



Universidade de Pernambuco  
Escola Politécnica de Pernambuco  
Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil



## ***SUSTENTABILIDADE EM ÁREAS URBANAS***

***Ações estruturais e não-estruturais  
para prevenção de acidentes e  
controle de risco***

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Kalinny P. V. Lafayette**

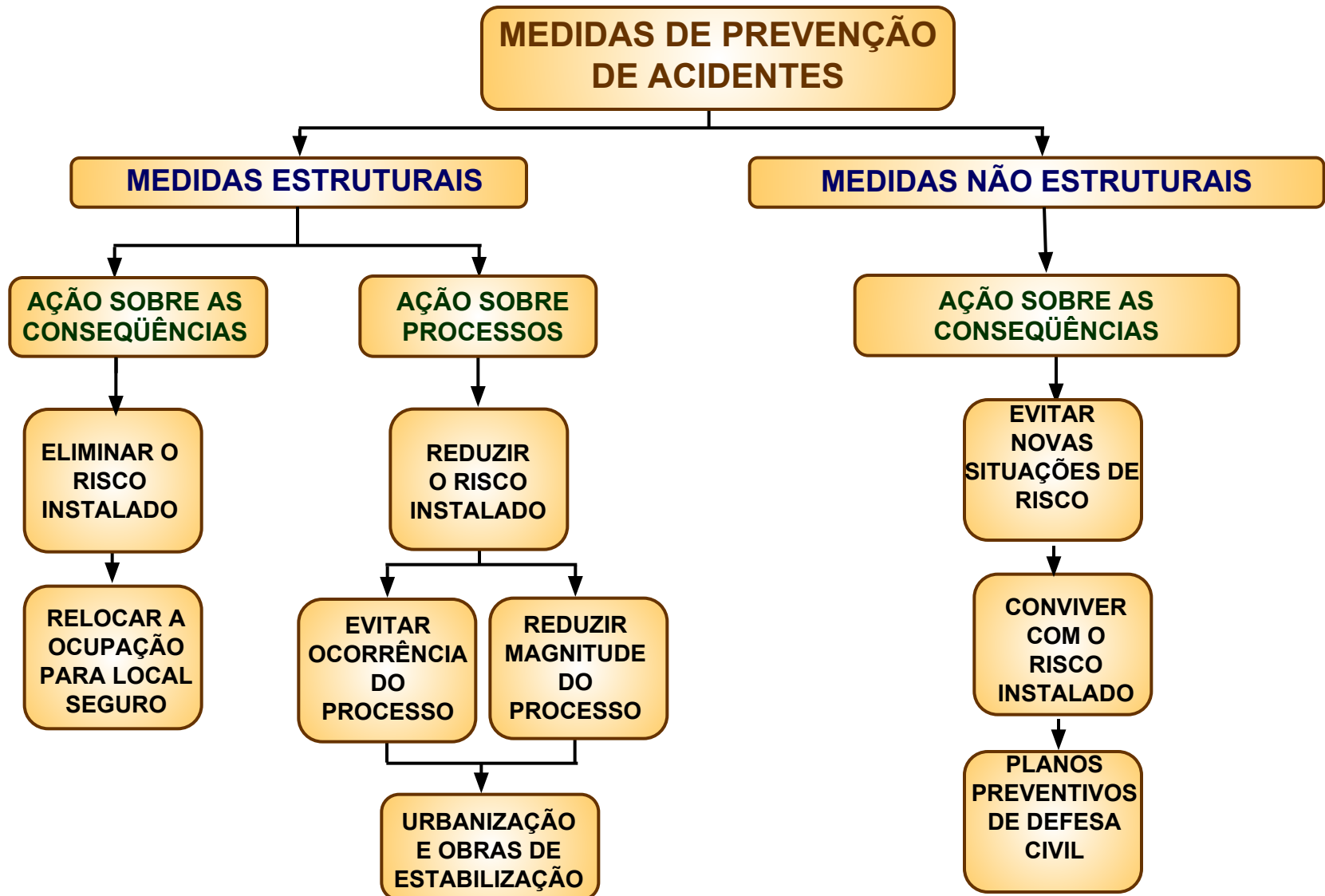


# MODELO DE ABORDAGEM DA UNDRRO

1. **Identificação e análise de riscos;**
2. **Adoção de medidas estruturais** para a prevenção de acidentes e a redução dos riscos;
3. **Adoção de medidas não estruturais** com implantação de planos preventivos de defesa civil para os períodos das chuvas mais intensas, monitoramento e atendimento das situações de emergência;
4. **Informação pública e capacitação para prevenção e autodefesa.**

**UNDRRO** - (Office of the United Nations Disasters Relief Co-Ordinator)

# Medidas de prevenção



# Processo de gerenciamento de áreas de risco

As **ações estruturais** apontam para a execução de um plano voltado para a redução dos riscos, através de implantação de obras de engenharia de forma planejada (muros de arrimo, sistema de drenagem, revegetação, remoção de moradias, etc).

Em muitos casos o problema é tão complexo que a intervenção estrutural não consegue chegar em curto prazo, neste caso é necessário planejar e implementar formas de monitoramento permanente e prevenção de acidentes (**ações não-estruturais**) nas áreas de risco enquanto não se executam intervenções emergenciais ou definitivas.



# **Ações Estruturais**

**para Prevenção de Acidentes e Controle de Risco**



# Medidas estruturais

## □ *ABORDAGEM ESTRUTURAL*

- Elaborar planos de intervenções estruturais integradas considerando os aspectos técnicos, econômicos e sócio-culturais;
- Obras de contenção inseridas em programas de reurbanização ou consolidação geotécnica;
- Avaliar reuso da área de risco para fins habitacionais voltados à população de baixa renda, utilizando técnicas construtivas adequadas às condições geotécnicas das encostas.

# Medidas estruturais

## Fases para um projeto de estabilização:

**Diagnóstico:** compreende a identificação e o entendimento do movimento de massa obtido através dos resultados dos estudos geológicos e geotécnicos realizados.

**Solução:** ao final da fase de diagnóstico, o engenheiro está de posse de todos os elementos que lhe permitem decidir sobre a melhor solução a adotar para o caso em questão.

**Monitoramento:** compreende a fase de acompanhamento da obra de estabilização verificando seu desempenho ao longo do tempo.

# Princípios de análise de estabilidade de taludes



# INFORMAÇÕES MÍNIMAS NECESSÁRIAS A UMA ANÁLISE DE ESTABILIDADE

- **Geometria do talude (inclinação, altura, forma)**
- **Perfil geotécnico**
- **Parâmetros geotécnicos dos materiais**
- **Hidrologia superficial e subterrânea**
- **Poros pressões**
- **Estudo da pluviometria**
- **Condições de carregamento (externo e interno)**
- **Escolha do método de cálculo**
- **Definição da (s) superfície (s) potencial (ais) de ruptura**
- **Obtenção do  $FS_{min}$**
- **Parecer Técnico Final**

# SOLUÇÃO DE ESTABILIZAÇÃO

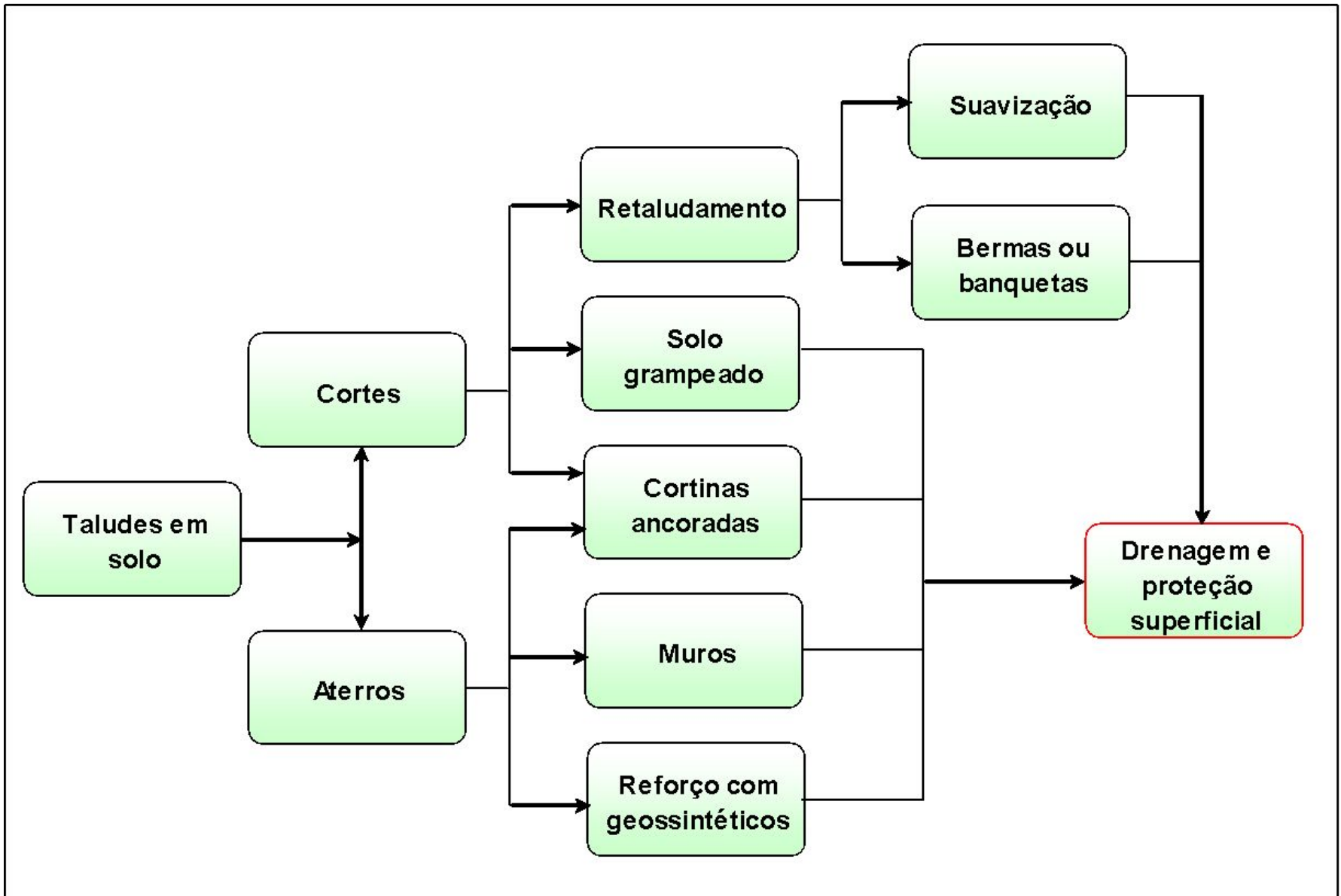
# CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DA SOLUÇÃO DE ESTABILIZAÇÃO

PRINCÍPIOS	OBRAS
<p><b>Redução da poro-pressão (drenagem)</b></p>	<p>a) Superficial:                      - valetas de crista de talude ou de plataforma                      - canaletas, canais com ou sem revestimento</p> <p>b) Profunda:                      - trincheira (galerias/ drenantes)                      - drenos sub-horizontais, - poços de drenagem vertical</p> <p>c) Revestimento superficial do talude:                      - vegetação, - asfalto, - cimentado</p>
<p><b>Redução das forças desestabilizadoras (atuantes)</b></p>	<p>a) Redução da declividade do talude                      b) Plataforma horizontal / banquetas</p>
<p><b>Aumento das forças estabilizadoras</b></p>	<p>a) Bermas de equilíbrio (no pé do talude)</p>
<p><b>Suporte de uma área instável (estruturas de contenção)</b></p>	<p>a) Reforço do solo                      - Soil nailing - solo grampeado                      - Micro estacas , - Colunas de brita / estacas de areia                      - Estrutura solo reforçado</p> <p>b) Estruturas de contenção                      - Muros de arrimo, - Estruturas de terra e concreto, solo reforçado</p> <p>c) Métodos adicionais                      - Instalação de estacas de cal                      - Instalação de trincheiras de pedregulhos ou colunas de (brita)                      - Trat. químico, - Electro – osmose, - Tratamento pelo calor</p>

# TIPOS DE INTERVENÇÕES

<b>GRUPOS</b>	<b>TIPOS</b>
Obras sem estrutura de contenção	<ul style="list-style-type: none"><li>- retaludamentos (corte e aterro)</li><li>- Drenagem (superficial, subterrânea)</li><li>- proteção superficial (naturais e artificiais)</li></ul>
Obras com estrutura de contenção	<ul style="list-style-type: none"><li>- muros de gravidade</li><li>- atirantamentos</li><li>- aterros reforçados</li><li>- estabilização de blocos</li></ul>
Obras de proteção para massas movimentadas	<ul style="list-style-type: none"><li>- barreiras vegetais</li><li>- muros de espera</li></ul>

# Intervenções em taludes de solos



# Obras sem estrutura de contenção

Grupos	Subgrupos		Tipos de Obras	
Obras sem estrutura de contenção	Retaludamento	Cortes	Talude Contínuo e escalonado	
		Aterro Compactado	Carga de fase de talude (muro de terra)	
	Proteção Superficial	Materiais naturais	Gramíneas	
			Grama armada com geossintético	
			Vegetação Arbórea (mata)	
			Selagem de Fendas com solo argiloso	
		Materiais artificiais	Canaleta de borda, de pé e de descida	
			Cimentado	
			Geomantas e gramíneas	
			Geocélula e solo compactado	
			Tela argamassada	
			Pano de pedra ou lajota	
	Estabilização de Blocos	Retenção	Tela metálica e tirante	
		Remoção	Desmonte	

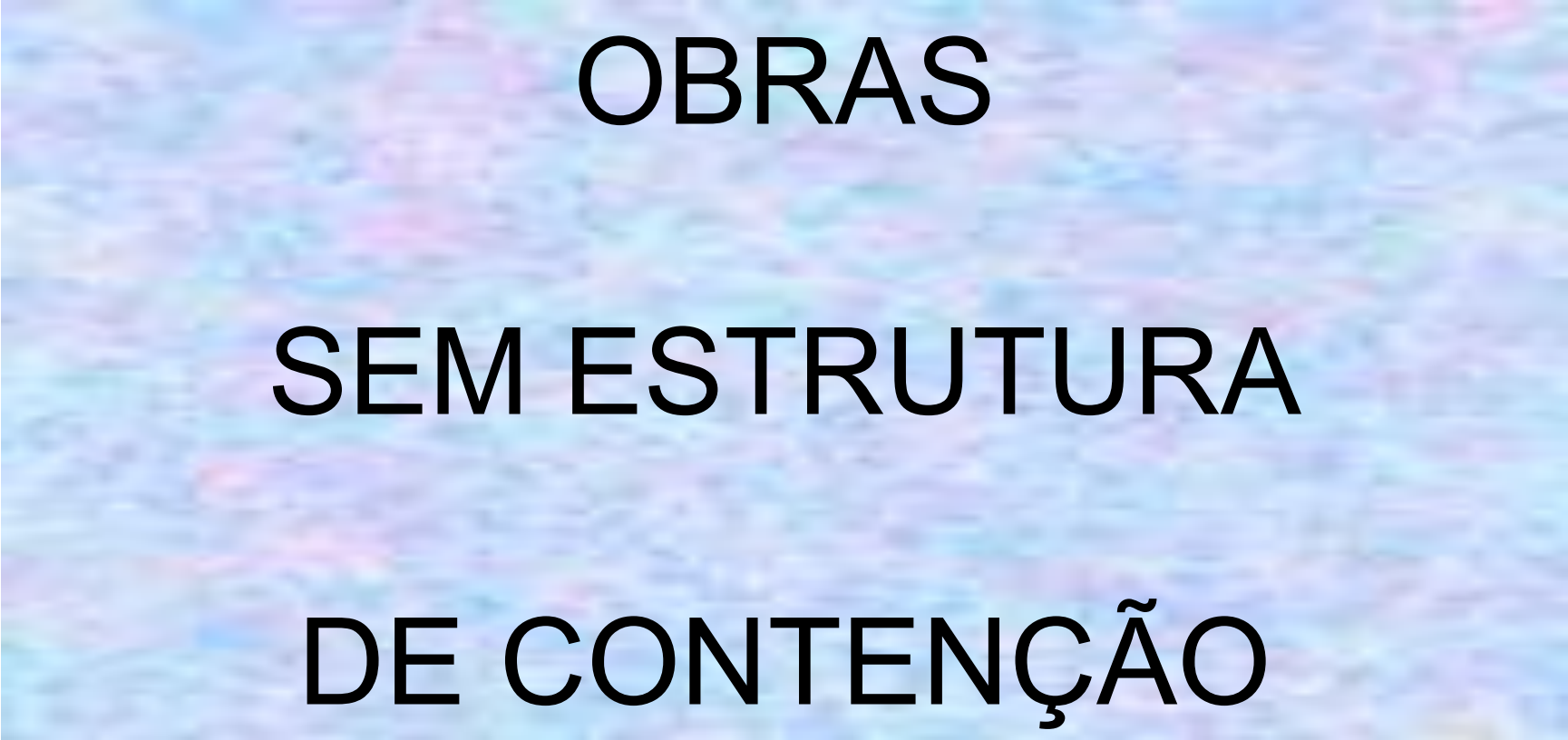
# Obras sem estrutura de contenção

Grupos	Subgrupos		Tipos de Obras
Obras com estrutura de contenção	Muro de arrimo	Solo-Cimento	Solo-cimento ensacado
		Pedra-Rachão	Pedra seca
			Alvenaria de pedra
			Concreto armado
		Concreto	Concreto ciclópico
			Gabião
		Bloco de concreto articulado	Bloco de concreto articulado (pré-fabricado, encaixado sem rejunte)
		Solo-Pneu	Solo-pneu
	Outras soluções	Terra armada	Placa pré-fabricada de concreto, ancoragem metálica ou geossintéticos.
		Micro-ancoragem	Placa e montante de concreto, ancoragem metálica ou geossintéticos.
		Solo Compactado e reforçado	Geossintético
			Paramento com pré-fabricados
		Solo reforçado	Solo Grampeado
		Outros	Cortina Atirantada

# Proteção para massas movimentadas

Grupos	Subgrupos
Proteção para massas movimentadas	Barreiras vegetais
	Muro de espera



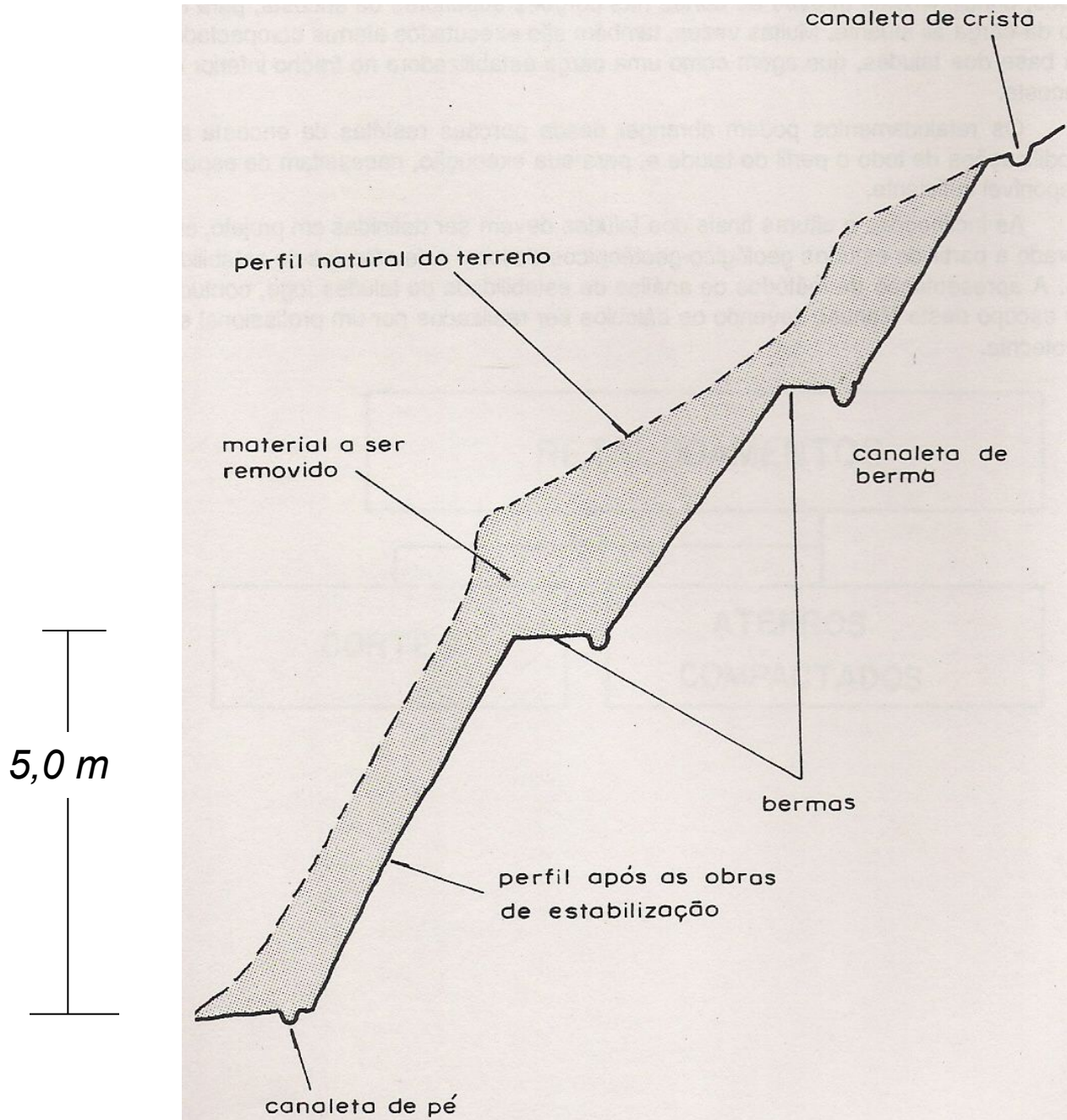


**OBRAS  
SEM ESTRUTURA  
DE CONTENÇÃO**

# Retaludamento

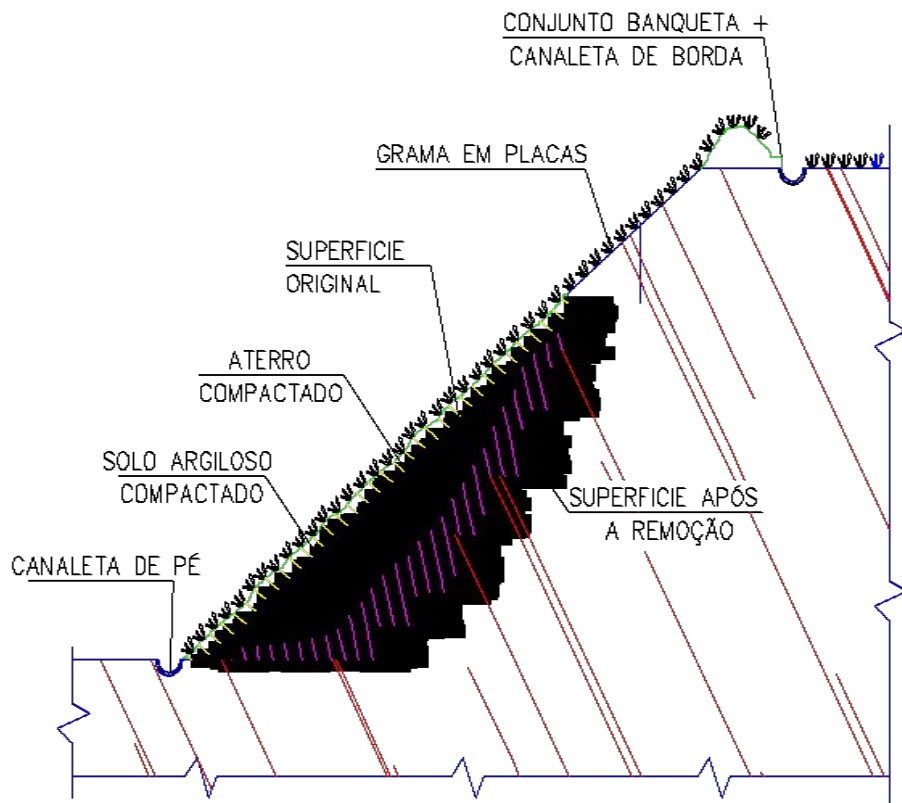
- Muito eficaz em movimentos rotacionais;
- É mais eficaz aterrar o pé (por exemplo, com bermas), do que cortar a crista do talude;
- Muitas vezes não há espaço disponível, necessitando haver remoções e desapropriações.

# CORTES



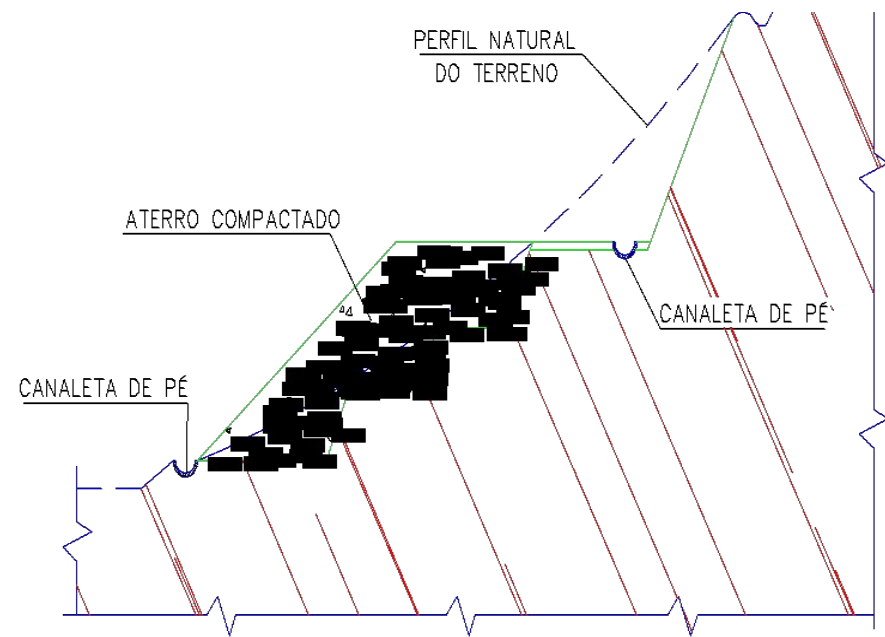
# Aterros

- O material a ser usado deve ser preferencialmente o solo local;
- A compactação do material pode ser feita manualmente ou com equipamentos;
- A superfície de assentamento do aterro deve ser previamente escarificada e escavada em forma de degraus;
- Devem ser evitados aterros na crista do talude;
- Deve sempre ser previsto um sistema de drenagem proteção superficial do talude.



RETALUDAMENTO CONTÍNUO

# ATERROS



RETALUDAMENTO ESCALONADO

# Proteção Superficial

- Reduz a infiltração das águas pluviais, aumentando a resistência do solo e diminuindo o seu peso;
- Deve ser projetada de modo integrado aos sistemas de drenagem (micro e macro);
- Pode ser feita usando materiais naturais (vegetação) ou materiais artificiais (cimentado, tela argamassada, geossintéticos, lajotas, asfalto, lonas, etc).

# Proteção Superficial

## *MATERIAIS NATURAIS - GRAMÍMIA*



# Efeitos da vegetação nos taludes

## EFEITOS FAVORÁVEIS:

- ❑ Redistribuição da água proveniente das chuvas (impedimento do impacto direto da chuva na superfície do solo);
- ❑ Acréscimo de resistência do solo devido às raízes.

## EFEITOS DESFAVORÁVEIS:

- ❑ Efeito alavanca - força transferida pelos troncos das árvores ao terreno, quando da ação do vento;
- ❑ Sobrecarga vertical - causada pelo peso das árvores.





# Materiais alternativos para a cobertura vegetal

## Geomantas

## Geocélulas

## Biomantas

Protegem o solo contra a erosão até que a vegetação se estabeleça.

### Vantagens:

- Protege imediatamente o solo contra erosão superficial;
  - Servem para ajudar a germinação de sementes;
  - Proporcionam rapidez no processo de revegetação;
- **Biomantas:** Telas vegetais compostas por materiais biodegradáveis (fibras vegetais, palha agrícola, fibra de coco e fibras sintéticas).



Geocélulas





# Telas e mantas biodegradáveis



# Proteção Superficial

## *MATERIAIS ARTIFICIAIS*

**Cimentado**

**Tela argamassada**

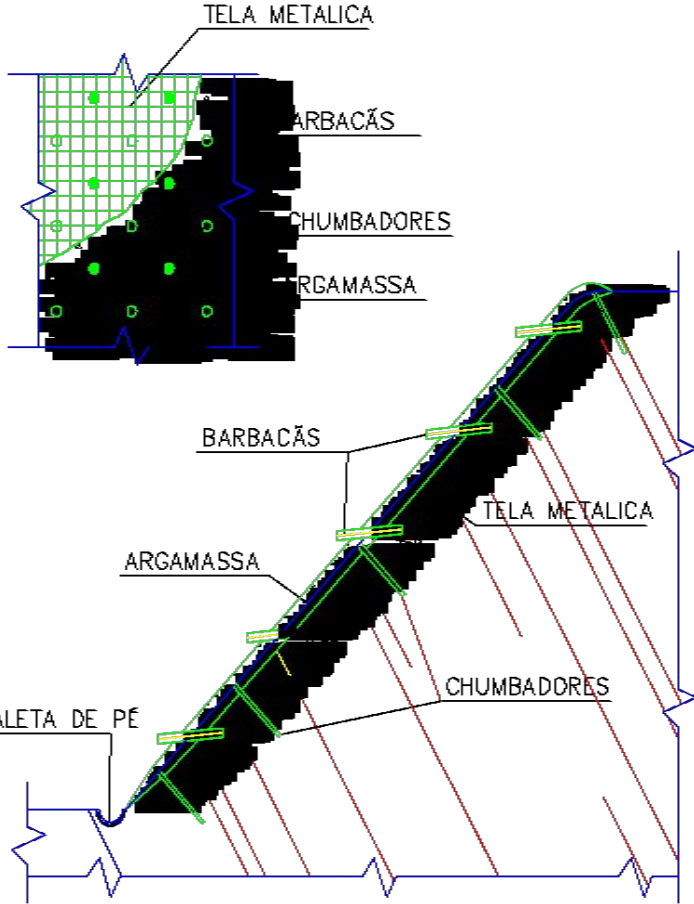
**Alvenaria armada**

**Lonas sintéticas**

- Evita a infiltração das águas pluviais no talude através da impermeabilização;



# Tela argamassada



REVESTIMENTO COM TELA ARGAMASSADA

Usada em declividade mais acentuada onde é difícil a fixação da vegetação



# Proteção Superficial

## *ALVENARIA ARMADA*



# *Proteção Superficial com Lonas Plásticas*





# Proteção Superficial

## MATERIAIS ARTIFICIAIS CAL-JET

A técnica é baseada na pulverização de calda fluida de cal com aglutinantes fixadores sobre as superfícies de **solo arenoso**.

**pulverizadores de uso agrícola**  
(manuais ou motorizados).

### Vantagens:

Baixo custo,  
Praticidade de aplicação,  
Eficiência e durabilidade  
Alto rendimento na aplicação



# Drenagem

## Objetivos:

- melhorar as condições de estabilidade;
  - reduzir a infiltração no solo;
  - reduzir a força de percolação pela captação e condução das águas superficiais do talude para um sistema coletor,
- 
- Deve ser considerado toda a bacia de drenagem.
  - Um sistema eficiente deve ser bem projetado para evitar transbordamento nas ocorrências de chuvas intensas.
- 
- Qualquer que seja a solução adotada, o controle das condições de drenagem é fundamental. Um sistema de drenagem combinado com elementos de proteção superficial pode em muitos casos ser solução suficiente para estabilizar uma encosta.

# Drenagem

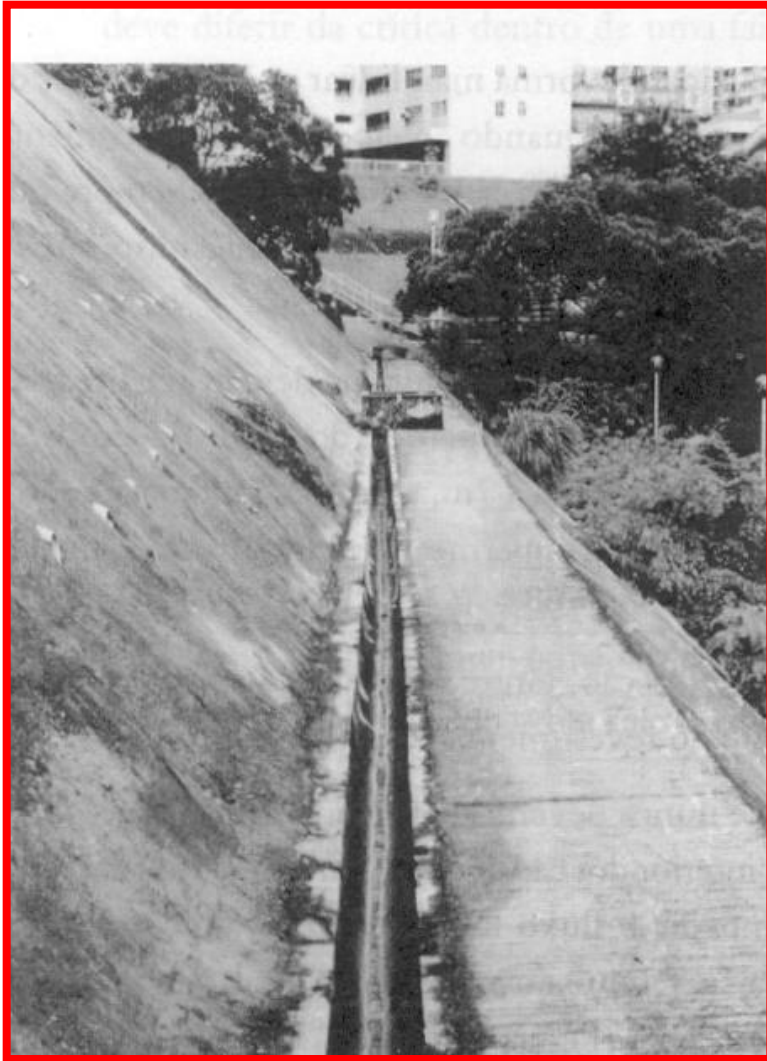
- **Micro-drenagem:** formado por valetas, calhas e canaletas, além dos dissipadores de energia e as caixas coletoras;
- **Macro-drenagem:** formado por galerias subterrâneas e canais, completado por rios, lagos e pelo mar, que recebe todo o volume escoado.

# Drenagem

## MICRODRENAGEM



# Drenagem Superficial



- Tem como objetivo a redução dos processos de infiltração.

# Drenagem Subterrânea

# Águas servidas



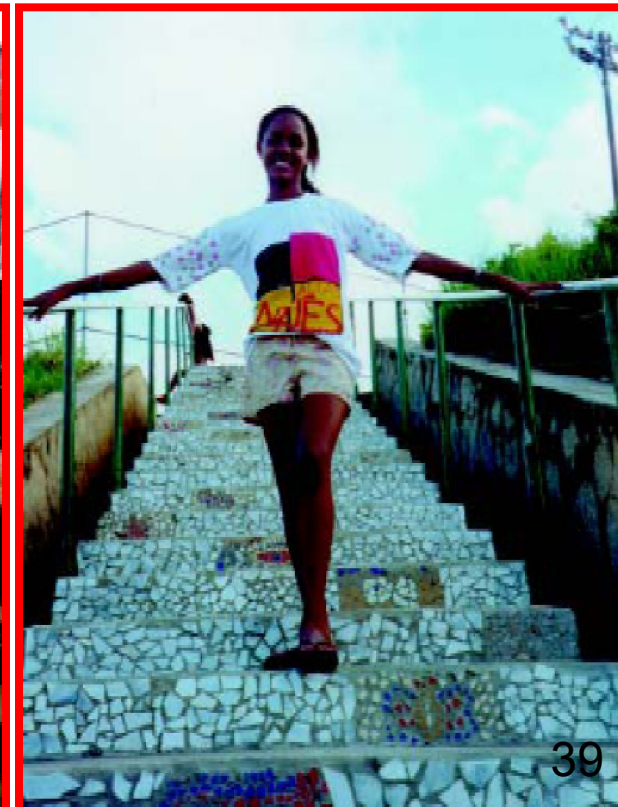
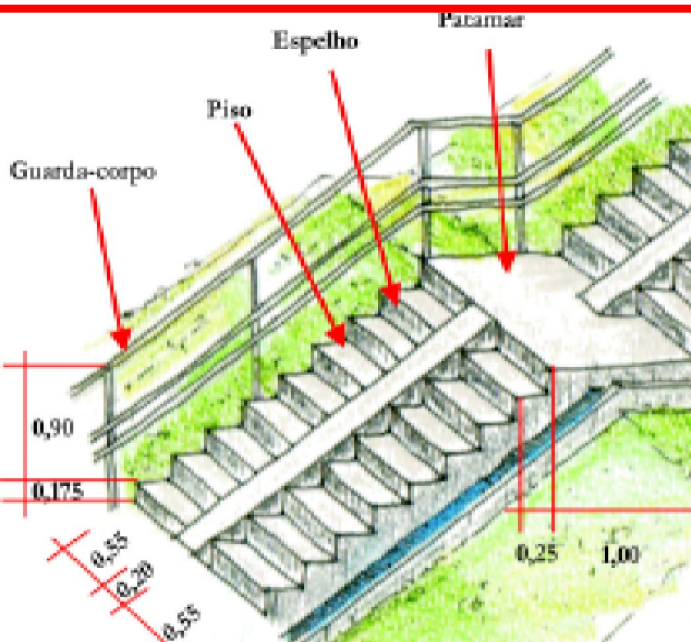
É necessário avaliar a localização e situação das fossas. Ele deve está localizada na parte de trás do patamar ou quintal das casas próximas ao pé do corte, e nunca junto à crista do talude. Neste caso, deve ser recomendada a relocação da fossa, pelo morador.



# Obras de Acessibilidade

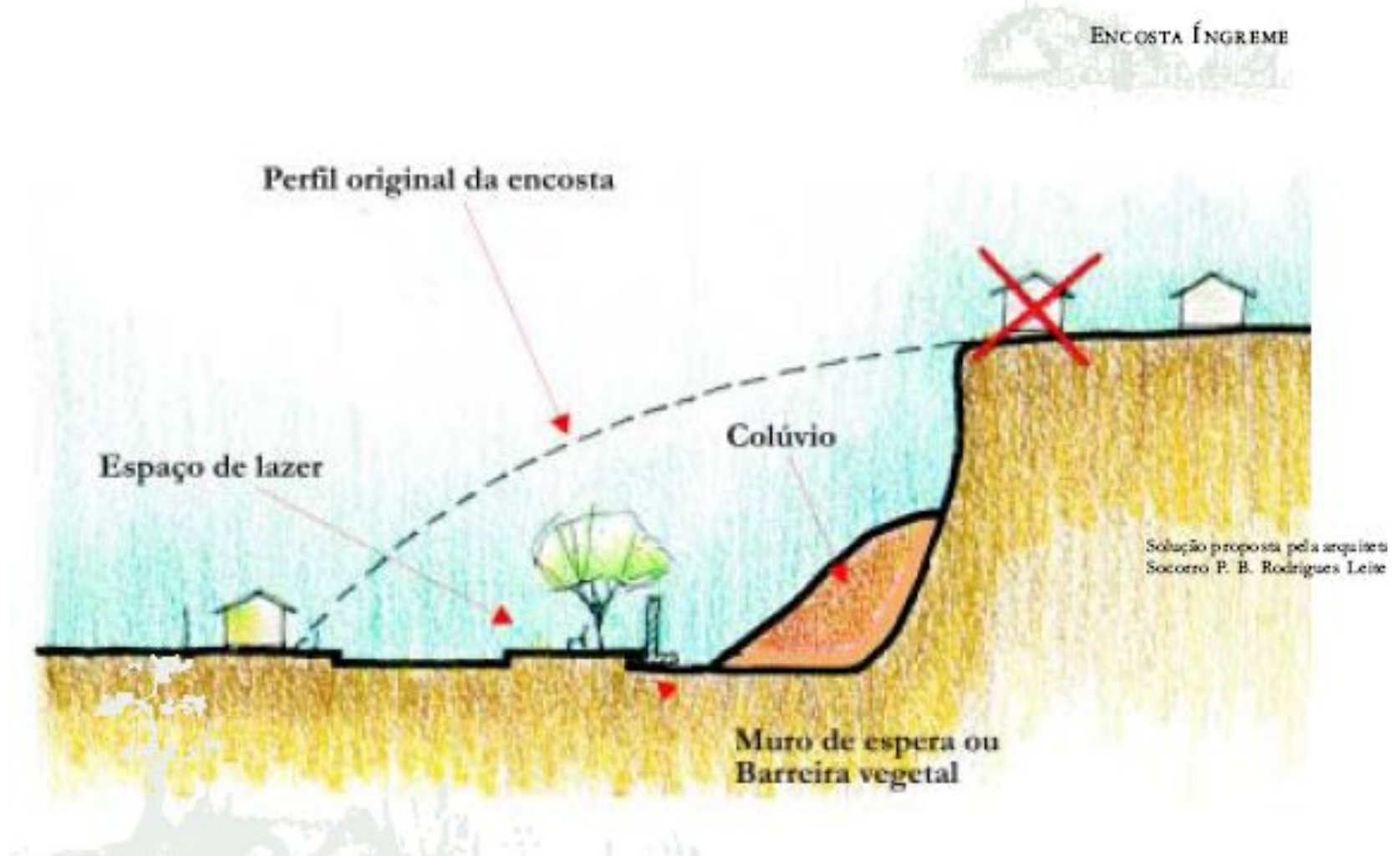
## Escadaria-Calha com Rampa

Devem ser executadas com muretas laterais de contenção em alvenaria de pedra-rachão com calhas em concreto simples e degraus da escada e **rampa** em concreto armado.





# Remoção de Moradias



- Remover as moradias com menos de 5 m da crista e 10 m do colúvio;
- Construir barreiras vegetais / muros de espera

# Limpeza e desobstrução

- Serviços de limpeza de entulho, lixo, etc (a RMR produz diariamente 4.000 toneladas de entulho!);
- Recuperação e/ou limpeza de sistemas de drenagem, esgotos e acessos;
- Também incluem obras de limpeza de canais de drenagem;
- Correspondem a serviços manuais e/ou utilizando maquinário de pequeno porte.