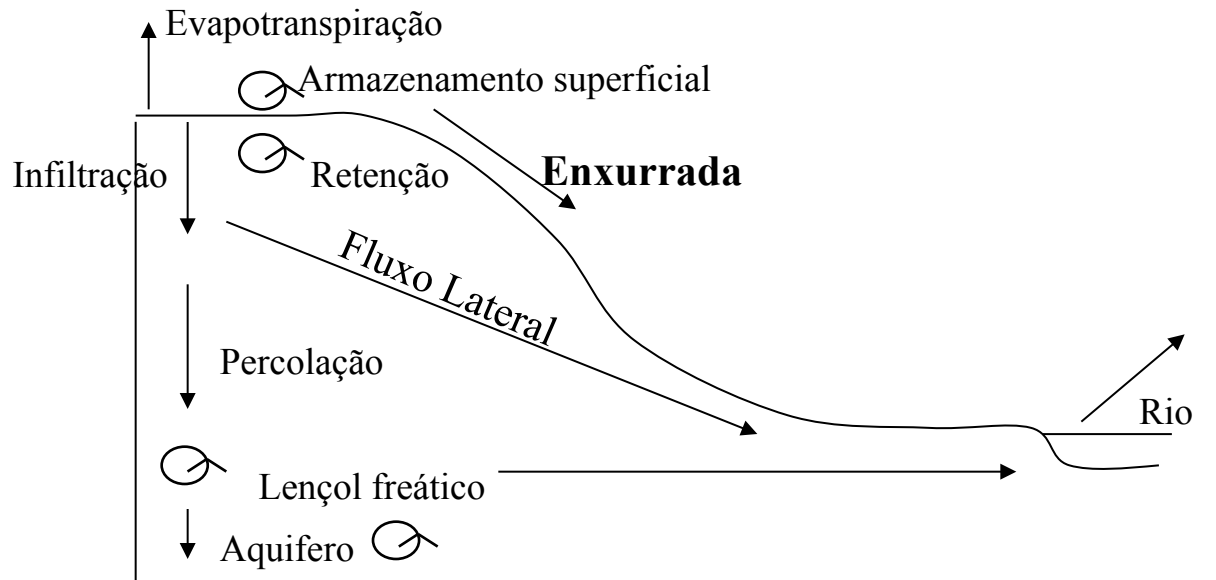
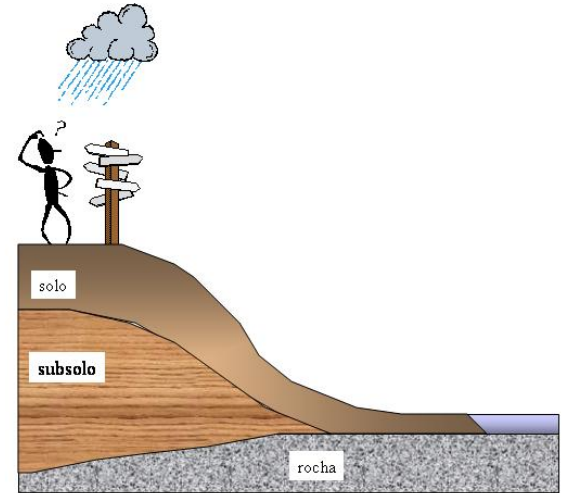




# **Erosão do Solo: Conceitos**

**Prof Miguel Cooper  
Depto de Ciência do Solo  
ESALQ/USP  
E-mail: [mcooper@usp.br](mailto:mcooper@usp.br)**





# Mecânica da erosão pela água

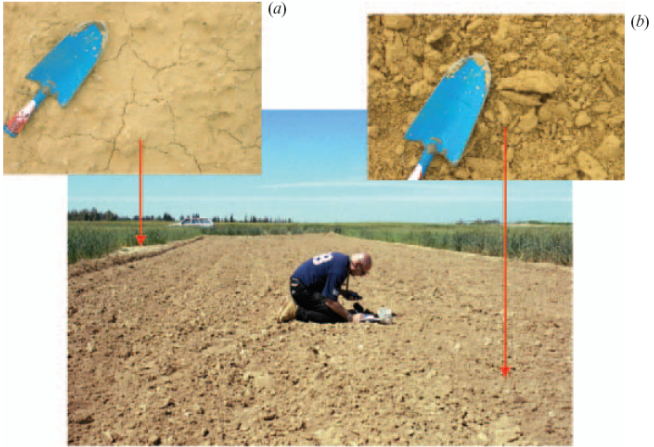
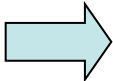
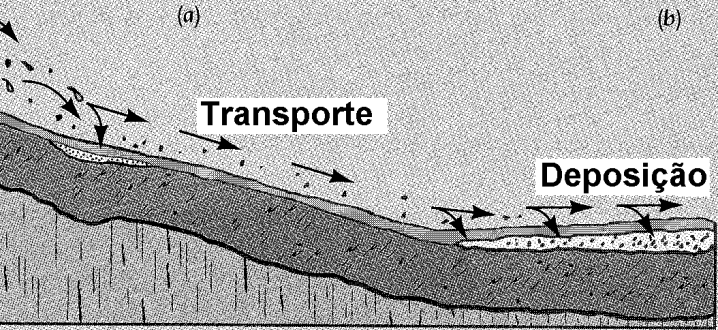
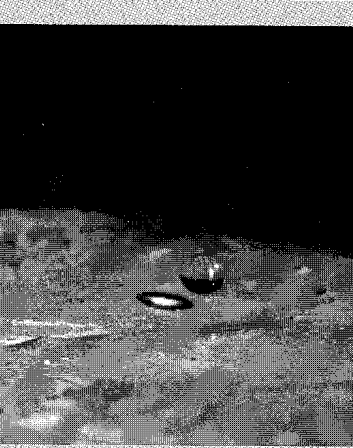


Figure 5. An overview of plot 3 (see figure 3(b)) in its discus (non-crust), and two enlarged images of the (a) crusted and (b) non-crusted soils from a distance of 80cm.











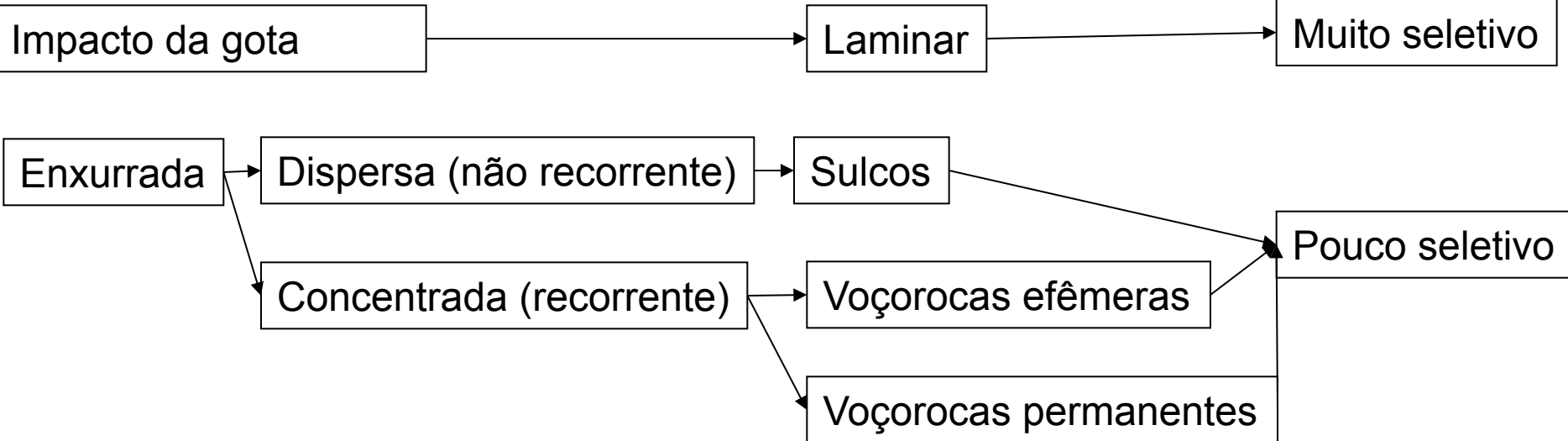




# Tipos de erosão

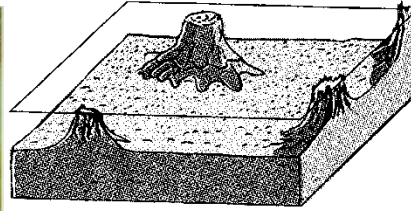
**Desprendimento ->**

**Transporte&Deposição**

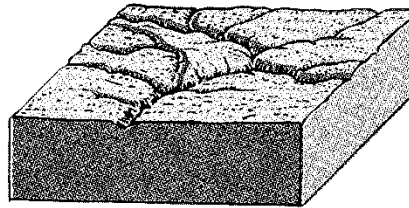




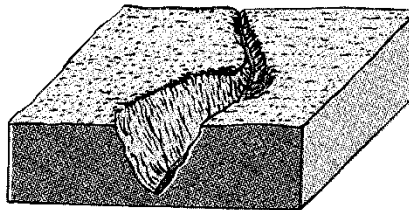
# Tipos de erosão



(a) Erosão laminar



(b) Voçorocas efêmeras



(c) Voçorocas





## Large Storm effects:

Edwards and Owness (1991):

**“With more than 4,000 rainfall events during the study period (28 years), the five biggest erosion-producing events on each watershed (of 229) accounted for 66% of the total erosion”**

Storm Rank	Cumulative % of 25 year
1	25
2	41
3	52
4	60
5	66

















# **Erosão do Solo: controle**

**Prof Miguel Cooper  
Depto de Ciência do Solo  
ESALQ/USP  
E-mail: [mcooper@usp.br](mailto:mcooper@usp.br)**



## Sem terraços (plântio alinhado)

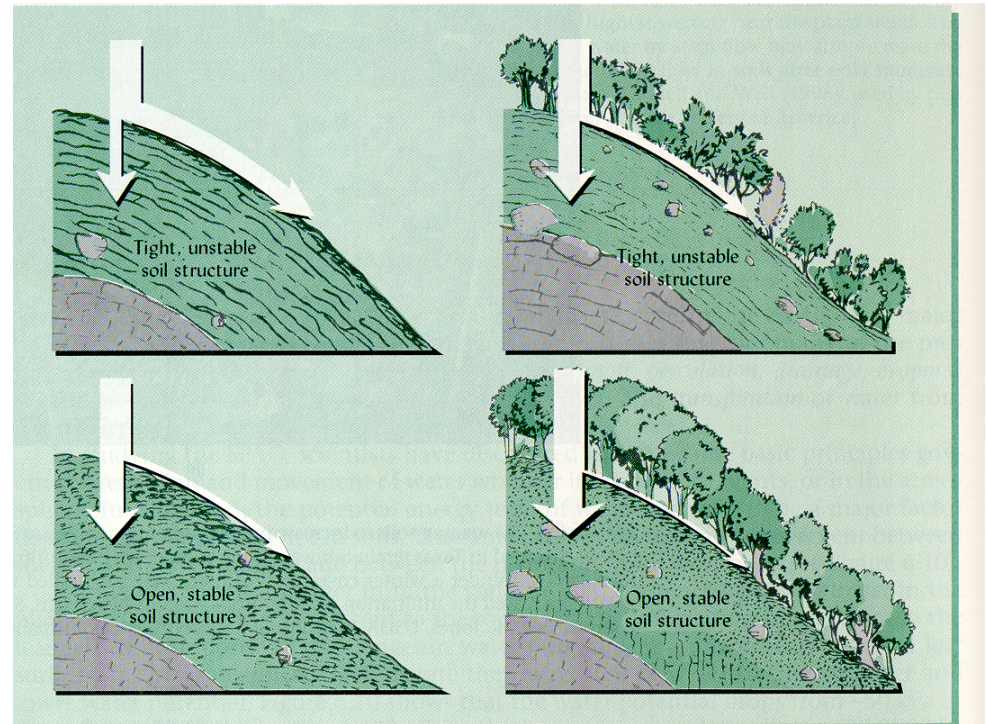
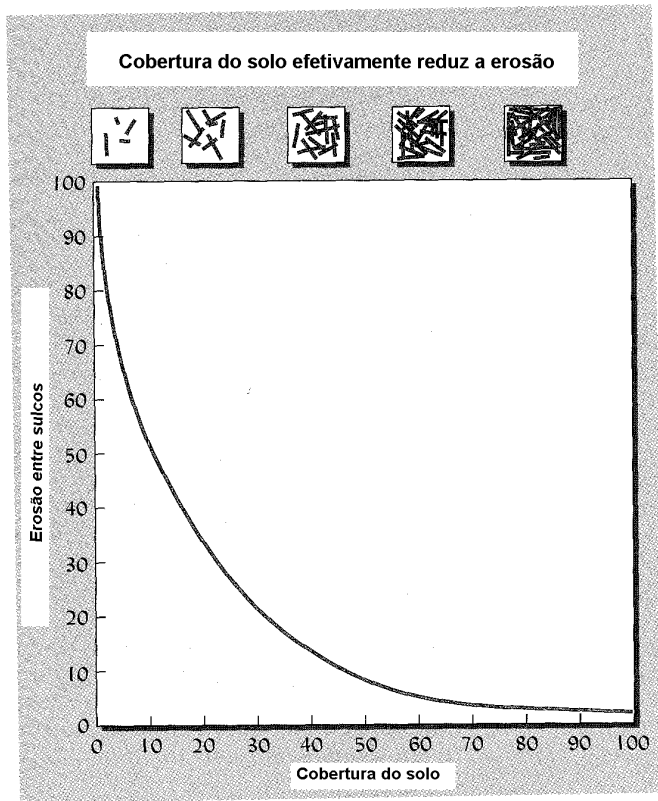








# Controle da erosão – práticas vegetativas



Prática auxiliar ao manejo de cobertura:

- **Plantio Direto**
- Faixas
- Cobertura verde





Prática auxiliar ao manejo de cobertura:

- **Plantio Direto**
- Faixas
- Cobertura verde



## Prática auxiliar ao manejo de cobertura:

- Plantio Direto
- **Faixas**
- Cobertura verde





## Prática auxiliar ao manejo de cobertura:

- Plantio Direto
- **Faixas**
- Cobertura verde





Prática auxiliar ao manejo de cobertura:

- Plantio Direto
- Faixas
- **Cobertura verde**





# **Terraceamento agrícola**

- Funcionamento
- Tipos
- Construção
- Recomendação
- Problemas



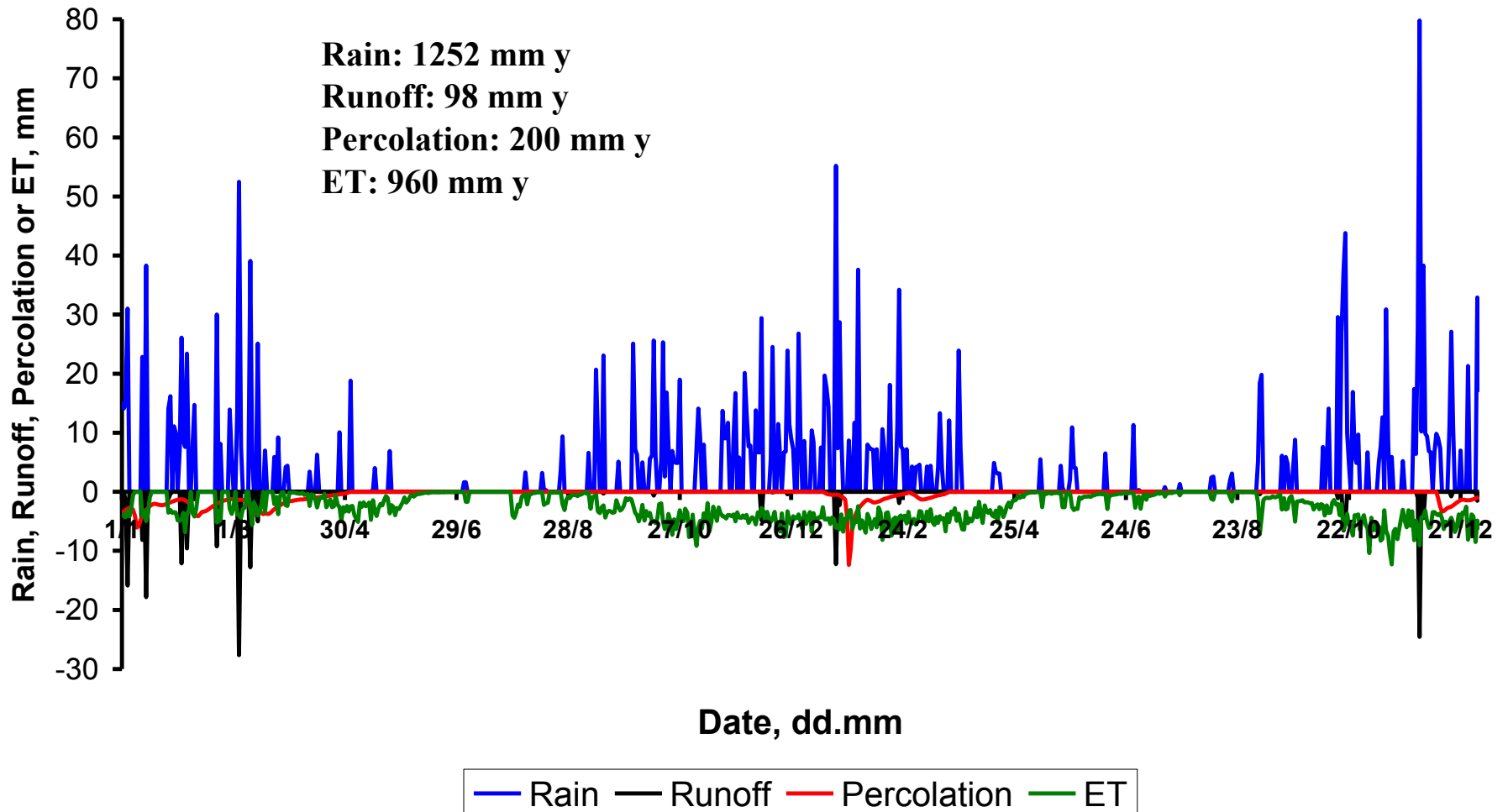
Funcionamento: Interceptação do excesso de enxurrada (eventos extremos)  
Controle de voçorocas (permanentes e efêmeras) e conservação de estradas





Funcionamento: Pouca influência no ciclo hidrológico geral

## Rain, runoff, percolation and ET (cane)





Funcionamento:

Infiltração: terraços em nível, curvas de nível, **terraços de infiltração**





Funcionamento:

Drenagem: terraços em desnível, curvas em desnível, **terraços de drenagem**





Tipos:          Embutido



Com aterro, parabólico, base larga





Construção:





Construção:





Construção:





Construção:





Construção:





Recuperação da área de corte: calagem, adubação, matéria orgânica, subsolagem





## Custo e rendimento de construção em função do tipo de terraço e seção

	Seção		Rendimento			Custo	
	$L m^{-1}$	$m h^{-1}$	$R\$ h^{-1}$	$R\$ m^{-1}$	$R\$ m^{-3}$		
<b>Com aterro</b> feito com terraceador	900	390	35	0,09	0,10		
<b>Com aterro</b> feito com terraceador e acabamento de canal com motoniveladora	2.500	200	60	0,30	0,12		
<b>Embutido</b> feito com terraceador e motoniveladora	1.500	220	75	0,34	0,23		
<b>Embutido</b> feito com motoniveladora	1.200	150	75	0,50	0,42		
<b>Embutido</b> feito com terraceador e esteira	2.500	50	65	1,30	0,52		
<b>Embutido</b> feito com esteira	3.500	30	55	1,83	0,52		



Problemas do terraceamento:

Infiltração e drenagem: linhas mortas





# Linhas mortas





## Principais problemas: Infiltração



Impermeabilização

Transbordamento















# Terraços de Infiltração com EV cte

$$EV_1 = EV_2; EH_1 \ll EH_2 \rightarrow AR_1 \gg AR_2$$







# Principais problemas: Drenagem



## Dimensionamento complexo

$$P = \left\{ T^{\left( \alpha + \frac{\beta}{T^{0,25}} \right)} \right\} \times \{ a \times t + b \times \log(1 + c \times t) \}$$

$P$  = Precipitação máxima, mm

$T$  = tempo de recorrência, anos

$t$  = tempo de duração da chuva, h

$\alpha$  = constante que depende da duração precipitação (ver anexo)

$\beta$  = constante que depende da duração da e da localidade (ver anexo)

$a$ ,  $b$ , e  $c$  = constantes que dependem da localidade (ver anexo)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{i}$$

$V$  = velocidade da água num canal aberto, m s<sup>-1</sup> (vel. máxima em terraços = 0,5m s<sup>-1</sup> e em canais vegetados 1,5m s<sup>-1</sup>)

$n$  = coeficiente de rugosidade, varia de 0,06 a 0,1 em canais de terra vegetados

$R$  = raio hidráulico do canal (área molhada / perímetro molhado)

$i$  = declividade do canal, m/m

$$Q_{max} = \frac{C \times i \times A}{360}$$

$Q_{max}$  = vazão máxima esperada, m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>

$C$  = coeficiente de enxurrada.

$i$  = intensidade (mm h<sup>-1</sup>) da precipitação máxima esperada com certo período de retorno (normalmente 15 anos) e de duração igual ao tempo de concentração da área.

$A$  = área de captação no ponto de dimensionamento, ha











## Principais problemas: Drenagem



Escoamento em florestas



Assoreamento  
Eliminação de banco de sementes  
Sucessão



Filmes



# Controle de voçorocas

## Fatores antrópicos

### Actividades agrícolas

- desmatamento
- queimadas
- uso de áreas marginais
- sobre-pastoreio

### Actividades urbanas

- prédios e condomínios
- trilhas
- minas de areia

### Estradas

- mal projetadas e bloqueio de cursos de água naturais
- drenos mal dimensionados
- manutenção defeituosa

## Avaliação da situação atual:

- fonte e quantidade de enxurrada
- cabeças da voçoroca
- propriedades dos solos
- Microbacia hidrográfica e declividade do canal da voçoroca
- padrão de drenagem
- vegetação
- características da chuva
- uso da terra atual
- capacidade de uso da terra

Identificar as necessidades de conservação para as diferentes unidades de relevo

Proteger as cabeceiras das voçorocas com cercas ou cercas vivas

Desviar a água da enxurrada para fora da voçoroca

Mudar o uso da terra na microbacia que alimenta a voçoroca

- uso de coberturas vegetativas
- reflorestamento

Instalar estruturas de engenharia

- paliçadas de madeira ou pedra
- diques
- gabiões
- pneus

Voçoroca de Avaré (SP)











































2006











1996



2006

















1996



2006



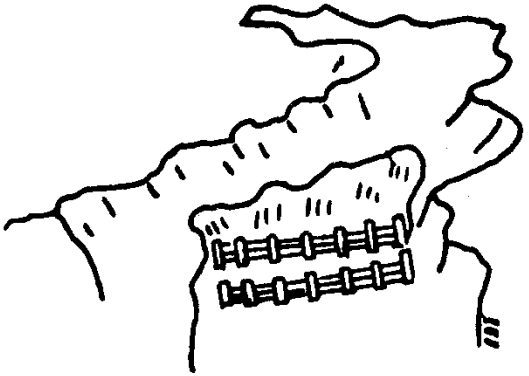




**(A) BARRAGEM DE PEDRA**

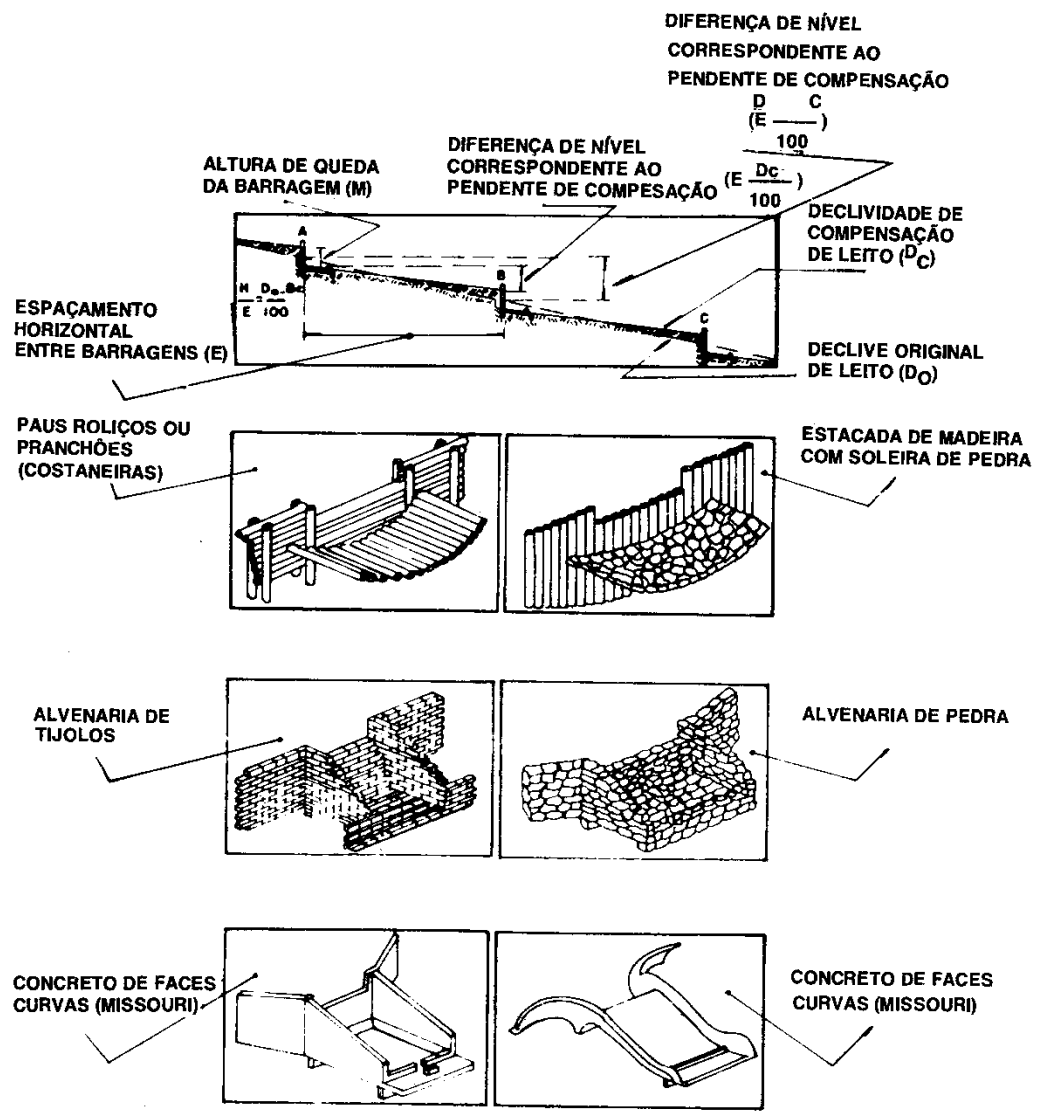


**(B) BARRAGEM DE TIJOLOS**



**(C) BARRAGEM DE TOCOS DE ÁRVORES E DE FOLHAS DE PLANTAS LENHOSAS**

*Figura 8.28. Barragens para controle de voçorocas.*



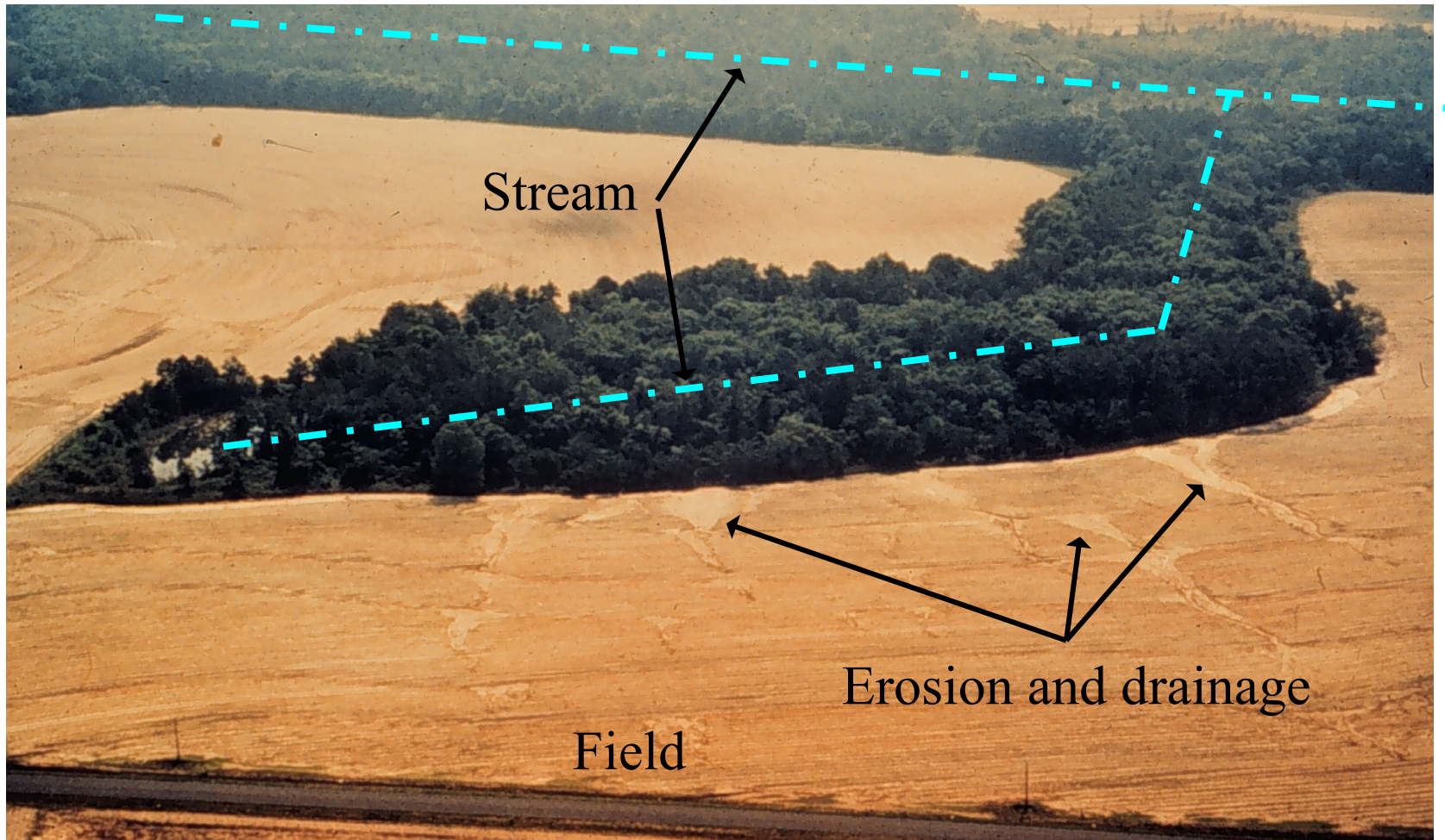
*Figura 8.29. Estruturas para barragens de redução de declividade no leito vegetado de canais escoadouros (desenho de J.Q.A. Marques)*





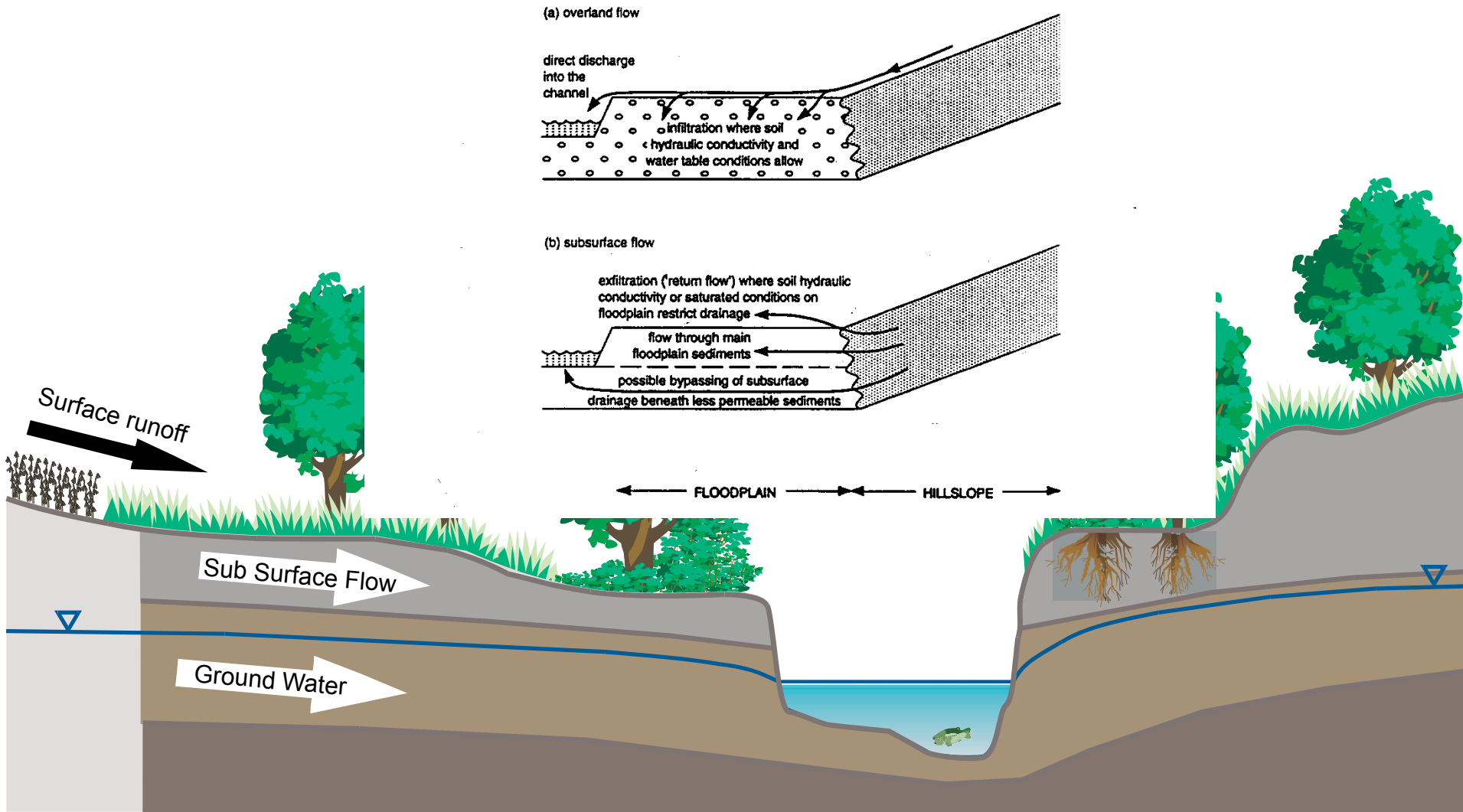


# Riparian Buffer System





**Figure 6.** Summary of main flow paths by which hillslope discharge moves through a floodplain to reach the channel: (a) for surface water inputs from upslope; (b) for subsurface water inputs from upslope.





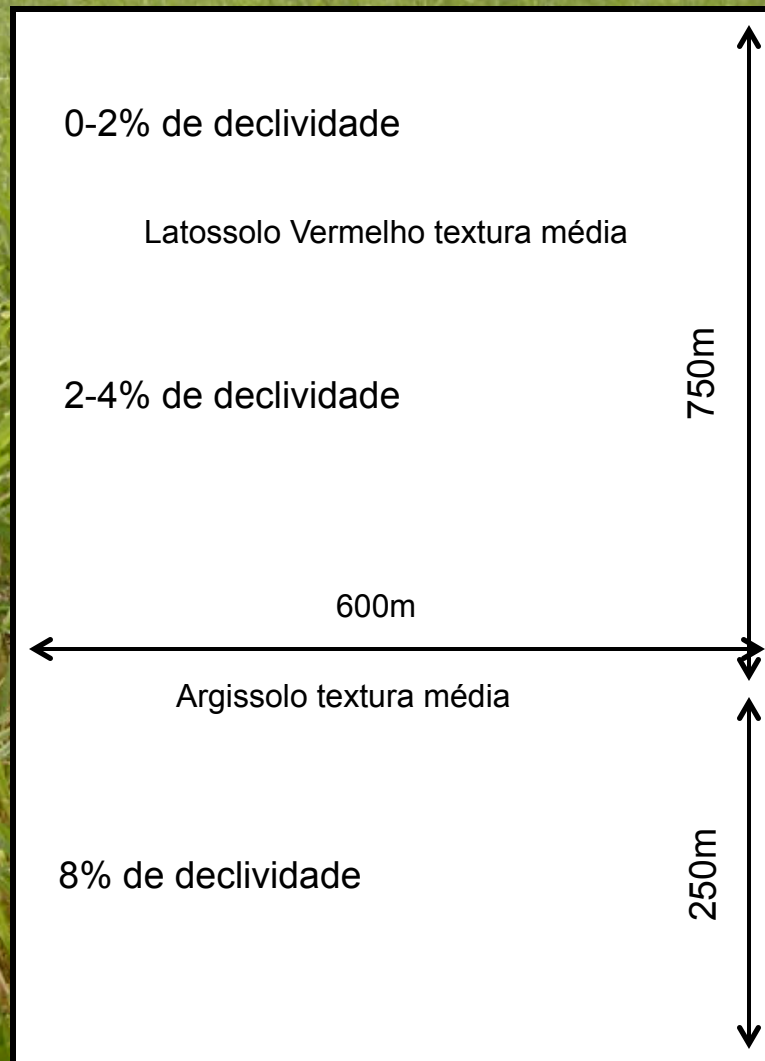




Altair (SP)

Conversão de pastagem para cana-de-açúcar

Ênfase na mecanização da colheita





# Projeto Conservacionista

Altair (SP)

Conversão de pastagem para cana-de-açúcar

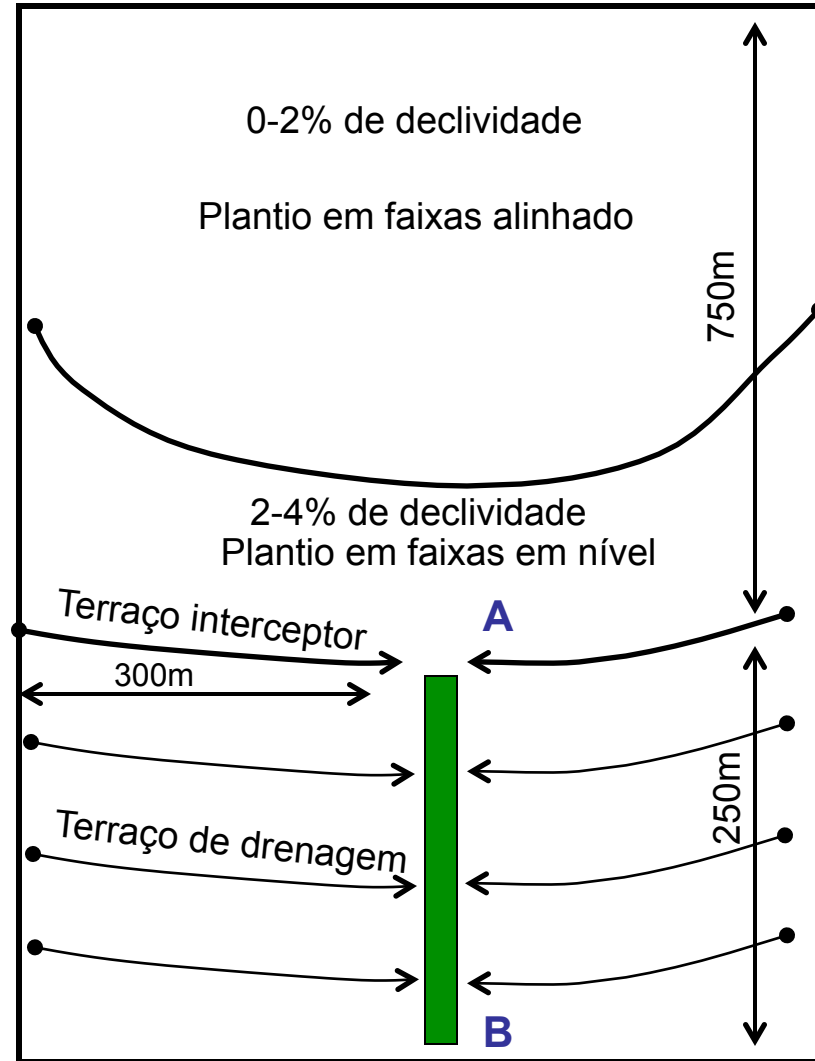
Colheita mecanizada

Pouca sensibilidade a risco


Latossolo Vermelho textura média

Argissolo textura média

8% de declividade







**Plantio em nível**

Plantio em faixas sem terraceamento

**Plantio alinhado**

























**Muito obrigado**