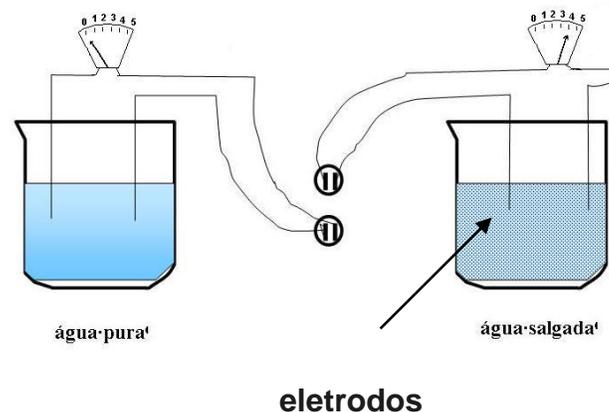
## Salinidade

É a designação dada à concentração (acúmulo) de sais num determinado meio e correspondente à razão entre a massa de sais e a massa do meio, podendo esse meio ser a água, o solo, a seiva da planta.

### Como determinar a salinidade?

- 1- Concentração de sais (mg/L);
- 2- Condutividade elétrica (CE)

### Condutividade Elétrica



Unidades  
usuais

dS / m  
mS / cm  
(Siemens)

# Drenagem na Agricultura

## Origens de sais no solo

- **Pedogênese – interperismo:** sais, sub-produtos da formação do solo;
- **Vento:** exemplo, a cidade de Jerusalém a 50km do mar tem chuva com água relativamente salina;
- **Irrigação:** sais presentes na água e ascensão de lençol freático salino;
- **Aplicação de fertilizantes em excesso;**
- **Lançamento de efluentes** (rural ou urbano).



# Drenagem na Agricultura

## Efeito da salinidade sobre as plantas

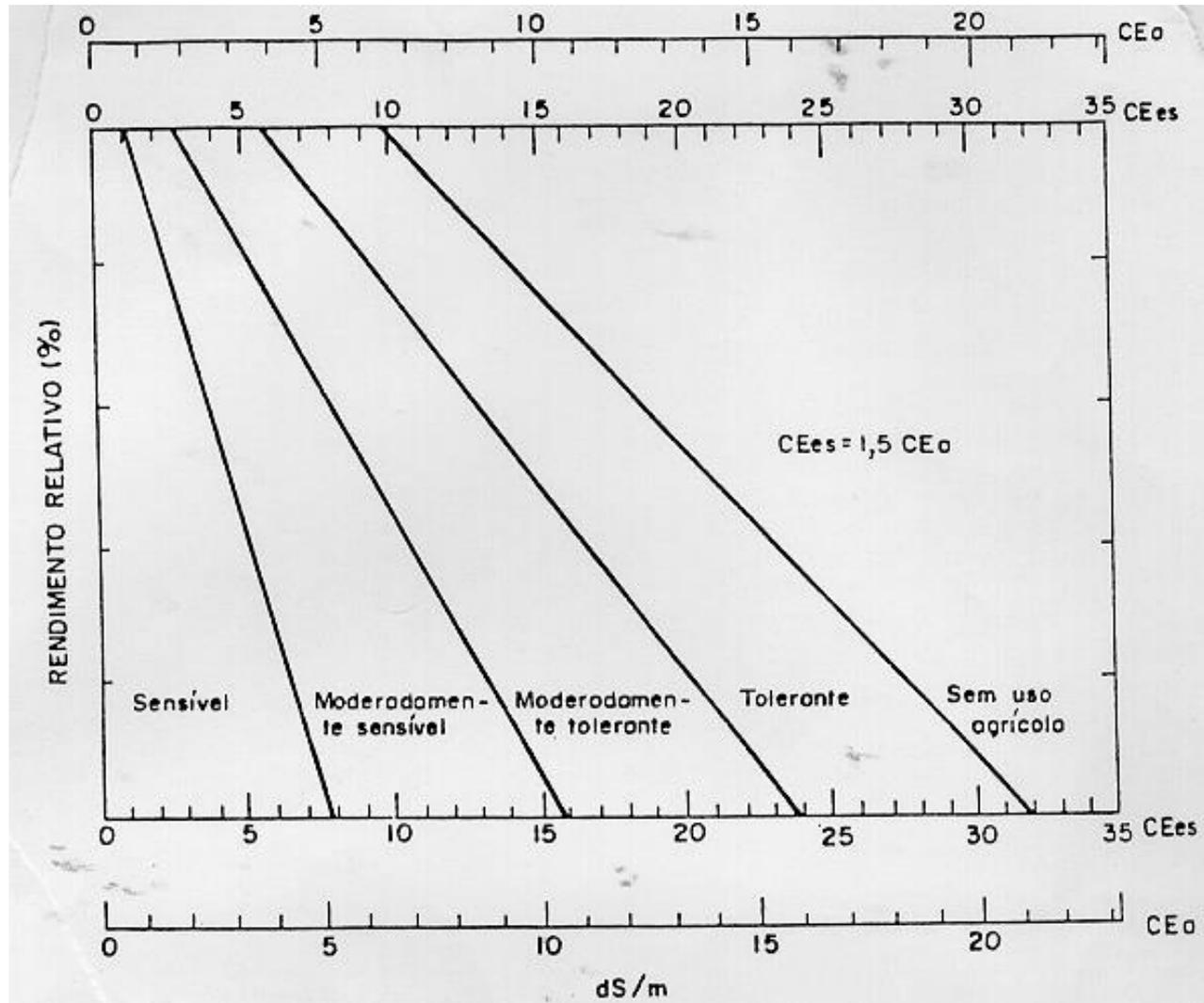
- **Efeito osmótico:** redução na absorção de água – redução no crescimento;
- **Efeito tóxico:** presença de cloreto, boro e sódio;
- **Efeito nutricional:** antagonismo Na - K;
- **Efeito na redução da germinação.**



**Clorose**

# Drenagem na Agricultura

## Tolerância das culturas a salinidade



# Drenagem na Agricultura

**Salinidade – queda na produtividade e qualidade do produto**



**AUMENTO DA SALINIDADE DO SOLO**

# Drenagem na Agricultura

## Tipo de Drenagem

### A- Natural:

O excesso de água proveniente da contribuição de chuva, irrigação, transbordamento, etc., é removido pela ação das características topográficas, físicas e naturais da área

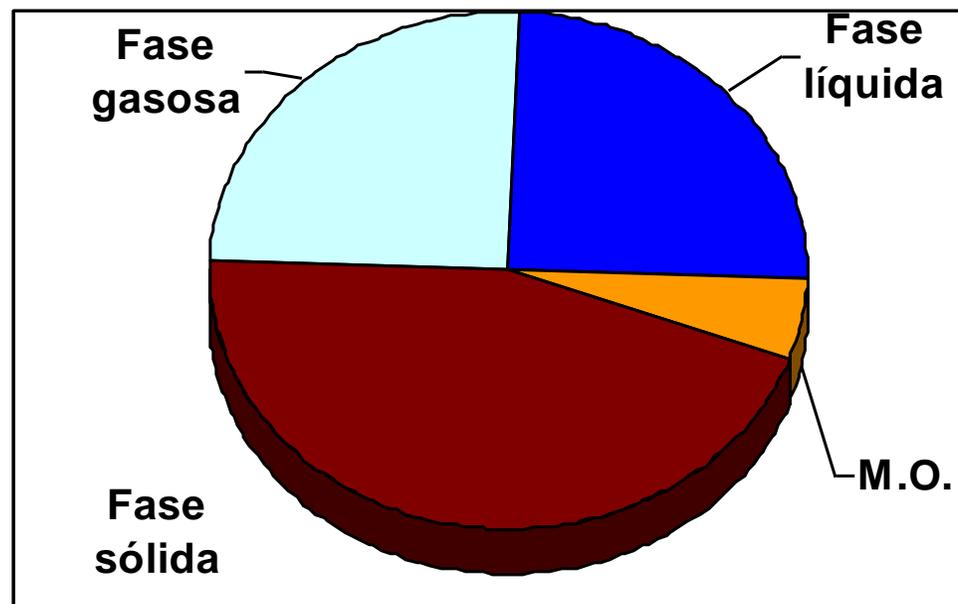
### B- Artificial:

Quando a drenagem natural não é suficiente para escoar a água que atinge a área, proveniente da chuva, escoamento superficial ou subsuperficial, sub-pressão artesianas, excesso de água de irrigação, infiltração de canais, **a drenagem artificial é necessária.**

**A drenagem artificial visa complementar a diferença entre drenagem natural e necessária**

# Drenagem na Agricultura

## Efeitos da deficiência de drenagem sobre as propriedades físicas do solo



- se a parte líquida passa a ocupar toda (quase) a parte do espaço poroso, caracteriza-se de um problema de aeração;
- se o desequilíbrio é no sentido de favorecer a parte gasosa, tem-se um problema de déficit hídrico.

# Drenagem na Agricultura

## Características do solo relacionadas com a drenagem

Todas as características **físicas do solo** afetam de algum modo o processo de escoamento da água

As características do solo mais diretamente relacionadas ao dimensionamento de sistemas de drenagem são:

- Porosidade;
- Macroporosidade;
- Condutividade hidráulica: trata-se da quantidade de água que passa por uma determinada área em dado tempo.

# Drenagem na Agricultura

## Métodos e sistemas de drenagem

Os métodos de drenagem são essencialmente dois:

### A- Drenagem de superfície:

- remove o excesso de água da superfície do solo, evitando problemas de empossamento;
- consiste em: sistematização; construção de canais para coleta e transporte da água para fora da área do projeto.

### B- Drenagem subterrânea:

- remove o excesso de água do perfil do solo, por exercer certo controle sobre a profundidade do lençol freático.

# Drenagem na Agricultura

## Tipos de drenos

Os drenos podem ser de dois tipos, aberto ou coberto.

**A- Abertos:** são valas que realizam tanto a drenagem superficial quanto a subterrâneas

- adapta-se melhor a áreas grandes com pequena declividade natural.
- são capazes de conduzir vazões relativamente grandes.

**B- Cobertos ou subterrâneo:** são condutos com perfurações ou espaços livres formando pequenas galerias:

- instalado sob a superfície do solo, coletam e conduzem a água da drenagem subterrânea;
- esses drenos podem ser construídos com bambu, manilha, tubo plástico corrugado perfurado, etc.

# Drenagem na Agricultura

## Tipos de drenos

### Cobertos ou subterrâneo - Plástico



# Drenagem na Agricultura

## Tipos de drenos

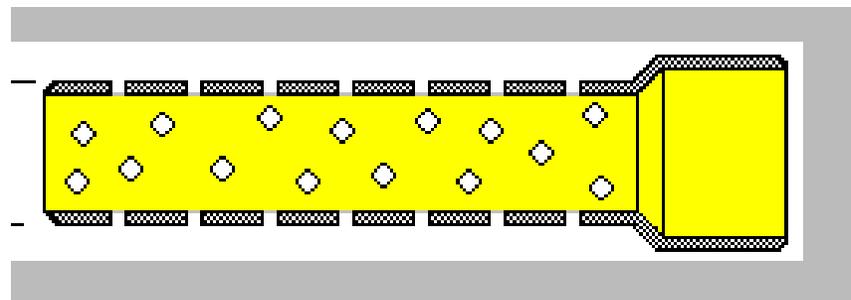
Cobertos ou subterrâneo - Concreto



# Drenagem na Agricultura

## Tipos de drenos

Cobertos ou subterrâneo - Cerâmica



# Drenagem na Agricultura

## Equipamentos para instalação dos drenos

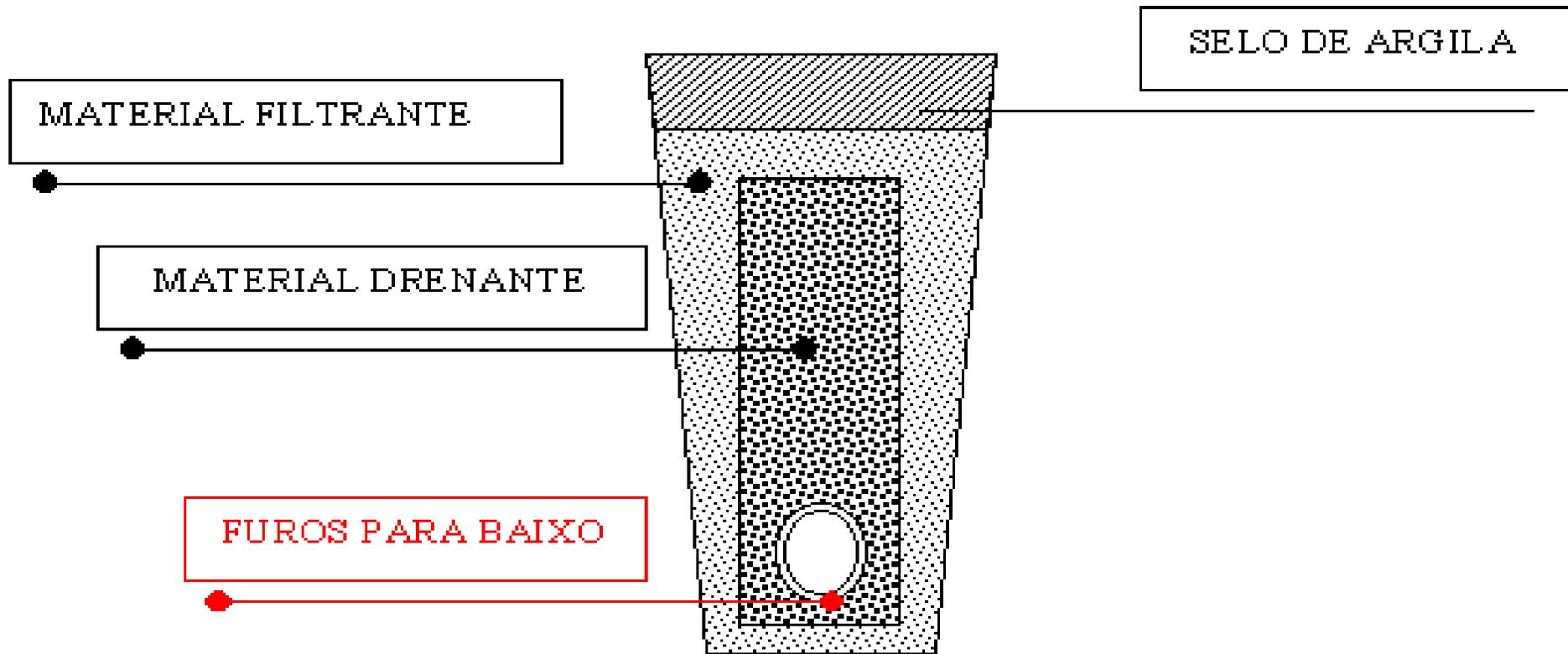


Abertura de valeta com retro escavadeira



Valetadeira com mira à laser

# Envelopes de drenos



# Envelopes (filtros) para drenos

- Instalação típica de envelopamento de drenos



Bidim



# Drenagem Superficial



# Drenagem Superficial

- **Objetivo**

Remoção do excesso de água presente na superfície do solo.

Em áreas planas a preocupação é a rapidez com essa operação se deve processar. Esta ligada às técnicas de conservação do solo.

- **Constituído de drenos abertos**

- **Disposição dos drenos ocorre em:**

Sistema em paralelo;

Sistema transversal;

Sistema casualizado;

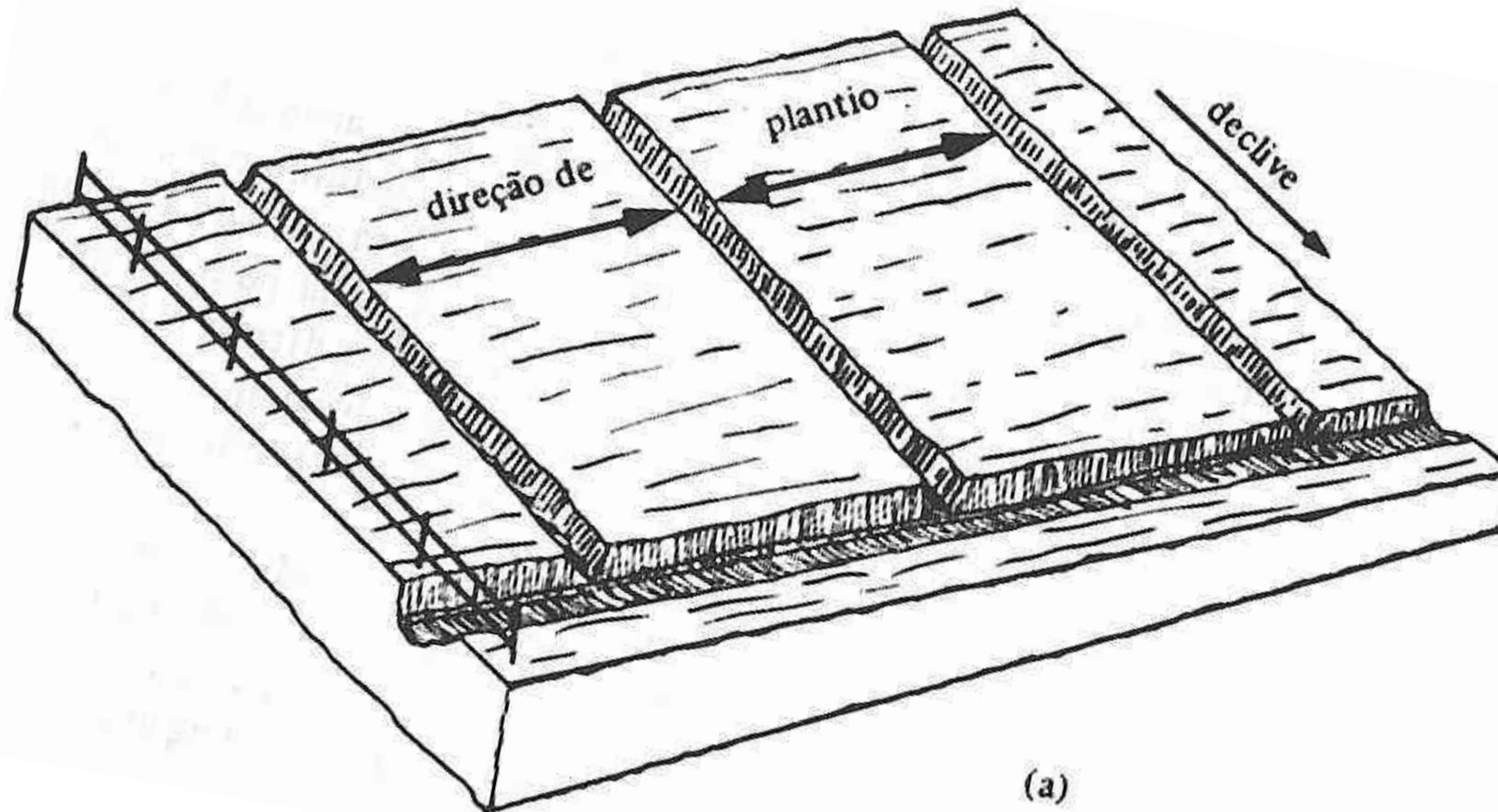
# Drenagem Superficial

## Drenos Paralelos

### ■ Características:

- Solo de topografia plana regular;
- São paralelos entre si, mas não necessariamente eqüidistantes;
- Podem acompanhar a declividade do terreno;
- Limita o trânsito de máquinas;
- Pode determinar perdas significativas de área na instalação dos canais.

# Drenos paralelos



# Drenos paralelos



# Drenagem Superficial

## Drenos Transversais

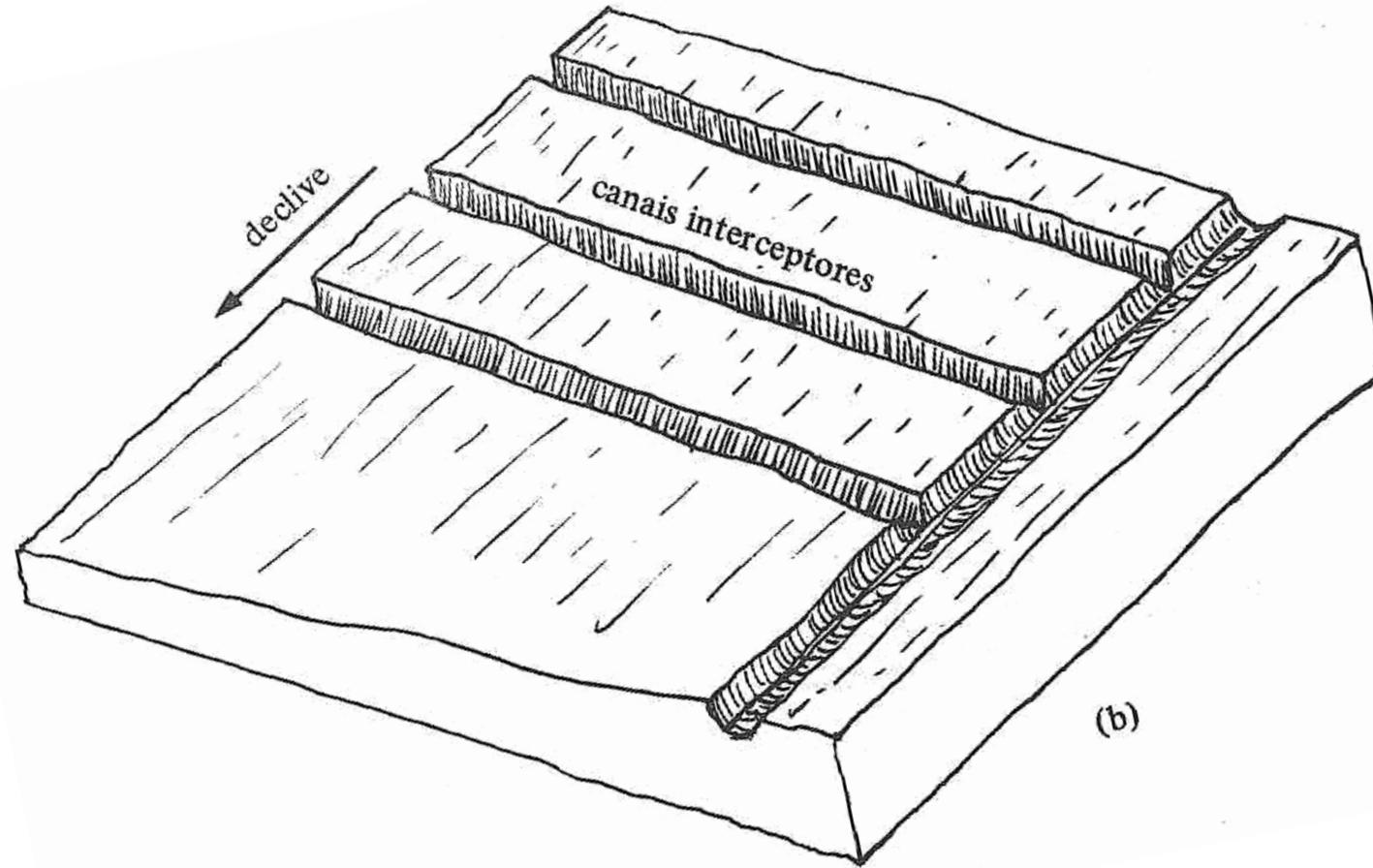
### ■ Aplicação

- Quando o declive é muito acentuado;
- Dispostos no sentido transversal ao fluxo superficial;

### ■ Objetivo:

- impedir ou reduzir ao mínimo o caminho da enxurrada ou do escoamento superficial.

# Drenos Transversais



# Drenos Transversais



# Drenagem Superficial

## Drenos Casualizados

### ■ Aplicação

- Áreas planas com topografia irregular e depressões espalhadas ao acaso.
- Os canais devem ter um percurso variado, ligando as depressões e seguindo a direção de saída na parte mais baixa.
- O problema, às vezes pode ser resolvido com a sistematização do terreno, proporcionando declive favorável e uniforme.

# Drenos Casualizados



# Sistema de Drenagem Superficial



# Drenagem Superficial

## Projeto

Pode ser realizada de duas formas:

- removendo a água diretamente utilizando a conformação ou nivelamento da superfície da área.
- Desviando e retirando a água da área usando drenos, curvas de nível, canais, etc.

### Sistematização do terreno

- Como a água se acumula nas depressões e irregularidades do terreno, a drenagem superficial depende da sistematização da área. Neste caso, é necessário uma alteração micro-topografia local, proporcionando um gradiente favorável, sem causar erosão.
- Dependendo das condições, pode ser feito de duas formas:
  - alisamento ou aplainamento do terreno – declive de 1 a 2%;
  - nivelamento do terreno – declive acima de 2%

# Drenagem Superficial

## Aplainamento da área

- Mais econômico, envolve pouco movimento de terra.
- Pode ser feito com uma plaina simples ou pranchão;



# Drenagem Superficial

## Nivelamento da área

- Movimentação maior de terra;
- Exige cortes e aterros para deixar a superfície com declives uniformes;
- Não é necessário que toda área tenha o mesmo declive



# Drenagem Subterrânea



# Drenagem Subterrânea

Um sistema de drenagem subterrânea consiste de diferentes categorias de drenos, dependendo da função que exercem.

## A- Drenos de alívio ou laterais:

Dispostos paralelamente entre si, têm como função absorver a água contida nos macroporos do solo, exercendo, deste modo, o controle da profundidade do lençol freático

## B- Drenos coletores:

Coletam a água proveniente dos drenos laterais.

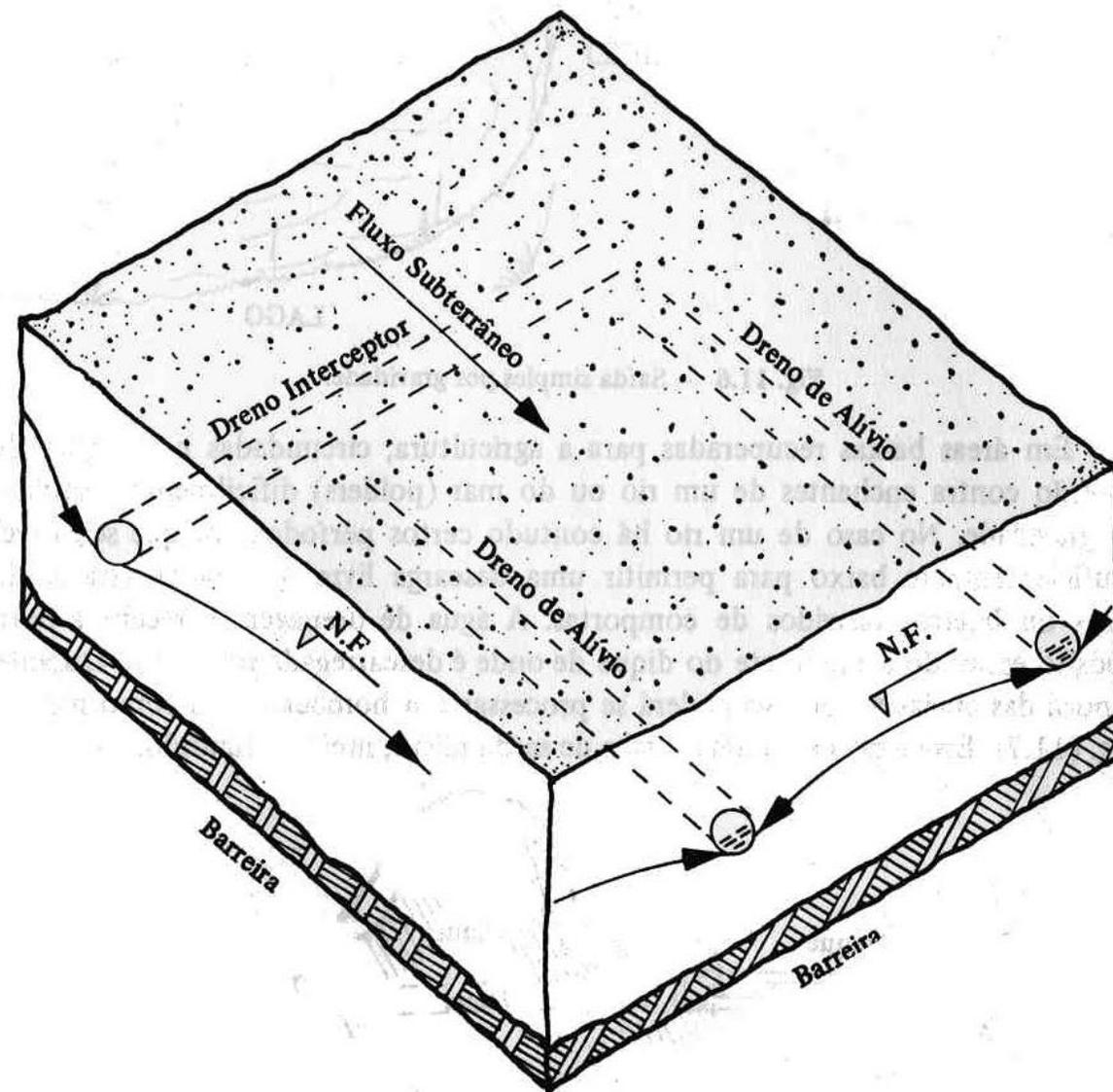
## C- Dreno principal:

Recebe a água dos drenos coletores, transportando-a para fora da área do projeto, dependendo do tamanho da área, podem ser necessários dois ou mais drenos principais

## D- Dreno interceptor:

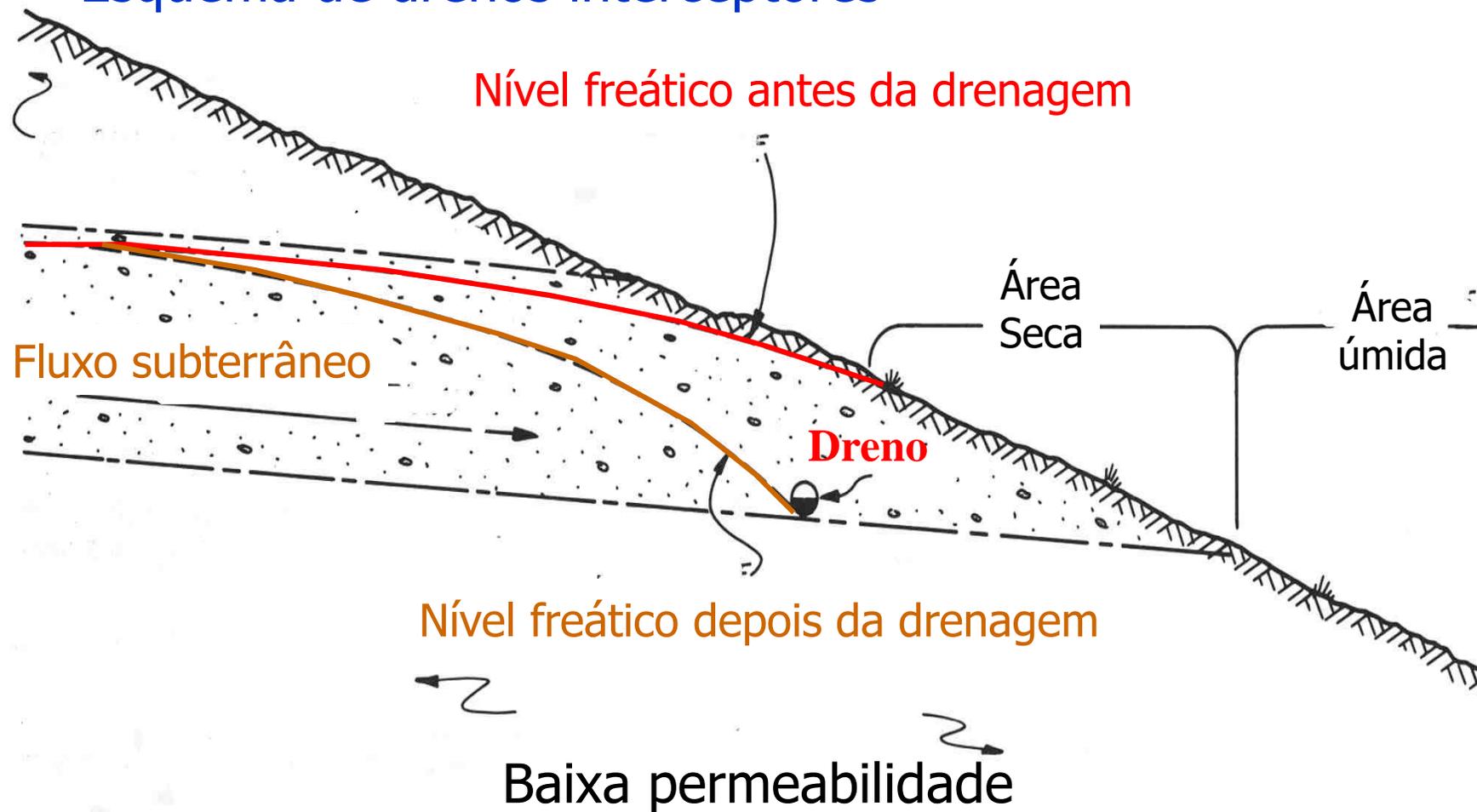
Quando se identifica ocorrência tanto de escoamento superficial como subsuperficial das áreas mais altas para as baixas, há necessidade de construir um dreno na intersecção do fluxo.

# Drenagem Subterrânea



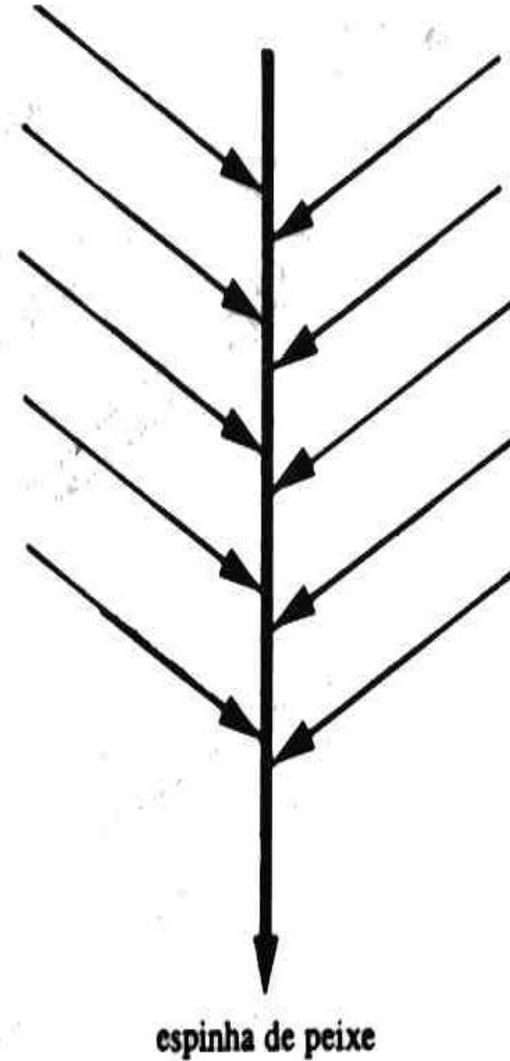
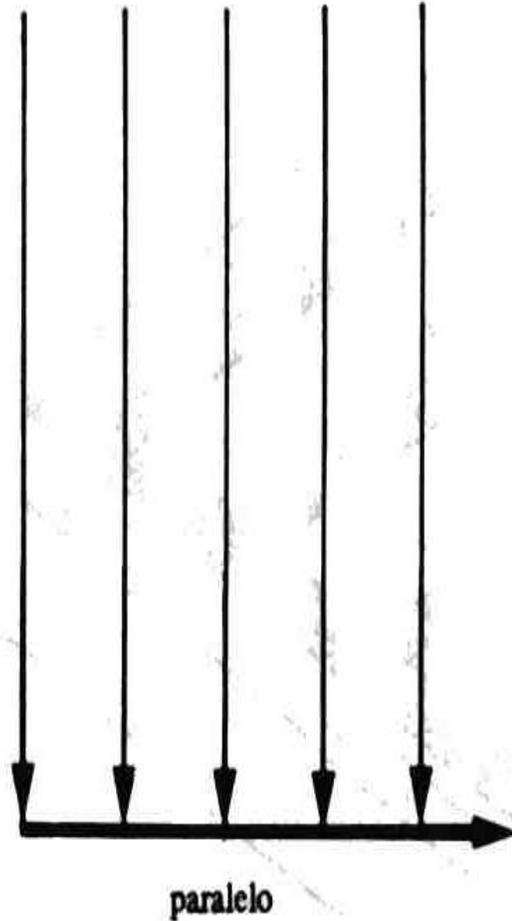
# Drenagem Subterrânea

## Esquema de drenos interceptores



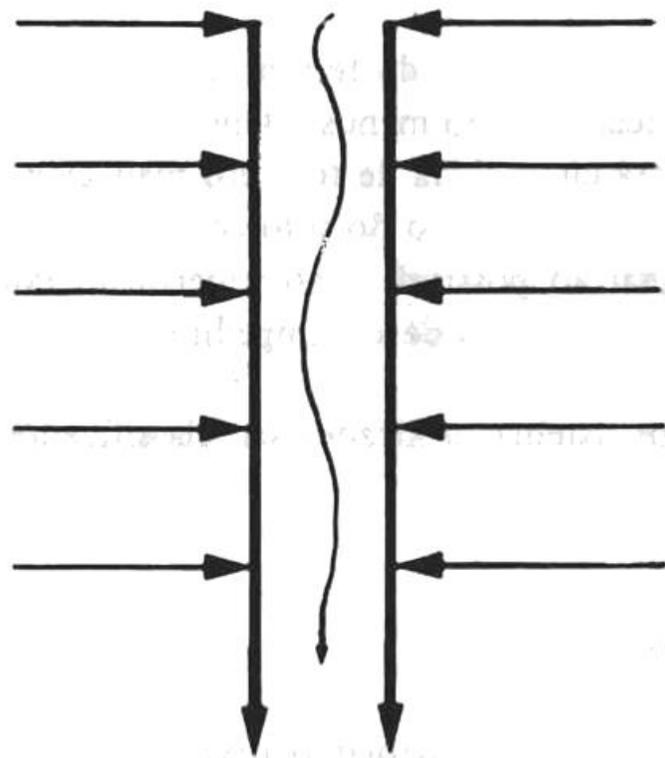
# Drenagem Subterrânea

Drenos de alívio

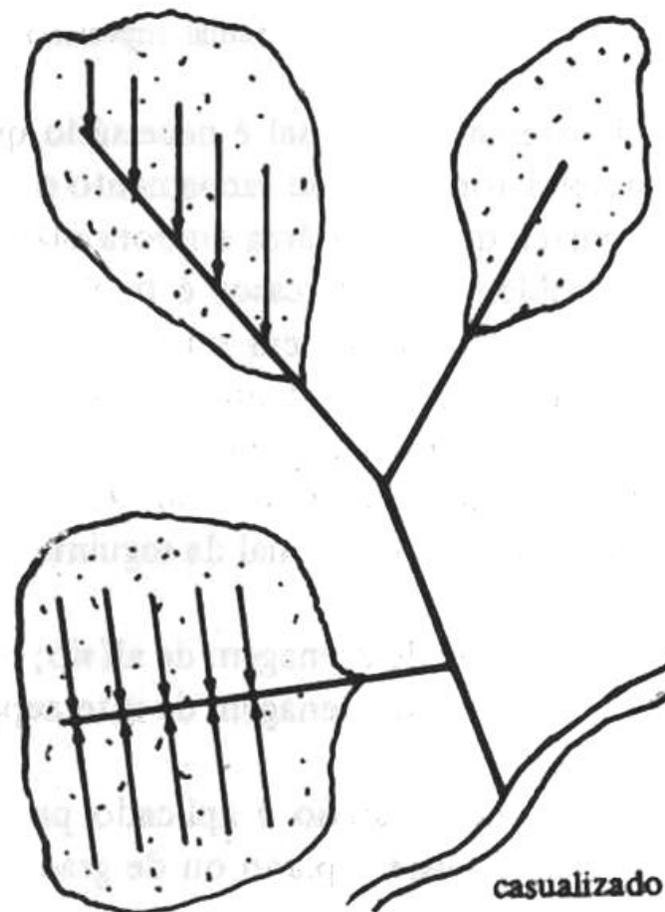


# Drenagem Subterrânea

Drenos de alívio



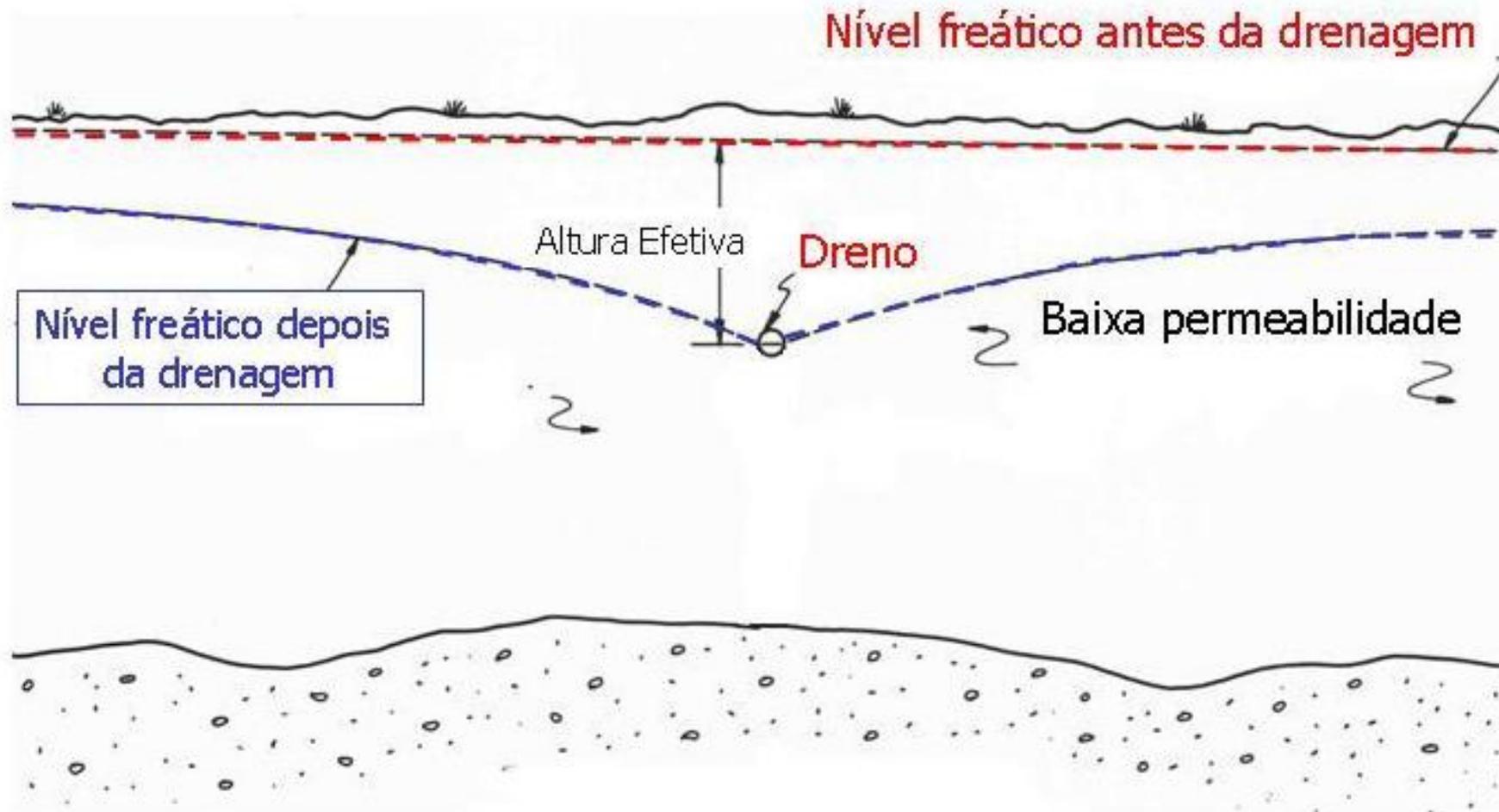
duplo principal



casualizado

# Drenagem Subterrânea

## Drenos de alívio



# Drenagem Subterrânea

## Localção dos Drenos

Os drenos podem ser locados de acordo com a topografia do terreno, os níveis freáticos e as linhas de fluxo

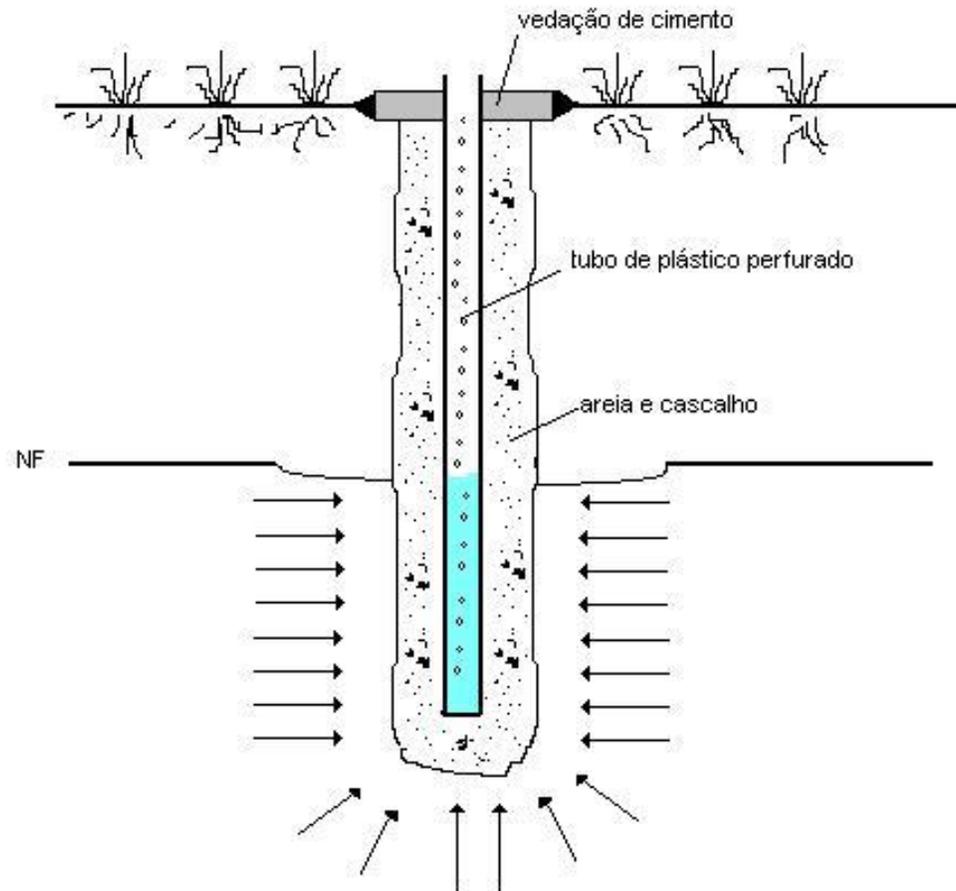
- Levantamento topográfico planialtimétrico;
- Mapa das isóbatas;
- Mapa das isoípsas.

*Os drenos devem interceptar a linha de fluxo*

# Drenagem Subterrânea

ISÓBATAS	ISOÍPSAS
Representam linhas que unem pontos que tem a mesma profundidade do lençol freático	Representam linhas que unem pontos que tem a mesma elevação ou cota do lençol freático
Justifica a realização ou não de uma obra de drenagem	Permite determinar a direção do fluxo, gradiente hidráulico e as áreas de recarga e descarga
É importante traçar as linhas mostrando a variação temporal da variação do lençol freático durante um período crítico (até 6 meses).	

# Drenagem Subterrânea



Esquema de um poço de observação do lençol freático

# Drenagem Subterrânea

Os sistemas de drenagem subterrânea podem ser agrupados em:

- Sistema aberto;
- Sistema fechado;
- Sistema semi-aberto.

# Drenagem Subterrânea

## Sistema aberto

Toda a rede de drenos é construída em valas.

### Vantagens:

- baixo custo;
- visualização direta do desempenho;
- exerce função de drenagem superficial



### Desvantagem:

- perda de área de plantio;
- maior exigência de manutenção (desbarrancamento, assoreamento, vegetação);
- Dificuldade para tráfego de máquinas e implementos.

# Drenagem Subterrânea

## Sistema Fechado

Toda a rede de drenos é fechada e enterrada.

### Vantagens:

- aproveitamento de toda área;

### Desvantagem:

- elevado custo;
- difícil manutenção.

## Sistema Semi-Aberto

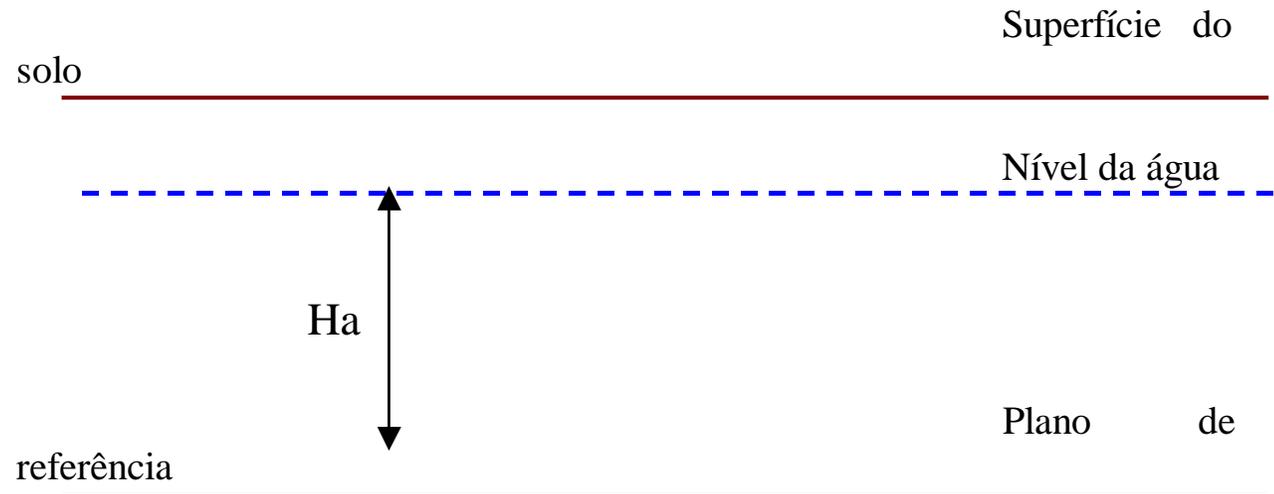
Os drenos laterais são de perímetro fechado e os drenos coletores e principal são abertos.

É o sistema que melhor adapta à maioria das condições e situações de necessidade de drenagem.

# Drenagem Subterrânea

## Movimento da água para os drenos

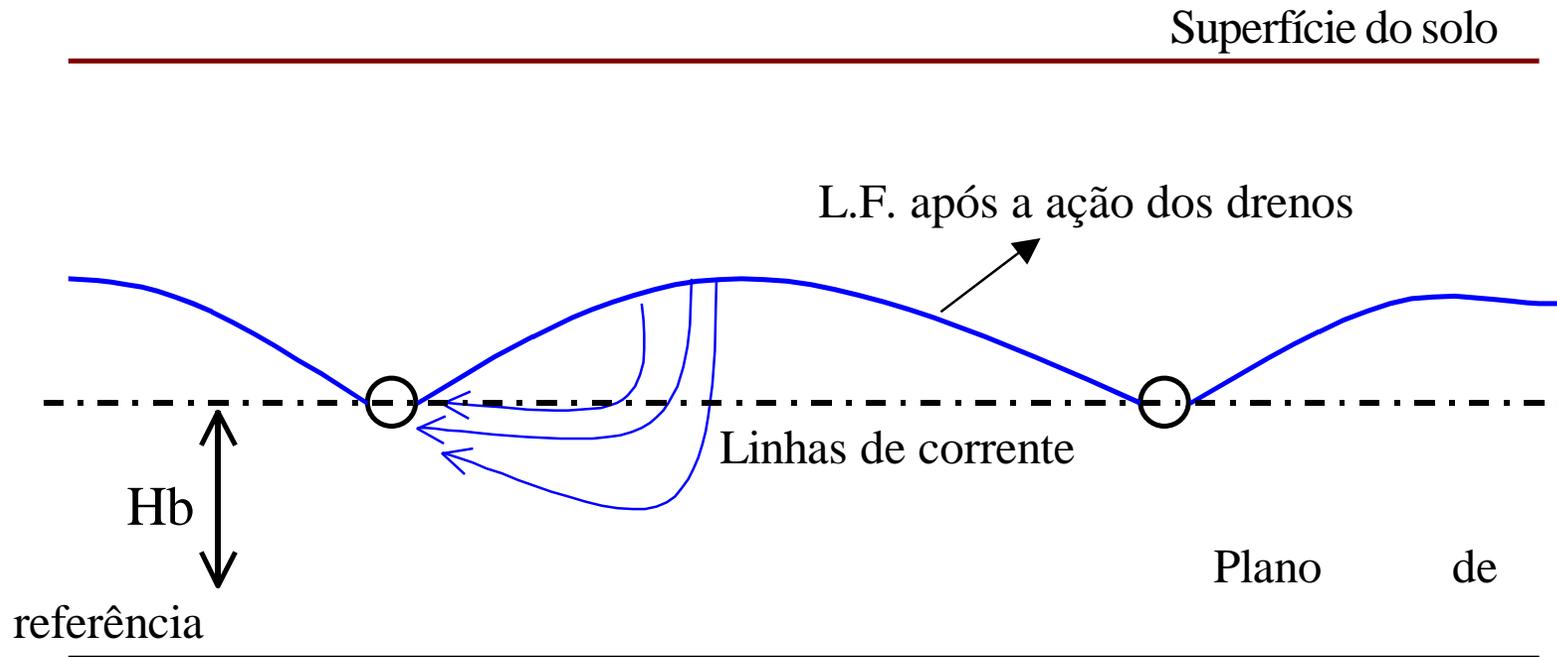
Drenos são estruturas construídas com a finalidade de abaixar o potencial da água do solo.



Nessa condição, a água encontra-se estagnada: o potencial hidráulico em qualquer ponto é o mesmo ( $H_a$ ) e o gradiente é zero.

# Drenagem Subterrânea

## Movimento da água para os drenos



Esta situação mostra a ação dos drenos ao baixar o potencial da água no solo de  $H_a$  para  $H_b$ , ao longo dos drenos.

Cria-se, portanto, um gradiente de potencial responsável pelo escoamento da água para os drenos, mostrando pelas linhas de corrente, resultando no abaixamento do nível freático

# Drenagem Subterrânea

Qual deve ser, portanto, a profundidade e o espaçamento dos drenos???

Fórmulas ou teorias de drenagem

As fórmulas de drenagem são empregadas para estabelecer a relação entre o espaçamento e a profundidade dos drenos, baseando-se nas características hidrodinâmicas do perfil do solo, nas características das plantas e no critério de drenagem

# Drenagem Subterrânea

## Critérios de drenagem

### Regime permanente

Supõe-se que o lençol freático se encontra estabilizado no tempo e no espaço, isto é, a quantidade de água que chega ao lençol (carga) é igual a quantidade que eliminada pela drenagem (descarga)

### Regime variável

Supõe-se que, em consequência de uma chuva ou irrigação, o lençol freático eleva-se a uma certa altura, em relação ao nível inicial, e depois de cessada a chuva ou irrigação, o nível começa a descer. Estabelece-se a velocidade de queda do lençol, isto é, o número de dias para que ele atinja uma dada profundidade.

Para este caso tem-se dois critérios de drenagem: para período seco ou de irrigação e para período chuvoso.

# Drenagem Subterrânea

Fórmulas utilizadas para dimensionamento  
(Regime permanente)

Equação da elipse ou de Donnan

Equação de Houghoudt

Equação de Ernest

Equação de Kirkhan

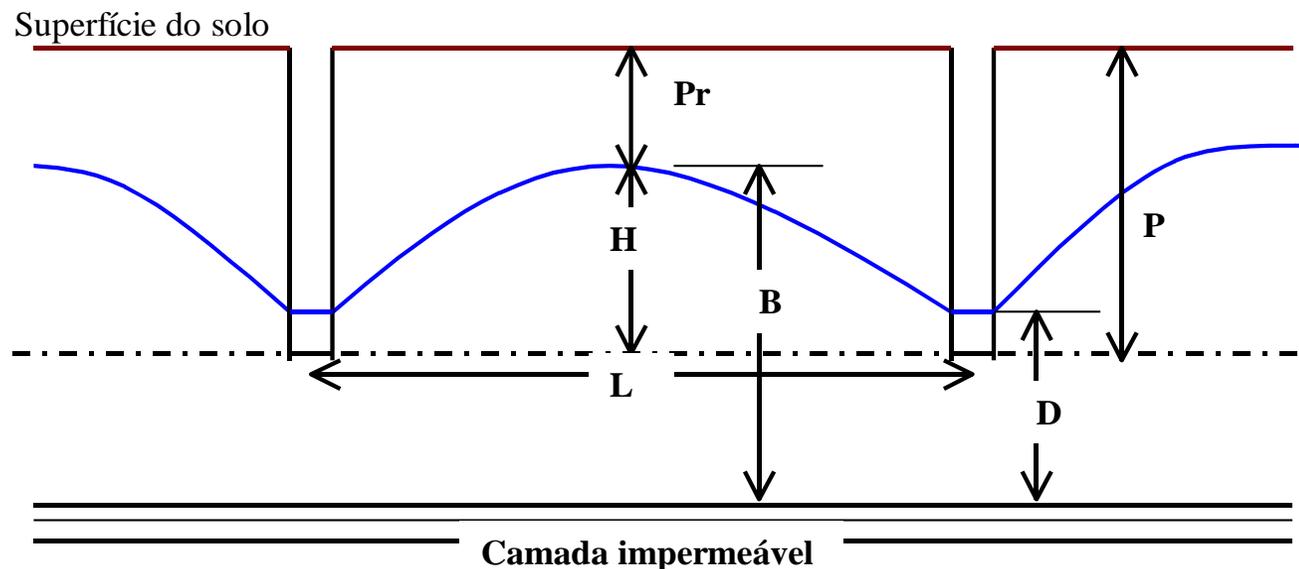
Equação de Glover-Dun

# Drenagem Subterrânea

## Fórmula de Donnan

### Pressupostos:

- 1- o solo é homogêneo e de mesma condutividade hidráulica até a camada impermeável;
- 2 – os drenos são paralelos e espaçados entre si;
- 3 – há uma camada impermeável à uma profundidade vertical “D”, abaixo dos drenos;
- 4 – a recarga do lençol freático, isto é, a percolação “R” é constante;
- 5- o fluxo é somente horizontal.



$P$  – profundidade dos drenos;  
 $Pr$  – profundidade das raízes;  
 $H$  – altura máxima do L.F. sobre o plano que passa pelo fundo dos drenos;  
 $D$  - distância da superfície da água no dreno até a camada impermeável (m);  
 $B$  = distância do lençol freático até a camada impermeável, no ponto médio do lençol (m)

# Drenagem Subterrânea

Fórmula de Donnan

$$L = \sqrt{\frac{4.K(B^2 - D^2)}{q}}$$

L = espaçamento entre os drenos (m)

k = condutividade hidráulica (m/dia)

B = distância do lençol freático até a camada impermeável, no ponto médio do lençol (m)

D = distância da superfície da água no dreno até a camada impermeável (m)

q = quantidade de água a ser drenada - recarga (m/dia)

# Drenagem Subterrânea

## Fórmula de Donnan

Se os drenos estão sobre a camada impermeável, a equação de Donnan reduz-se a:

$$L = \sqrt{\frac{4.KB^2}{q}}$$

## Exercício

Uma área irrigada tem que ser drenada a uma profundidade de 1,8 m. A profundidade da camada impermeável é de 6,8 m e a condutividade hidráulica do solo é de 0,8m/dia.

O sistema deve ser delineado de tal forma que, com uma recarga do excesso de água pela irrigação que aumenta o lençol freático em 1,0 mm/dia, o nível não ultrapasse 1,5m da superfície.

Qual o espaçamento dos drenos?

(Considerar desprezível a altura da água nos drenos).

$$P = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Camada de Impedimento} = 6,8 \text{ m}$$

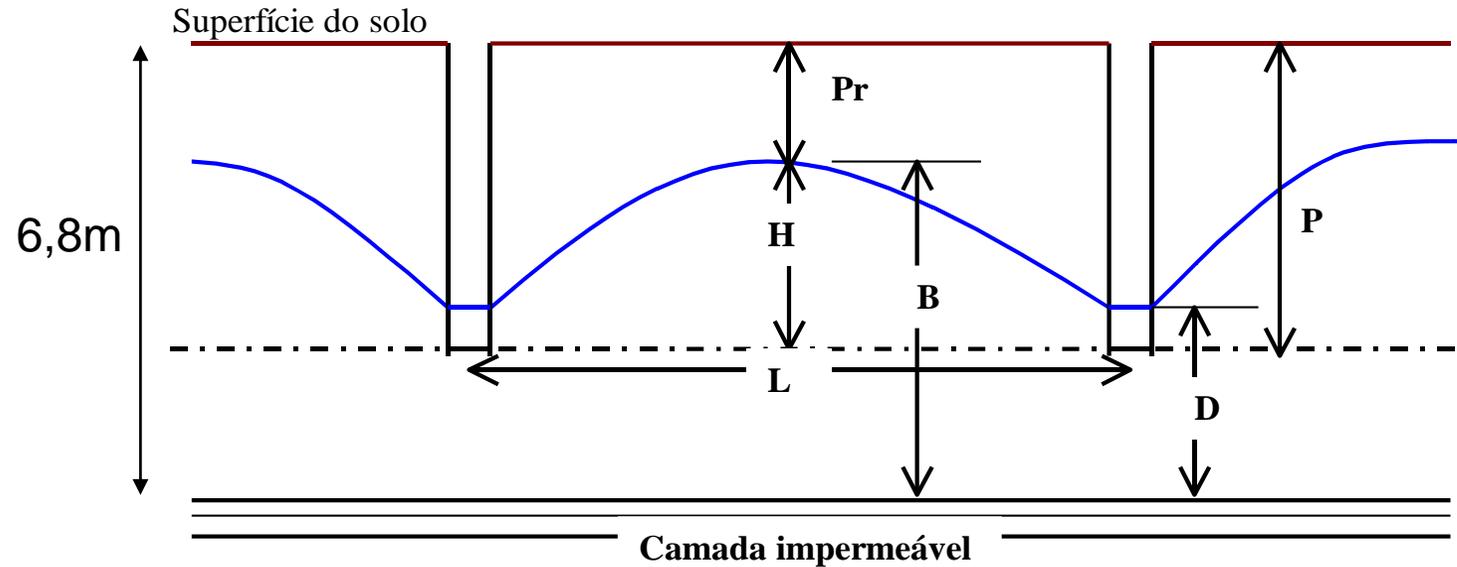
$$K = 0,8 \text{ m dia}^{-1}$$

$$q = 0,001 \text{ m dia}^{-1} \text{ (quantidade de água a ser drenada)}$$

$$P_r = 1,5 \text{ m (profundidade do sistema radicular)}$$

$$L = ?$$

## Exercício



$$P = 1,8 \text{ m}$$

Camada de Impedimento=6,8 m

$$K=0,8 \text{ m dia}^{-1}$$

$q=0,001 \text{ m dia}^{-1}$  (quantidade de água a ser drenada)

$Pr=1,5 \text{ m}$  (profundidade do sistema radicular)

$L=?$

$$B=(6,8-1,5)=5,3 \text{ m}$$

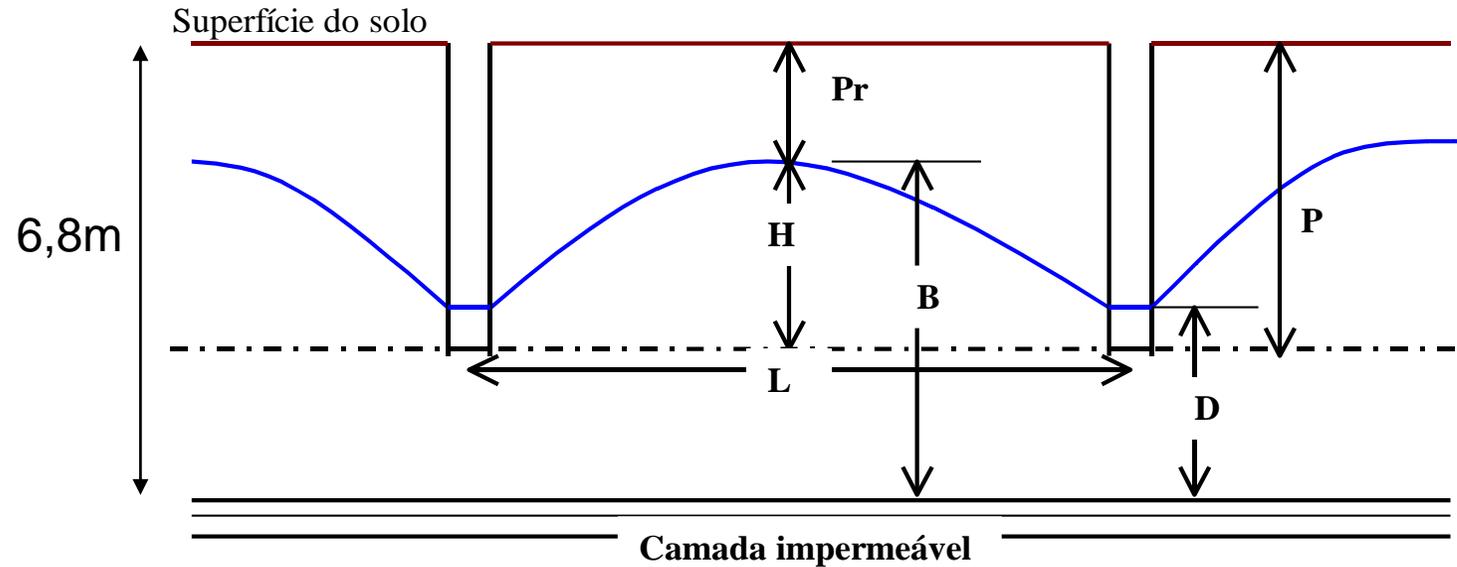
$$D=(6,8-1,8)=5,0 \text{ m}$$

H-altura máxima do lençol freático sobre o plano que passa no fundo do dreno

$$H=(5,3-5,0)=0,3 \text{ m}$$

$$L = \sqrt{\frac{4 \cdot K (B^2 - D^2)}{q}}$$

## Exercício



$$P = 1,8 \text{ m}$$

Camada de Impedimento=6,8 m

$$K=0,8 \text{ m dia}^{-1}$$

$q=0,001 \text{ m dia}^{-1}$  (quantidade de água a ser drenada)

$Pr=1,5 \text{ m}$  (profundidade do sistema radicular)

$L=?$

$$B=(6,8-1,5)=5,3 \text{ m}$$

$$D=(6,8-1,8)=5,0 \text{ m}$$

$H$ -altura máxima do lençol freático sobre o plano que passa no fundo do dreno

$$H=(5,3-5,0)=0,3 \text{ m}$$

$$L = \sqrt{\frac{4 \cdot K (B^2 - D^2)}{q}}$$

$$L = \sqrt{\frac{4 \times 0,8 \times (5,3^2 - 5^2)}{0,001}} = 99,44 \text{ m}$$

$$L=100 \text{ m}$$