# PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS DE SOLOS E ÁGUAS

## TERRACEAMENTO

O terraceamento é uma prática mecânica de conservação do solo destinada ao controle da erosão hídrica, das mais difundidas e utilizadas pelos agricultores (Figura 1). O terraceamento teve inicio no Estado de São Paulo, em meados da década de trinta. A grande difusão desta prática ocorreu quando o Departamento de Engenharia Mecânica da Agricultura (DEMA) e, posteriormente, a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), nos anos 1950 a 1980, planejaram, marcaram e orientaram a construção de milhares de quilômetros de terraços com a finalidade de defender as terras cultivadas dos efeitos da erosão (Bellinazzi Júnior et al., 1980).

**Figura 1**. Área com terraços de infiltração e suas faixas de proteção.

## CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

O terraceamento baseia-se no **parcelamento das rampas**, isto é, em dividir uma rampa comprida (mais sujeita à erosão) em várias rampas menores (menos sujeitas à erosão), por meio da construção de terraços (Figura 2).

**Figura 2**. Representação esquemática de uma área terraceada mostrando o parcelamento da rampa e a retenção das águas da enxurrada.

**Terraço** é um conjunto formado pela combinação de um **canal (valeta) e de um camalhão (monte de terra ou dique)** (Figura 3)**,** construído a intervalos dimensionados, no sentido transversal ao declive, ou seja, construídos em nível ou com pequeno gradiente.

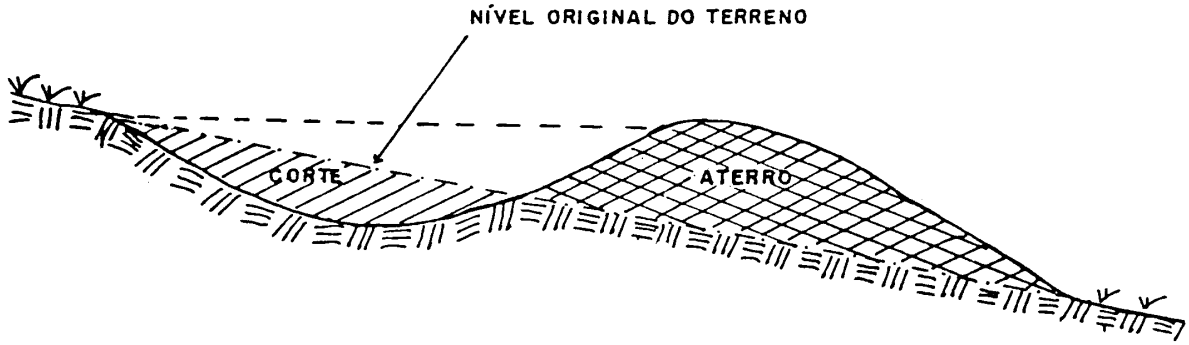



**Figura 3**. Partes Componentes de um Terraço.

Os terraços têm a finalidade de **reter e infiltrar, ou escoar lentamente, as águas provenientes da parcela do lançante imediatamente superior,** de forma a **minimizar o poder erosivo das enxurradas cortando o declive**. O terraço permite a **contenção de enxurradas**, **forçando a absorção da água da chuva pelo solo, ou a drenagem lenta e segura do excesso de água**.

Cada terraço protege a faixa que está logo abaixo dele, ao receber as águas da faixa que está acima (Figuras 2 e 4). O terraço pode reduzir as perdas de solo em até 70-80%, e de água em até 100%, desde que seja criteriosamente planejado (tipo, dimensionamento), executado (locado, construído) e conservado (limpos, reforçados). Embora apresente custo elevado (e que aumenta com a declividade), esta prática é necessária em muitas áreas agrícolas onde técnicas mais simples (como o plantio em nível, as culturas em faixas ou a rotação de culturas), por si só, não são suficientes para uma eficaz proteção do solo contra a erosão hídrica.

**Figura 4**. Vista parcial da água da enxurrada retida em um terraço.

Nem todos os solos e declives podem ser terraceados com êxito. Nos pedregosos ou muito rasos, com subsolo adensado, é muito dispendioso e difícil manter um sistema de terraceamento. As dificuldades de construção e manutenção aumentam à medida que cresce a declividade do terreno. **O uso do terraceamento é recomendado para declives superiores a 3%, comprimentos de rampa maiores que 100 metros e topografia regular.**

O terraceamento, quando bem planejado e bem construído, reduz as perdas de solo e água pela erosão e previne a formação de sulcos e grotas, sendo mais eficiente e menos oneroso quando usado em combinação com outras práticas, como o plantio em contorno, cobertura morta e culturas em faixas; após vários anos, seu efeito se pode notar nas melhores produções das culturas, devido à conservação do solo e da água.

## CLASSIFICAÇÃO DOS TERRAÇOS

### QUANTO À FUNÇÃO:

- **TERRAÇO EM NÍVEL (DE RETENÇÃO, ABSORÇÃO ou INFILTRAÇÃO)**: **recomendado para solos com elevada permeabilidade, regiões de precipitações baixas e até 12% de declividade**.

Este terraço é construído em nível (sobre uma curva em nível marcada no terreno) e tem suas extremidades fechadas. A sua função é interceptar a enxurrada e promover a infiltração da água no canal do terraço.

Os terraços construídos em nível não permitem um dimensionamento hidrológico muito preciso. A taxa de infiltração de água no canal do terraço, que é o princípio de seu funcionamento, ainda é um assunto muito pouco conhecido. Outro fator importante é que essa taxa de infiltração é muito variável e dependente do tipo do solo, da forma de construção do terraço, do preparo do solo, do grau de compactação do solo e da sua umidade. Em decorrência disto, o dimensionamento de terraços de infiltração com base em critérios hidrológicos ainda não consiste numa prática rotineira.

- **TERRAÇO EM DESNÍVEL (COM GRADIENTE, DE DRENAGEM, COM DECLIVE OU DE ESCOAMENTO)**: **recomendado para solos com permeabilidade lenta ou moderada (B textural e solos rasos), regiões de precipitações elevadas e de até 20% de declividade.**

É um terraço que apresenta declive suave, constante (uniforme) ou variável (progressivo), com uma ou as duas extremidades abertas. Os terraços de drenagem interceptam a enxurrada e, ao invés de promover a sua infiltração no canal do terraço, conduzem-na para um sistema de escoamento que pode ser uma grota vegetada ou um canal escoadouro, sem que haja erosão no leito do canal. Em alguns tipos de solos bastante permeáveis, como alguns Latossolos Vermelhos argilosos, consegue-se, às vezes, dispensar com segurança os canais escoadouros, mediante o emprego de práticas mecânicas (como terraceamento de infiltração) e vegetativas que produzam quase a retenção completa das águas da chuva.

Nos terraços de drenagem, os princípios hidrológicos envolvidos no dimensionamento são mais bem conhecidos e mais simples do que nos terraços de infiltração.

No quadro 1 são apresentados os valores de declividade recomendados para grupos diferentes de solos, ao longo de terraços locados com gradiente progressivo.

**Quadro 1**. Valores de declividade recomendados (%) para três grupos de solos, ao longo de terraços locados com gradiente progressivo.

| Comprimento do terraço (m) | Grupos de solos | | |
|---|---|---|---|
| | Nitossolos Vermelhos | Arenosos | Argilosos |
| 0 - 100 | 0,00 | 0,05 | 0,10 |
| 100 - 200 | 0,05 | 0,12 | 0,20 |
| 200 - 300 | 0,10 | 0,20 | 0,30 |
| 300 - 400 | 0,15 | 0,26 | 0,40 |
| 400 - 500 | 0,20 | 0,35 | 0,50 |
| 500 - 600 | 0,25 | 0,42 | 0,60 |
| 600 - 700 | 0,30 | 0,50 | -- |
| 700 - 800 | 0,35 | -- | -- |

Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (1990).

**QUANTO À LARGURA DA BASE OU FAIXA DE TERRA MOVIMENTADA:**

Refere-se à largura da faixa de movimentação de terra para a construção do terraço, incluindo o canal e o camalhão.

- **TERRAÇO DE BASE ESTREITA OU CORDÃO DE CONTORNO**

- faixa movimentada de até 3 metros;
- uso em declividades de 12-18% ou mais,
- em áreas pequenas e culturas perenes;
- normalmente do tipo Nichol's;

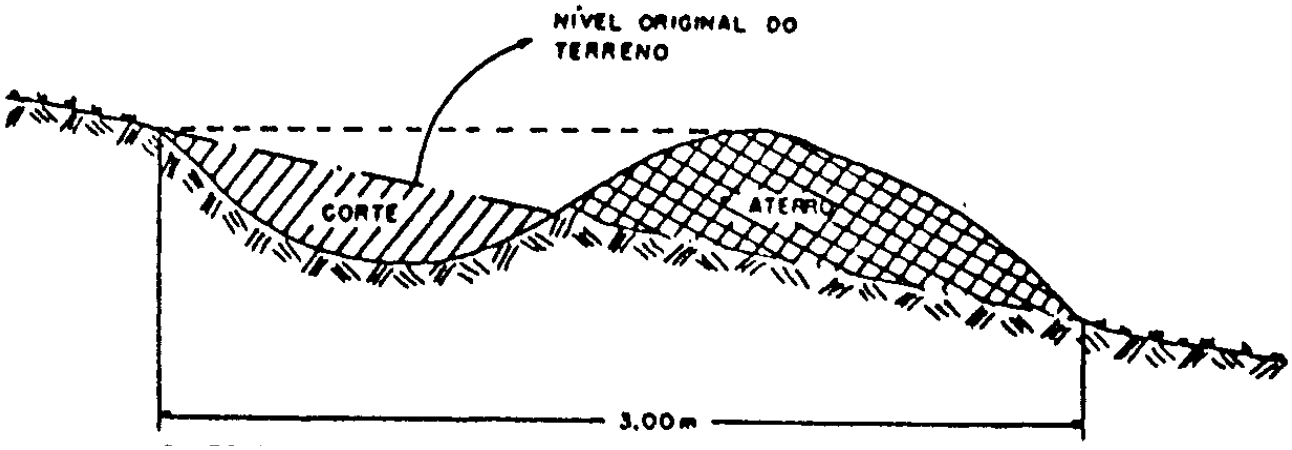



**Figura 5**. Terraço de base estreita.

**TERRAÇO DE BASE MÉDIA**

- faixa de movimentação de terra de 3 a 6 m;
- utilização em declividades de 10-12 %,
- necessitando de trator e arado;

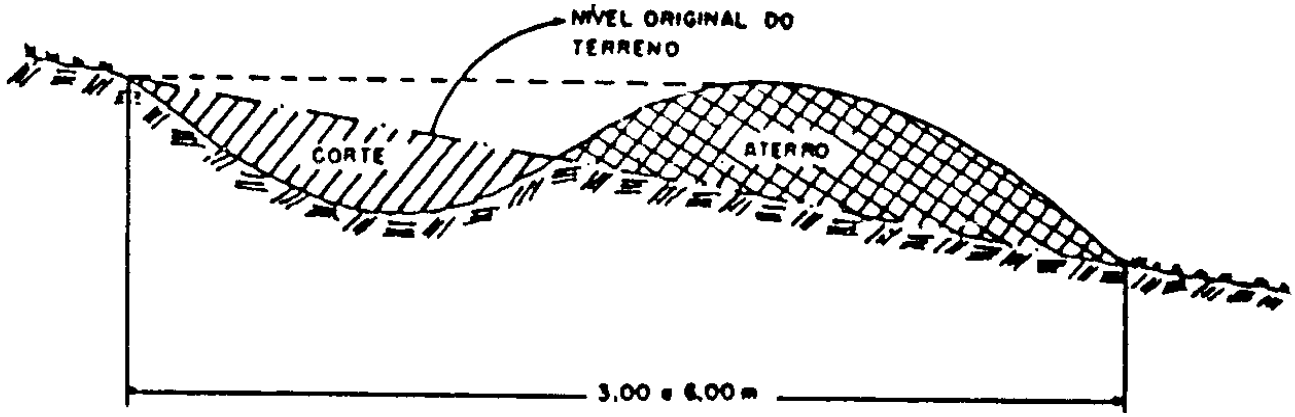



**Figura 6**. Terraço de base média.

- **TERRAÇO DE BASE LARGA**

- faixa de movimentação de 6 a 12 m;
- adequado para declividades menores que 10%,
- em solos de boa permeabilidade: até declividade de 20%;

- possibilita o uso de máquinas no plantio, dentro do canal e sobre o camalhão;
- normalmente construído em nível;

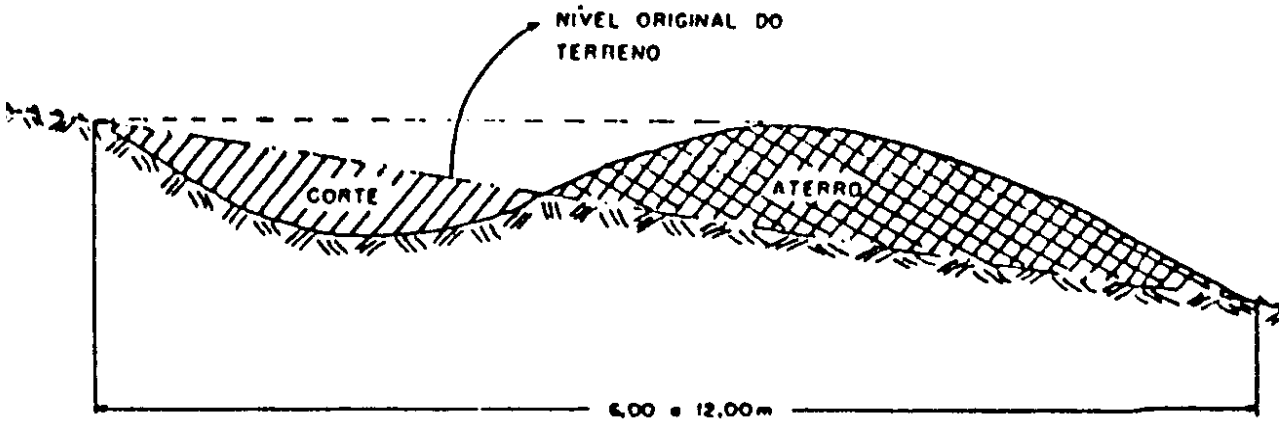



**Figura 7**. Terraço de base larga.

**QUANTO AO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO:**

- **TIPO NICHOL'S OU CANAL:**

- movimentação de terra sempre de cima para baixo na rampa;
- estreita faixa de movimentação do terreno;
- indicado para declives inferiores a 18%;
- seção transversal do canal: aproximadamente **triangular**;
- implementos utilizados: arado reversível, pá carregadeira;
- pode ser construído com arado quando a declividade é >10%;
- a faixa do canal não pode ser aproveitada para o cultivo;

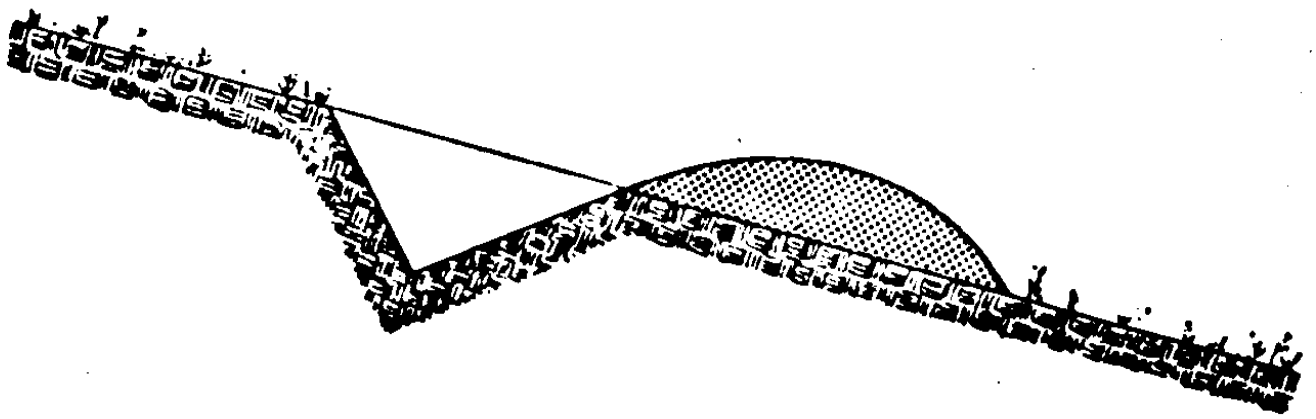


**Figura 8.** Terraço tipo Nichol's ou canal.

## ➢ TIPO MANGUM OU CAMALHÃO

- durante a construção, a movimentação de terra é feita de cima para baixo, e de baixo para cima;
- adequado para áreas com declives de até 12%;
- implementos utilizados: arado fixo ou reversível, lâmina mediana;
- canal mais largo e raso, e maior capacidade de armazenamento do que o Nichol's;
- seção transversal do canal: aproximadamente **parabólica**;

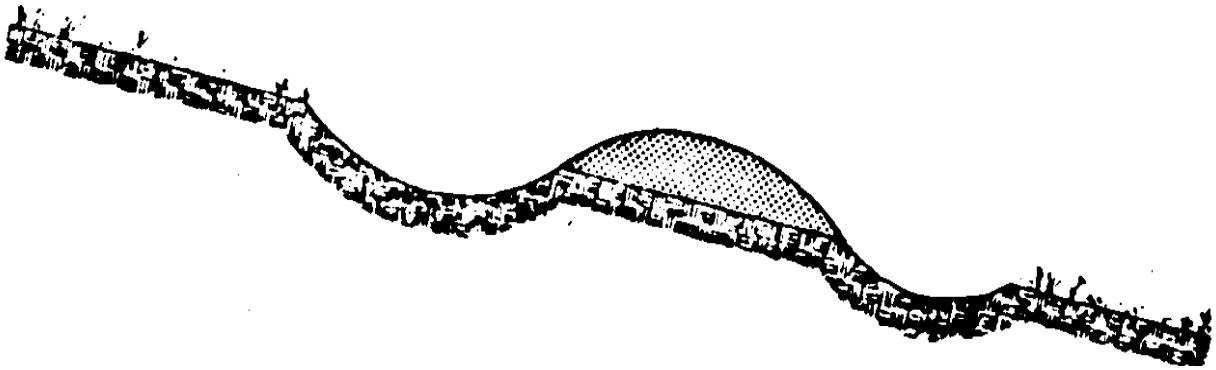


**Figura 9.** Terraço tipo Mangum ou camalhão.

## QUANTO À FORMA DO PERFIL DO TERRENO:

## ➢ TERRAÇO COMUM

É a combinação de um canal com camalhão construído em nível ou com gradiente, cuja função é interceptar a enxurrada, forçando sua absorção pelo solo ou a retirada do excesso de água de maneira mais lenta, sem provocar erosão. Cada terraço protege a área de terra acima dele. A declividade máxima para sua construção é de 20%. Deve ser combinado com práticas vegetativas e sistemas de manejo que proporcionem proteção superficial, amenizando o impacto das gotas de chuva. É o tipo de terraço mais usado.

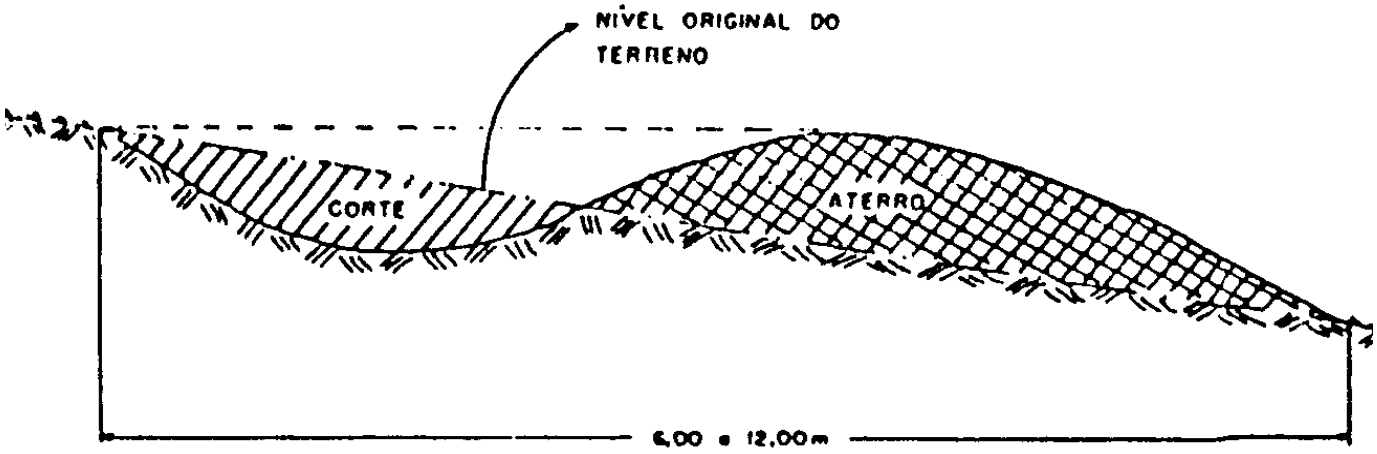



**Figura 10**. Terraço comum.

## ➢ TERRAÇOS TIPO PATAMAR

É construído através da movimentação de terra com cortes e aterros, que resultam em patamares em forma de escada. A plataforma do patamar deve apresentar pequena inclinação com direção ao seu interior e um pequeno dique, a fim de evitar o escoamento de água de um terraço para outro, o que poderia provocar erosão no talude.

**Figura 11.** Terraço tipo patamar.

No patamar deve ser plantada a cultura, e o talude deve ser recoberto com vegetação rasteira, desde que não seja invasora, para manter sua estabilidade. Em solos pouco permeáveis esse tipo de prática não é recomendada. É construído manualmente ou com trator de esteira equipado com lâmina frontal. Em virtude do alto custo de construção, é normalmente recomendado para exploração de culturas de alta rentabilidade econômica.

Pode ser contínuo (semelhante a terraços) ou descontínuo (banquetas individuais). É indicado para terrenos acima de 20% de declividade.

## ➢ TERRAÇOS TIPO BANQUETAS INDIVIDUAIS

Quando o terreno apresenta obstáculos ou afloramentos de rochas ou existe deficiência de máquinas ou implementos para construção do terraço tipo patamar, pode ser utilizada uma variação deste tipo de terraço, chamada de banquetas individuais ou patamar descontínuo.

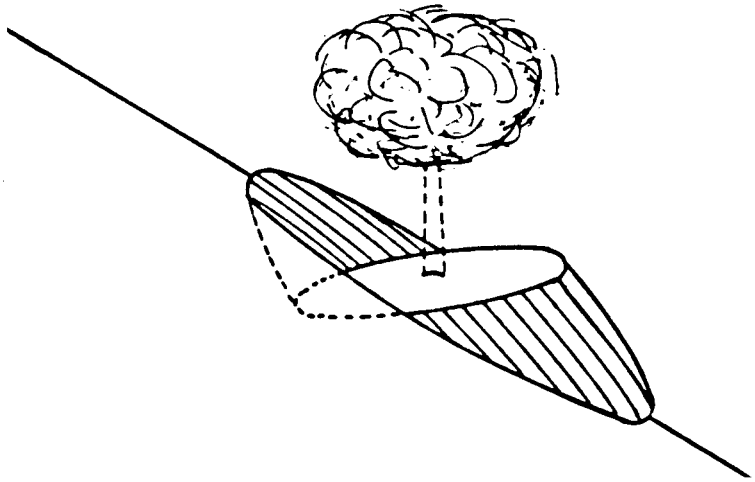


**Figura 12**. Terraço tipo banquetas individuais.

São bancos construídos individualmente para cada planta, onde a movimentação de terra se dá apenas no local onde se vai cultivar, indicados para culturas perenes. As ferramentas empregadas são manuais: enxada e enxadão, porque são construídas em áreas com declividade bastante acentuada, sendo impraticável o uso de máquinas. Inicialmente, retira-se toda a camada superior mais fértil que é amontoada ao lado da área onde vai ser construída a banqueta. Em seguida faz-se o corte no barranco e aproveita-se a terra retirada no corte para fazer o aterro. Da mesma forma que o patamar, acerta-se a superfície da plataforma com ligeira declividade no sentido inverso ao da declividade original do terreno. Vegeta-se com gramas a parte de aterro para melhor estabilidade e, finalmente, espalha-se a terra raspada da superfície a fim de conservar a fertilidade da banqueta.

## ➢ TERRAÇO TIPO MURUNDUM OU LEIRÃO

É o termo utilizado para terraço construído raspando-se o horizonte superficial do solo (horizonte A), por tratores que possuem lâmina frontal, e amontoando-a para formar um camalhão de avantajadas proporções (pode chegar a mais de 2 m). O murundum é recomendado para áreas com uso agrícola intensivo com declividade máxima de 15%.

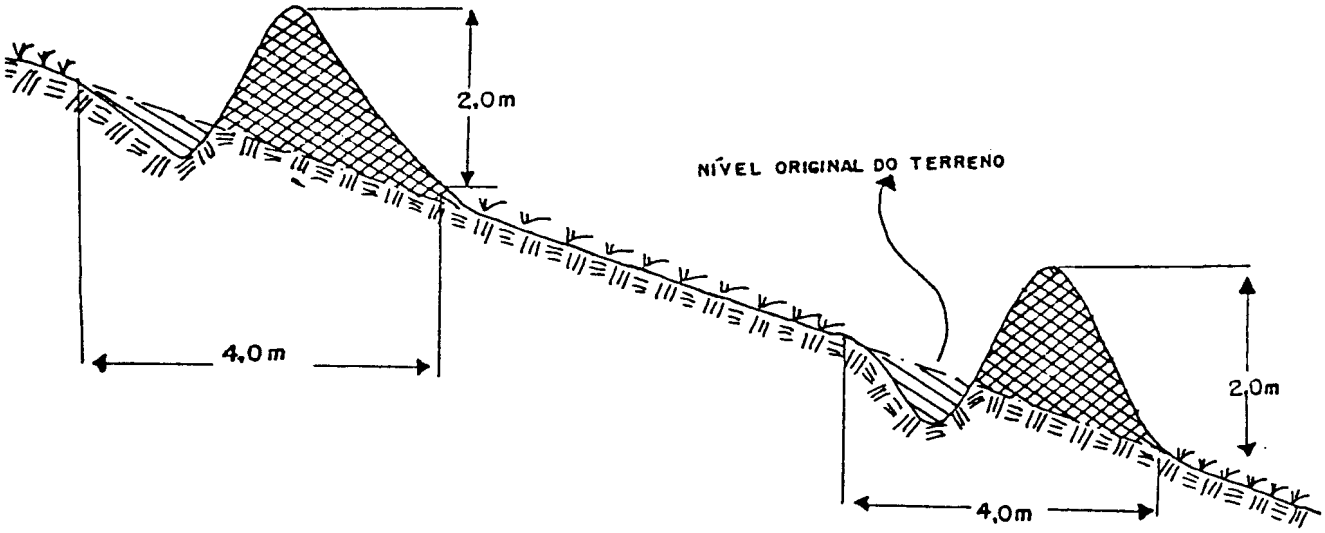



**Figura 13.** Terraço tipo murundum.

Normalmente, esse tipo de terraço não segue dimensionamento adequado. Visando facilitar o trânsito de máquinas e caminhões na área agrícola, a distância entre eles é maior do que a recomendada para os terraços comuns; de forma errada, tenta-se compensar esta medida aumentando a dimensão do camalhão para segurar maior volume de água.

Uma limitação apresentada por esse tipo de terraço é que a remoção da camada mais fértil do solo prejudica o desenvolvimento das plantas na área que foi raspada. Além disso, por requerer grande movimentação de terra, seu custo de construção é elevado. Pelo fato de ser locado com distâncias maiores, apresenta erosão acentuada e está sujeito a rompimento.

## ➢ TERRAÇO TIPO EMBUTIDO

É mais difundido em áreas de plantio de cana-de-açúcar e sua forma assemelha-se à dos murunduns. É construído de modo que o canal tenha forma triangular, ficando o talude que separa o canal do camalhão praticamente na vertical.

Apresenta pequena área inutilizada para o plantio, sendo construído normalmente, com motoniveladora ou trator de lâmina frontal.

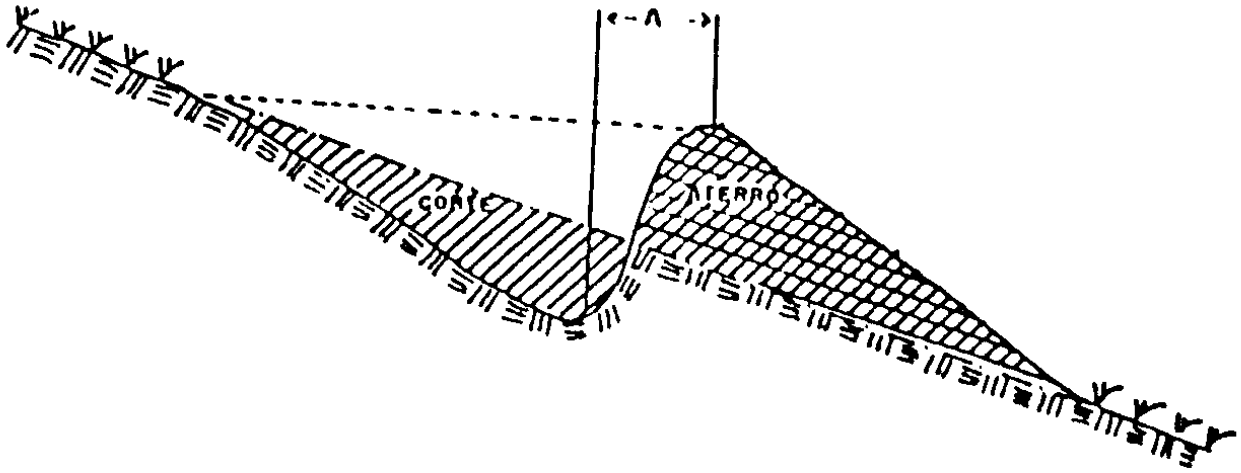



**Figura 14.** Terraço tipo embutido.

## SELEÇÃO DO TIPO E FUNÇÃO DO TERRAÇO

A decisão de quando se utilizar terraço em nível e quando utilizar terraço com gradiente, deve considerar as vantagens e desvantagens que apresentam, conforme o quadro 2.

**Quadro 2** Vantagens e desvantagens dos terraços em nível e com gradiente.

| TIPO DE TERRAÇO | VANTAGENS | DESVANTAGENS |
|---|---|---|
| **Em nível** | - Armazenam água no solo;<br>- Não necessitam de locais para escoamento do excesso de água | - Maior risco de rompimento;<br>- Exigência de limpezas mais freqüentes; |
| **Com gradiente** | - Menor risco de rompimento | - Desvio da água caída sobre a gleba;<br>- Necessidade de locais apropriados para escoamento da água;<br>- Maior dificuldade de locação. |

Além das vantagens e desvantagens relacionadas aos terraços em nível e com gradiente, também devem ser considerados outros fatores para a seleção do tipo a ser utilizado, como: permeabilidade do solo e do subsolo, intensidade das chuvas, topografia, cultura (anual ou perene), manutenção e outros custos em longo prazo.

**Quadro 3.** Tipos de terraços recomendados em função da declividade do terreno

| Declividade (%) | Tipo de terraço recomendado |
|---|---|
| 2 – 8 | Base larga |
| 8 – 12 | Base média |
| 12 – 18 | Base estreita |
| 18 – 50 | Em patamar |

## DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE TERRACEAMENTO

O dimensionamento de um sistema de terraceamento considera, inicialmente, o objetivo a que se propõe o sistema: Para infiltração da água ou para seu escoamento. Esta decisão, tomada em função de características relacionadas, principalmente, às condições de declividade e de permeabilidade do solo, leva à construção de um sistema de terraços em nível, para infiltração, ou em gradiente, para escoamento do excedente da água da chuva. No entanto, para ambas as situações, **o dimensionamento do sistema é feito em função de seu potencial em gerar enxurradas quando da ocorrência de chuvas intensas**. Dessa maneira, verifica-se que **o cálculo da quantidade de enxurrada é o ponto crucial para o dimensionamento**.

Um sistema de terraceamento deve ser locado em um local protegido (natural ou artificialmente) da introdução de água que não aquela efetivamente caída sobre o local considerado. Desta maneira, o sistema de terraceamento deverá ser implementado em uma área delimitada por divisores de água naturais (microbacia) ou protegido por um sistema de derivação (diversão).

Para que um sistema de terraceamento funcione com plena eficiência é necessário um correto dimensionamento, tanto no que diz respeito ao **espaçamento entre terraços** como à sua **seção transversal**.

## DIMENSIONAMENTO DO ESPAÇAMENTO ENTRE TERRAÇOS

**A primeira etapa no dimensionamento de terraços é a definição de seu espaçamento**. Por espaçamento entende-se a distância entre um terraço e outro. Pode ser referido de duas maneiras: **espaçamento vertical** ou **espaçamento horizontal.**

O **Espaçamento Vertical (EV)** entre dois terraços **corresponde à diferença de nível entre eles** – significa quantos metros se desce no terreno de um terraço até o outro. Considerando-se que o terraço pode ser construído ao longo de uma linha de nível (curva de nível) e que esta corresponde à linha de interseção de um plano inclinado cortado por um plano horizontal, pode-se também definir o espaçamento vertical entre dois terraços como sendo a distância entre os dois planos horizontais que passam por eles.

O **Espaçamento Horizontal (EH) representa, em linha reta** (medido na horizontal), **quantos metros separam os terraços.** Pode ser também definido como a distância entre dois planos verticais que passam por dois terraços.

Os critérios para a definição do espaçamento devem considerar características do solo (como susceptibilidade à erosão em sulcos e capacidade de infiltração de água no solo), aspectos do relevo (como declividade e comprimento das vertentes) e o sistema de produção (como o tipo de cultura, manejo dos restos de cultura e preparo do solo). Critérios para a definição do espaçamento de terraços foram desenvolvidos, no Brasil, por Bertoni (1978) e Lombardi Neto et al., (1989), os quais desenvolveram novas tabelas de espaçamento entre terraços em função de um efetivo controle da erosão. Estas tabelas, apesar de não poderem ser consideradas conclusivas, representam um avanço por estarem apoiadas em dados de pesquisas sobre perdas por erosão de solo e água, considerando tanto a cobertura vegetal, os sistemas de preparo do solo, o manejo de restos culturais, bem como a erodibilidade de classes de solos identificadas em levantamentos pedológicos recentes.

Embora a quantidade de dados utilizados para o estabelecimento de novas tabelas de espaçamento para terraços possa ser considerada insuficiente, em face de uma situação ideal, as tabelas apresentam um maior suporte técnico que as antigas. Contudo, ainda existe a necessidade de pesquisar mais o assunto, principalmente no que se refere ao uso e manejo do solo para um melhor refinamento dos índices utilizados.

## CÁLCULO DO ESPAÇAMENTO VERTICAL

O espaçamento vertical pode ser calculado por várias fórmulas, porém a mais utilizada no Brasil é a equação proposta por Bertoni (1978):

$$EV = 0{,}4518 \cdot K_t \cdot D^{0{,}58} \cdot \left(\frac{u+m}{2}\right) \qquad (1)$$

onde:

EV = espaçamento vertical entre terraços, em metros;

D = declive do terreno, em porcentagem;

$K_t$ = índice de erosão, variável para cada tipo de solo (tabelado).

u = fator de uso do solo (tabelado);

m = fator de preparo do solo e manejo de restos culturais (tabelado);

Para a o cálculo do espaçamento vertical de terraços por meio da equação (1) foram adotados critérios referentes a: **solo**; **uso da terra**; **preparo do solo** e **manejo do restos culturais** e **declividade**, que serão detalhados a seguir.

- **SOLO**

Estabeleceram-se quatro grupos de solos (Quadro 4), com base no índice $K_t$ de Bertoni et al. (1978), para serem aplicados na equação (1).

**Quadro 4** Grupos de solos com base no índice de potencial erosivo ($K_t$).

| Grupo de solo | Índice $K_t$ |
|---|---|
| **A** | 1,25 |
| **B** | 1,10 |
| **C** | 0,90 |
| **D** | 0,75 |

Os solos foram reunidos nesses grupos de acordo com suas propriedades e características, conforme especificado no quadro 5 e 6. A seguir, um exemplo de interpretação dos solos pertencentes ao grupo A.

**Exemplo: Solos do Grupo A, valor de $K_t$ = 1,25**

São solos com alta taxa de infiltração, mesmo quando completamente molhados, com alto grau de resistência e de tolerância à erosão. São profundos ou muito profundos, porosos

com baixo gradiente textural (relação textural menor do que 1,20), de textura média, argilosa ou mesmo muito argilosa, desde que a estrutura proporcione alta macroporosidade em todo o perfil, resultando em solos bem drenados ou excessivamente drenados. A permeabilidade das camadas superficial/subsuperficial deve ser rápida tanto na camada superficial como na subsuperficial (1/1) ou pelo menos moderada na camada superficial e rápida na subsuperficial (2/1), porém a textura da camada não deve ser arenosa. **Solos: LR, LE , LVE, LH, LVA.**

**Quadro 5.** Agrupamento de solos segundo suas propriedades, características e resistência à erosão.

| Grupos | Grupo de Resistência à Erosão | Principais Características | | | | Grandes Grupos de Solos | $K_t$ índice |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Profundidade | Permeabilidade | Textura (4) | Razão Textural (1) | | |
| A | Alto | Muito Profundo (>2,0 m) ou Profundo (1,0 a 2,0 m) | Rápida/rápida Moderada/rápida | Muito argilosa/muito argilosa Argilosa/argilosa Média/argilosa Média/média | < 1,2 | LR, LB LE, LEa LV | 1,25 |
| B | Moderado | Profundo (1,0 a 2,0 m) | Rápida/rápida Rápida/moderada | Média/argilosa Muito argilosa Arenosa/média | 1,25 a 1,5 | TR, PV LEa(3), TB | 1,1 |
| C | Baixo | Profundo (1,0 a 2,0 m) Moderadamente Profundo (0,5 a 1,0 m) | Lenta/rápida Lenta/moderada Rápida/moderada | Arenosa/média Média/argilosa Franco argilosa a argilosa | > 1,5 (exceto Cambissolos) | $PV_1$, PV(2) $Ca_1$ | 0,9 |
| D | Muito Baixo | Moderadamente Profundo (0,5 a 1,0 m) ou raso (0,25 a 0,50 m) | Rápida/moderada ou Lenta sobre lenta | Muito variável | Muito variável | $Ca_2$, PVa(2) R (Li), Ba $Ca_3$ | 0,75 |

(1) Média da porcentagem de argila do horizonte B (excluindo B3) sobre média da porcentagem de argila de todo horizonte A.
(2) Somente com mudança textural abrupta entre os horizontes A e B.
(3) Somente aqueles com horizonte A arenoso ou franco arenoso.
Adaptado pelo Eng. Agr. Udo Bublitz (EMATER – PR), à realidade dos solos do Estado do Paraná, a partir do quadro elaborado para o Estado de São Paulo, por Francisco Lombardi Neto e outros (CATI, 1991 – Manual de Terraceamento Agrícola).
(4) Na textura binária, o primeiro termo refere-se à textura do horizonte A e o segundo à textura do horiz. B.

**Quadro 6.** Agrupamento de solos segundo suas propriedades, características e resistência à erosão.

| Grupo | Grupo de Resistência à erosão | Profundidade (m) | Permeabilidade | Textura | Razão textural | Exemplo | Índice $K_t$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **A** | Alto | Muito profundo (>2 m) ou profundos (1 a 2m) | Rápida a moderada ou moderada/rápida | Média/média m.argilosa/m.argilosa argilosa/argilosa | <1.2 | LR, LE, LV, LH, LVa | 1.25 |
| **B** | Moderado | Profundos (1 a 2m) | Rápida/rápida moderada/moderada Moderada/moderada | Arenosa/arenosa Arenosa/média Arenosa/argilosa Argilosa /m.argilosa | 1.2 – 1.5 | PV, PL, TE, PVLs, R, RPV, RLV, | 1.10 |
| **C** | Baixo | Profundos (1 a 2m) a moderadamente profundos (0.5 a 1.0 m) | Lenta/rápida lenta/moderada rápida/moderada | Arenosa/média Média/argilosa Arenosa/ Argilosa arenosa /m.argilosa | >1.5 | Pml, PVp PVls, PVLs, | 0.90 |
| **D** | M. baixo | Moderada-mente profundos (0,5 a 1m) ou rasos (0.25 a 0.5 m) | Rápida, moderada ou lenta sobre lenta | Muito variável | variável | Li, Pv | 0.75 |

- **USO DA TERRA**

Os efeitos de diferentes culturas anuais nas perdas por erosão mostram a influência da vegetação de diferentes densidades de cobertura no processo erosivo. Baseados nesses dados, as principais culturas desenvolvidas foram reunidas em sete grupos, recebendo cada grupo um índice a ser utilizado como o fator de uso da terra (índice u) na equação 1 (Quadro 7).

**Quadro 7** Grupo de culturas e seus respectivos índices de uso da terra (u).

| Grupo | Culturas | Índice u |
|---|---|---|
| **1** | Feijão, mandioca e mamona | 0.50 |
| **2** | Amendoim, algodão, arroz, alho, cebola, girassol e fumo | 0.75 |
| **3** | Soja, batatinha, melancia, abobora, melão e leguminosas para adubação verde | 1.00 |
| **4** | Milho, sorgo, cana-de-açúcar, trigo, aveia, centeio, cevada, outras culturas de inverno, e frutíferas de ciclo curto | 1.25 |
| **5** | Banana, café, citros e frutíferas permanentes | 1.50 |
| **6** | Pastagens e/ou capineiras | 1.75 |
| **7** | Reflorestamento, cacau e seringueira | 2.00 |

- **PREPARO DO SOLO E MANEJO DOS RESÍDUOS CULTURAIS**

As antigas tabelas e fórmulas para o cálculo do espaçamento entre terraços não consideravam o sistema de preparo e o manejo dos restos culturais, o que resultava em grande proporção de insucesso no uso do terraceamento. São vários os trabalhos de pesquisa que demonstram os efeitos de diferentes sistemas de preparo e manejo dos resíduos no controle da erosão. Considerando os diferentes tipos de manejo dos restos culturais e os equipamentos mais comuns utilizados na agricultura, reuniram-se estes fatores em cinco grupos, sendo que cada grupo recebe um valor que é empregado como índice de manejo (índice m) na equação 1 (Quadro 8).

**Quadro 8** Grupo de preparo de solo e manejo dos restos culturais com seus respectivos índices.

| Grupo | Preparo primário | Preparo secundário | Restos culturais | Índice m |
|---|---|---|---|---|
| **1** | Grade pesada ou enxada rotativa | Grade niveladora | Incorporados ou queimados | 0.50 |
| **2** | Arado de discos ou aivecas | Grade niveladora | Incorporados ou queimados | 0.75 |
| **3** | Grade leve | Grade niveladora | Parcialmente incorporado com ou sem rotação de culturas | 1.00 |
| **4** | Arado escarificador | Grade niveladora | Parcialmente incorporado com ou sem rotação de culturas | 1.50 |
| **5** | Sem preparo | Plantio direto | Superfície do terreno | 2.00 |

Obs: Se outros tipos de preparo do solo ou manejo dos restos culturais forem empregados, procurar enquadrar no grupo mais semelhante.

## CÁLCULO DO ESPAÇAMENTO HORIZONTAL ENTRE OS TERRAÇOS

O espaçamento horizontal, ou seja, a distância entre os terraços, pode ser calculada pela equação 2, abaixo:

$$EH = 100*(EV / D) \qquad (2)$$

onde:

EV = espaçamento vertical entre terraços, em metros;

EH = espaçamento horizontal entre terraços, em metros;

D = declividade, expressa em %.

O **espaçamento horizontal mínimo** entre terraços, para que os mesmos sejam viáveis de implantação e permitam um trabalho mais eficiente das máquinas agrícolas, deve

ser em torno **de 12 metros**. Espaçamentos menores tornam-se anti-econômicos e dificultam a construção e manutenção dos terraços bem como os cultivos mecânicos.

## EXEMPLOS DE CÁLCULO

**Exemplo 1**. Deseja-se terracear uma gleba com solo Latossolo Vermelho, A moderado, textura média, com declividade média de 7%, a ser cultivado com algodão continuamente, com preparo do solo feito com arado de discos e grade niveladora e queimando-se os restos da cultura anterior.

Obtenha:

a) o valor de K
b) o índice de uso
c) o índice de manejo
d) os valores de EV e EH

**Resposta: K = 1.25; u = 0.75; m = 0.75; EV = 1.31m; EH = 18.70m**

e) e se o preparo for escarificador e grade leve, mantendo os restos culturais parcialmente incorporados, quais são os novos valores de EV e EH?

## TERRAÇOS TIPO PATAMAR E BANQUETA INDIVIDUAL

São tipos especiais de terraços que se caracterizam por apresentar formas de bancos ou degraus ligeiramente inclinados para dentro do barranco. São as formas precursoras dos terraços. São usados em declives superiores a 18%.

O patamar deve ter uma inclinação de 0,25 a 1% para o interior do barranco.

Os barrancos ou taludes tanto de corte como de aterro, devem ter uma inclinação de 1:2 a 1:4.

**OBSERVAÇÃO:** O terraço em patamar, transforma áreas muito inclinadas em plataformas planas, onde são cultivadas as culturas econômicas, com o mínimo de erosão.

## ESPAÇAMENTO ENTRE OS TERRAÇOS DO TIPO PATAMAR

- Os terraços do tipo patamar se adaptam a terrenos com declividade maior que 20%, na forma de bancos, ligeiramente inclinados para o lado de dentro do barranco.

- Terrenos inclinados – um terraço para cada linha de planta; declives mais suaves o patamar pode ser feito com maior largura;
- O gradiente do terraço depende do grau de declive e do seu comprimento
- Espaçamento entre terraços-patamar é determinado pelo próprio espaçamento entre ruas niveladas da cultura.

$$EV = \frac{Eh \times D}{100}$$

Ex: Deseja-se plantar um pomar com ruas de 7m, protegido com terraço-patamar, em um terreno com Dm= 40%, qual o valor de Ev?

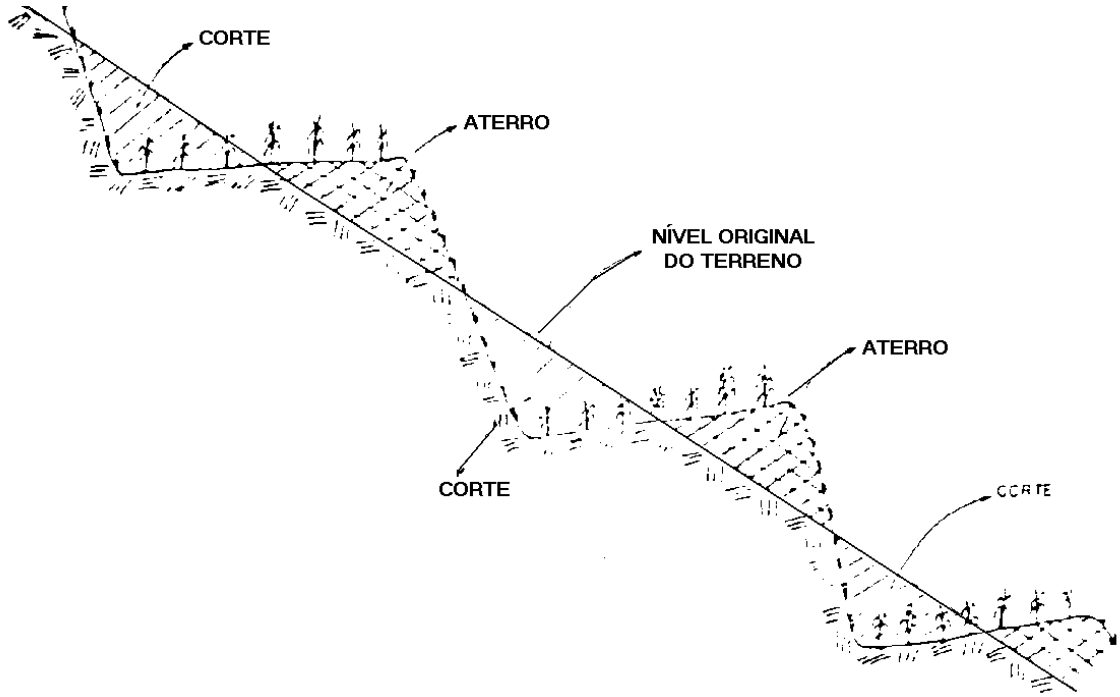



**FIGURA 15.** Terraço tipo **Patamar**

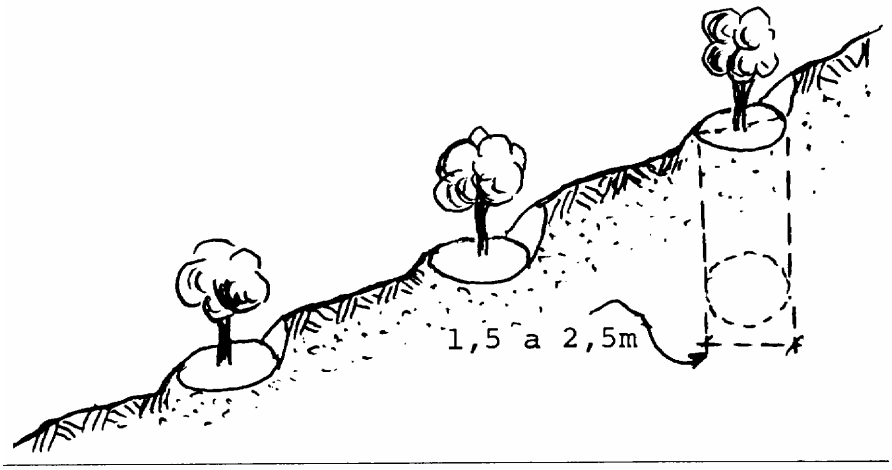



**FIGURA 16. Banqueta individual.**

## COMPRIMENTO DOS TERRAÇOS

Para definir o comprimento dos terraços deve-se considerar se os terraços são em nível ou com gradiente.

Para os **terraços em nível**, teoricamente, **o comprimento do terraço não tem limite**. No entanto, por medida de segurança, recomenda-se **construir** "travesseiros" que são **pequenos diques ou barreiras** de terra batida dentro do canal, **distanciadas de 100 a 200 m**, para evitar que, em caso de arrombamento do terraço, toda a água nele acumulada vá atingir o terraço de baixo. Essas barreiras, porém, dificultam os trabalhos de manutenção dos terraços.

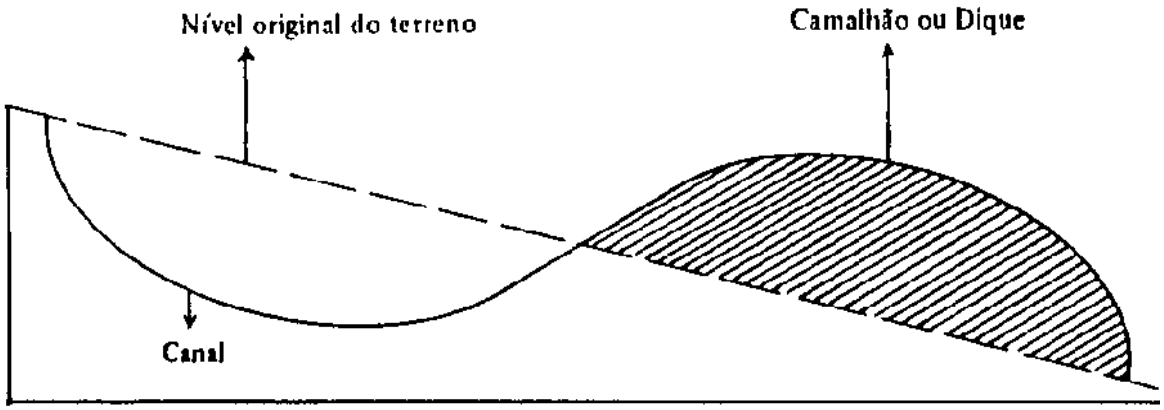


**Figura** 17. Representação esquemática de um terraço.

Os **terraços em desnível** devem apresentar uma pequena inclinação para um lado ou para os dois lados. A inclinação do canal deve ser criteriosamente dimensionada, a fim de que a água não cause erosão dentro do terraço. **O comprimento normalmente recomendado para terraços com gradiente é de 500 a 600 m**. Quando a área a ser terraceada apresenta dimensões maiores, principalmente quando o terreno for de baixa permeabilidade e/ou o solo for bastante degradado pela erosão, e as condições topográficas permitirem, deve-se procurar reduzir o comprimento dos terraços. Para isso, dois artifícios podem ser usados:

1) Locar canais escoadouros nas duas extremidades laterais, e orientar o gradiente dos terraços para eles, a partir de uma linha de crista localizada na parte central da área;

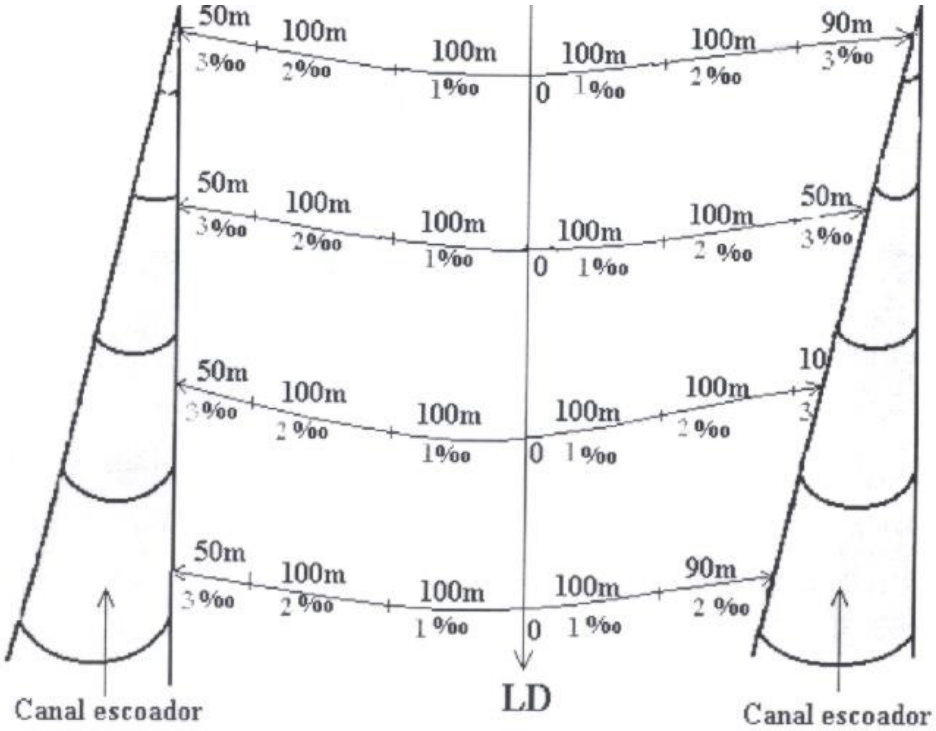



**Figura 18.** Esquema de locação dos canais escoadouros nas extremidades laterais dos terraços.

2) Construir o canal escoadouro na parte central do terraço e orientar o gradiente dos terraços para ele;

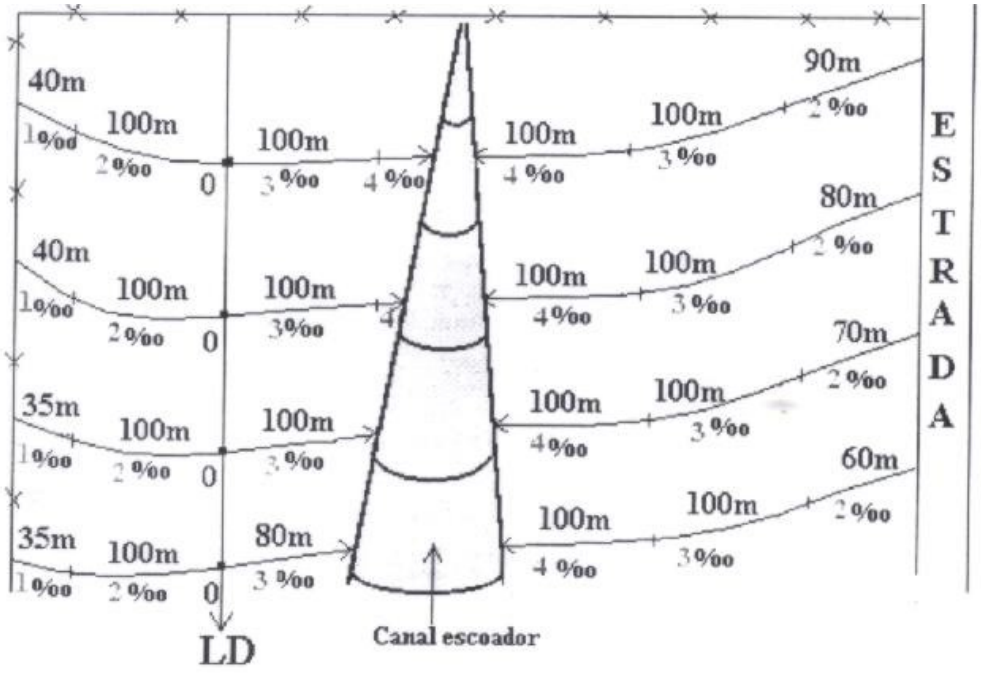



**Figura 19**. Esquema de locação do canal escoadouro na parte central do terraço.

Para o cálculo do número de metros lineares de terraços a serem construídos por hectare pode-se utilizar as equações 3 e 4, a seguir:

$$\mathbf{m/ha = (100^* D) / EV} \quad (3)$$

$$\mathbf{m/ha = 10.000 / EH} \quad (4)$$

## DIMENSIONAMENTO DOS TERRAÇOS

Tendo-se uma microbacia ou uma área definida por sistemas artificiais (terraços de derivação, p.ex.), o dimensionamento do sistema de terraços torna-se simples. Uma vez definido o espaçamento entre os terraços, será necessário calcular a dimensão da área da seção transversal dos mesmos para transportar ou suportar a quantidade de enxurrada que a microbacia é capaz de produzir, ou seja, a vazão máxima de água.

Se a duração da chuva for aproximadamente igual ao tempo de concentração da bacia e considerando um tempo de recorrência de 10 anos, pode-se calcular a maior vazão esperada de enxurrada (**vazão de entrada**) na microbacia pelo método racional (Ramser,

1927), indicado por Bertoni & Lombardi Neto (1985), que é apropriada para bacias de até 5.000 ha.

$$Q_{max} = \frac{C \times I_{max} \times A}{360} \quad (5)$$

onde:

$Q_{max}$ = vazão máxima de enxurrada esperada, em $m^3 s^{-1}$ ;

**C** = coeficiente de enxurrada da área/bacia (**adimensiona**l e tabelado);

$I_{max}$ = intensidade da precipitação máxima esperada com certo período de retorno e de duração igual ao tempo de concentração da área, em $mm\ h^{-1}$;

**A** = área superficial de captação no ponto de dimensionamento, determinada em mapa planialtimétrico, em **ha**.

Para realizar o cálculo da vazão máxima ($Q_{max}$) é necessário conhecer, inicialmente:

**a) O COEFICIENTE DE ENXURRADA (ESCOAMENTO) DA BACIA (C)**

Este coeficiente refere-se à quantidade de água que é perdida por escoamento superficial e é função da declividade, da cobertura vegetal e do tipo de solo presente. Estes parâmetros foram tabulados e são apresentados no Quadro 9 (Cruciani, 1989). Se o terreno for composto por diferentes superfícies (uso e topografia), o valor de C representativo deve ser a média ponderada em função das áreas parciais.

**EXEMPLO DO CÁLCULO DE C:**

2 ha com C = 0, 8

15 ha com C = 0,35

=> C do terreno = $\frac{[(0,8*2) + (0,35*15)]}{(2+15)}$ = 0,4

**Quadro 9** Coeficientes de enxurrada (C) para áreas agrícolas inferiores a 5000 ha, em função da topografia, da cobertura e do tipo de solo.

| COBERTURA DO SOLO | TIPO DE SOLO | CLASSES DE TOPOGRAFIA E DECLIVIDADE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Plano 0 – 2,5% | S. Ondulado 2,5 – 5% | Ondulado 5 – 10% | F. Ondulado 10 – 20% | Amorrada 20 – 40% | Montanhosa 40 – 100% |
| Culturas anuais | Argiloso | 0,50 | 0,60 | 0,58 | 0,76 | 0,85 | 0,95 |
| | Arenoso | 0,44 | 0,52 | 0,59 | 0,66 | 0,73 | 0,81 |
| | Roxo | 0,40 | 0,48 | 0,54 | 0,61 | 0,67 | 0,75 |
| Culturas Permanentes | Argiloso | 0,40 | 0,48 | 0,54 | 0,61 | 0,67 | 0,75 |
| | Arenoso | 0,34 | 0,41 | 0,46 | 0,52 | 0,56 | 0,64 |
| | Roxo | 0,31 | 0,38 | 0,43 | 0,48 | 0,53 | 0,59 |
| Pastagens limpas | Argiloso | 0,31 | 0,38 | 0,43 | 0,48 | 0,53 | 0,59 |
| | Arenoso | 0,27 | 0,32 | 0,37 | 0,41 | 0,45 | 0,50 |
| | Roxo | 0,25 | 0,30 | 0,34 | 0,38 | 0,42 | 0,46 |
| Capoeiras | Argiloso | 0,22 | 0,26 | 0,29 | 0,33 | 0,37 | 0,41 |
| | Arenoso | 0,19 | 0,23 | 0,25 | 0,28 | 0,32 | 0,35 |
| | Roxo | 0,17 | 0,21 | 0,23 | 0,26 | 0,29 | 0,32 |
| Matas | Argiloso | 0,15 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,25 | 0,28 |
| | Arenoso | 0,13 | 0,15 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,24 |
| | Roxo | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,22 |

Algumas considerações importantes podem ser tomadas estudando-se o quadro anterior.

- a cobertura vegetal é o principal fator para diminuição do escoamento superficial;
- o efeito da declividade sobre a perda de água é menos importante que o efeito da cobertura vegetal;
- o efeito do tipo de solo é menor que o efeito da declividade sobre a perda de água.

**b) INTENSIDADE MÁXIMA DE CHUVA ($I_{MAX}$)**

A intensidade das chuvas é o fator crucial para a produção da enxurrada. Para determinar a intensidade máxima de chuvas o ideal seria utilizar para o cálculo a chuva mais intensa, porém, por motivos econômicos e por falta de dados, adotam-se chuvas que apresentam uma probabilidade de cair em intervalos de 5, 10, 15, 20 anos ou mais. Assim, para se identificar a intensidade de chuva que produz a maior enxurrada na área, dois critérios fundamentais devem ser observados:

- chuvas de longa duração são de baixa intensidade e chuvas de curta duração são de alta intensidade;
- para ocorrer a máxima enxurrada, toda a bacia deverá produzir água simultaneamente.

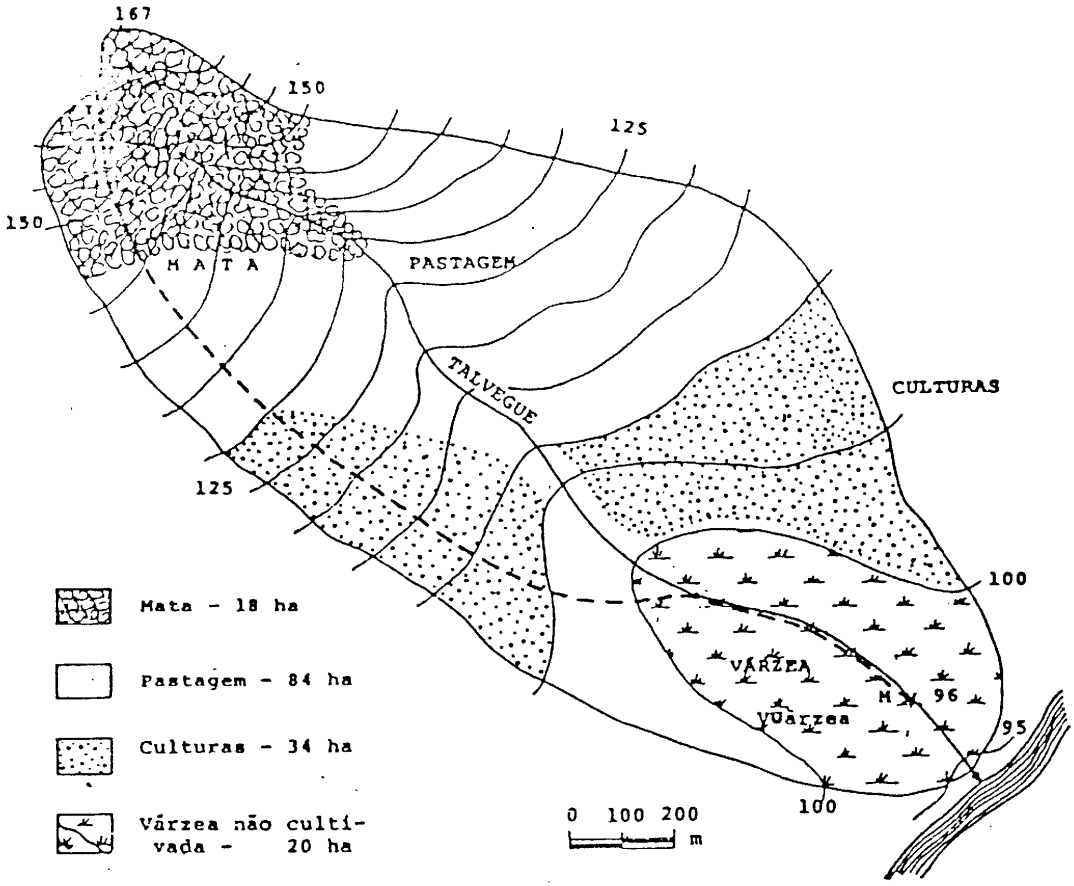
Dessa maneira, foi criado o **tempo de concentração da bacia**, que **é o tempo que a água demora em sair de um extremo ao outro mais distante da bacia**. Quando uma chuva particular tem o **tempo de duração** igual ao **tempo de concentração** da bacia, esta chuva terá enxurrada máxima, pois toda ela estará contribuindo com água para a enxurrada simultaneamente e na máxima intensidade possível. Assim, **para se calcular o tempo de duração da chuva da máxima enxurrada, basta conhecer o tempo de concentração da bacia**, que é função de sua área.

Existem vários métodos **para calcular o tempo de concentração da bacia**, no entanto o método baseado nas velocidades de escoamento (Quadro 10) estabelecidas por Cruciani (1989) é o mais adequado pela simplicidade e razoável precisão nas estimativas.

**Quadro 10**. Velocidade de escoamento superficial (V = m $s^{-1}$) em função do tipo de superfície e do declive do terreno (D = %) para calcular o tempo de concentração (Tc).

| TIPO DE SUPERFÍCIE | VELOCIDADE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL |
|---|---|
| 1. Floresta ou mata natural com grande depósito vegetal na superfície do solo; forrageiras fechadas formando estolões, braquiárias, gramas em geral | $V = 0{,}08\ D^{1/2}$ |
| 2. Solo não cultivado, cultivo mínimo em faixas, área reflorestada | $V = 0{,}15\ D^{1/2}$ |
| 3. Pastagens de baixo porte em touceiras | $V = 0{,}21\ D^{1/2}$ |
| 4. Terreno cultivado | $V = 0{,}27\ D^{1/2}$ |
| 5. Solo nu, formações de aluvião, em leque em direção ao vale | $V = 0.15\ D^{1/2}$ |
| 6. Canais com vegetação; terraços ou depressões naturais com vegetação | $V = 0{,}45\ D^{1/2}$ |
| 7. Áreas pavimentadas; sulcos de erosão | $V = 0{,}60\ D^{1/2}$ |

**EXEMPLO DO CÁLCULO DE Tc:**



Os valores considerados são respectivamente:

350 m (5,1%) - superfície tipo (1) – Tp1 = 1944 s
350 m (4,6%) - superfície tipo (3) – Tp2 = 778 s
650 m (3,8%) - superfície tipo (4) – Tp2 = 1250 s
170 m (2,9%) - superfície tipo (3) – Tp2 = 486 s
80 m (1,0%) - superfície tipo (1) – Tp2 = 1000 s
500 m (0,64%) - superfície tipo (6) – Tp2 = 1389 s
Somatório dos tempos parciais = 6847 s: 1h e 54 min

Lembrando que:

$V1 = 0,08*(5,1^{1/2}) = 0,18 \text{ m s}^{-1}$

Tp1 = Percurso / V1 = 350/0,18 = 1944 s, e assim sucessivamente para cada fração do percurso considerado.

O tempo de concentração da bacia, até o ponto **M**, é de 1h e 54 minutos.

Quando a duração da chuva (T) for igual o tempo de concentração (Tc), ocorre a descarga máxima na área de captação para um dado período de recorrência (Pr =10 anos para estruturas conservacionistas). Nesta condição, pode-se estimar a **intensidade máxima da chuva** pela equação geral abaixo:

$$\mathbf{I_{max} = (a * Pr^{b}) / (T + c)^{d}} \qquad (6)$$

onde:

$\mathbf{I_{max}}$ = intensidade da precipitação máxima esperada com certo período de retorno e de duração igual ao tempo de concentração da área (Tc), em mm $h^{-1}$;

**Pr** = período de recorrência da chuva, em anos;

**T** = tempo de duração da chuva (neste caso é igual ao Tc), em min;

***a, b, c, d*** = constantes do modelo, estabelecidos para as diferentes localidades do estado do Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo (extraídos do Quadro 11).

A intensidade máxima da chuva também pode ser calculada a partir da precipitação máxima esperada, equação proposta por Pfafstetter (1957) aplicável em todo o Brasil, que não necessita de outras informação além do local e do tempo de recorrência da precipitação. A equação que estima o volume da precipitação máxima é apresentada a seguir:

onde:

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

***P*** = Precipitação máxima, mm

***T*** = tempo de recorrência, anos

***t*** = tempo de duração da chuva, h

***α*** = constante que depende da duração precipitação

***ß*** = constante que depende da duração da e da localidade

***a, b***, e ***c*** = constantes que dependem da localidade

**Quadro 11**. Valores das constantes pra determinação da intensidade máxima de chuvas, por localidade, no Estado do Paraná, RJ e SP (Frendrich & Freitas, 1991).

| LOCALIDADE | CONSTANTES | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ***a*** | ***b*** | ***c*** | ***d*** |
| Cascavel | 1062.92 | 0.141 | 5 | 0.776 |
| Cianorte | 2115.18 | 0.145 | 22 | 0.849 |
| Clevelândia | 2553.88 | 0.166 | 24 | 0.917 |
| Curitiba | 3221.07 | 0.258 | 26 | 1.010 |
| Francisco Beltrão | 1012.28 | 0.182 | 9 | 0.760 |
| Londrina | 3132.56 | 0.093 | 30 | 0.939 |
| Guarapuava | 1039.68 | 0.171 | 10 | 0.799 |
| Laranjeiras do Sul | 771.97 | 0.148 | 8 | 0.726 |
| Morretes | 2160.23 | 0.155 | 24 | 0.890 |
| Palmital | 1548.46 | 0.130 | 16 | 0.834 |
| Paranavaí | 2808.67 | 0.104 | 33 | 0.930 |
| Pato Branco | 879.43 | 0.152 | 9 | 0.732 |
| Piraquara | 1537.80 | 0.120 | 17 | 0.859 |
| Planalto | 1659.59 | 0.156 | 14 | 0.840 |
| Ponta Grossa | 1902.39 | 0.152 | 21 | 0.893 |
| Telêmaco Borba | 3235.19 | 0.163 | 24 | 0.968 |
| Tomazina | 2676.70 | 0.149 | 29 | 0.931 |
| Umuarama | 1752.27 | 0.148 | 17 | 0.840 |
| Jacarezinho | 31200 | | 50 | 1.38 (Pr=03 aa) |
| Jacarézinho | 59820 | | 50 | 1.49 (Pr=10 aa) |
| Palotina | 2492.30 | | 29 | 0.873 (Pr=02 aa) |
| Palotina | 2618.18 | | 29 | 0.848 (Pr=05 aa) |
| Palotina | 2737.79 | | 29 | 0.833 (Pr=10 aa) |
| Palotina | 2866.82 | | 29 | 0.822 (Pr=20 aa) |
| Palotina | 3041.59 | | 29 | 0.810 (Pr=50 aa) |
| Rio de janeiro | 1239 | 0.217 | 26 | 0.740 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| São Paulo | 3462.70 | 0.172 | 22 | 1.025 |

Obs: Quando não houver dados para a sua região, utilize de outra região próxima com clima semelhante.

## ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL DOS TERRAÇOS

Apesar de existirem métodos adequados para a estimativa do espaçamento entre terraços (Bertoni, 1978; Lombardi Neto et al., 1989; Bertoni & Lombardi Neto, 1990), ainda não há um que seja seguro para o dimensionamento de sua **área de seção transversal** (**At**). A At é ora subdimensionada, gerando transbordamentos e rompimentos indesejáveis, ora superdimensionada, causando movimentações de terra desnecessárias.

## CÁLCULO DA ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL DE TERRAÇOS EM NÍVEL

A área da seção transversal de terraços de retenção (em nível) deve ser dimensionada visando o armazenamento do **volume de enxurrada gerado** na área imediatamente à montante, de forma segura e econômica. O volume de armazenamento do terraço é o produto da área de seção transversal pelo seu comprimento, ou seja:

$$\mathbf{V = At\ L} \qquad (7)$$

onde:

V = volume de armazenamento do terraço ($m^3$);

At = área da seção transversal do terraço ($m^2$);

L = comprimento longitudinal do terraço (m).

Das formas possíveis de seção transversal de terraços de retenção, a mais comumente usada, tanto pela facilidade de construção como por ser a mais estável hidraulicamente, é a parabólica. Para esse tipo, a área de seção transversal será em função das dimensões (Cruciani, 1989):

$$\mathbf{At = 0{,}667\ t\ d} \qquad (8)$$

Onde:

t = largura (m);

d = profundidade do canal do terraço (m) (Figura 6).

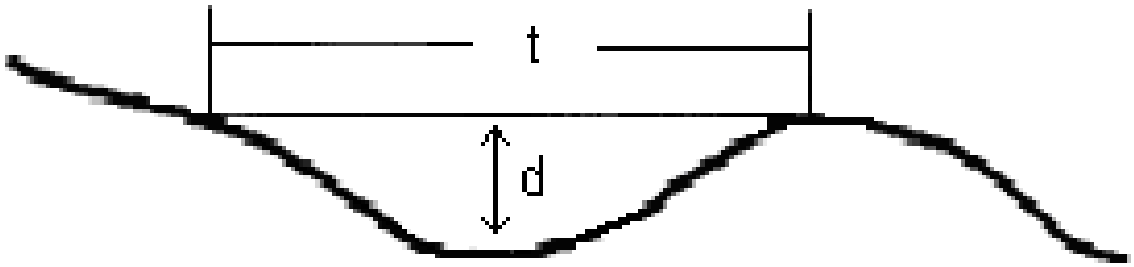



**Figura 20**. Principais dimensões de um terraço de retenção parabólico.

A seção transversal do terraço de infiltração deve suportar todo o volume de enxurrada esperado, permitindo o seu armazenamento e infiltração. Assim, os critérios tradicionais do dimensionamento de **t** e **d** baseiam-se no volume de enxurrada gerado por uma chuva crítica, com duração de 24 horas e período de recorrência de 10 anos (Schwab et al., 1981; Cruciani, 1989), geralmente usando um coeficiente de enxurrada.

O volume de enxurrada esperado é:

$$\mathbf{V_{es} = A\ h\ C} \qquad (4)$$

Onde:

V = volume máximo de enxurrada em $m^3$;

h = chuva diária máxima com tempo de retorno de 10 anos em m;

A = área a ser drenada (entre terraços) em m (comprimento do terraço X distância horizontal, em metros);

C = coeficiente de enxurrada (tabelado);

Depois de estimada a chuva crítica, o espaçamento entre terraços e o fator de enxurrada da combinação solo/manejo em questão, o volume de enxurrada crítico a ser armazenado é usualmente tomado como sendo (Cruciani, 1989):

$$\mathbf{Q = A\ Pmáx\ C} \qquad (3)$$

Onde:

Q = volume de enxurrada ($m^3$) gerado na área A ($m^2$) acima do terraço;

Pmáx = volume de precipitação (m) com duração de 24 horas e período de recorrência de 10 anos;

C (0-1) = coeficiente de enxurrada (tabelado), correspondente às condições de solo, declividade e manejo da vertente.

Fazendo-se V = Q, obtém-se l e d através das equações (1) e (2). É comum adicionar uma borda livre correspondente a 10% de **d** ao valor da profundidade, como segurança. Esse acréscimo serve também para compensar a consolidação natural do camalhão do terraço com o tempo (Schwab et al., 1981).

## DIMENSIONAMENTO DE CANAIS ESCOADOUROS DE ÁGUA

Quando são usados no terreno sistemas de terraceamento de drenagem, para proporcionar a drenagem segura do excesso de enxurrada, é necessário o estabelecimento de **canais escoadouros**. Os canais escoadouros **são canais de dimensões apropriadas, vegetados, capazes de transportar com segurança a enxurrada de um terreno dos vários sistemas de terraceamento ou outras estruturas**. **Canais escoadouros são, em geral, as depressões no terreno, rasas e largas, em declividades moderadas, e estabelecidas com um leito resistente à erosão. Sua melhor localização é a depressão natural, para onde as águas são forçadas a escorrer, bem como nos espigões, divisas naturais e caminhos.**

A vegetação do canal escoadouro deve ser escolhida de modo a suportar a velocidade de escoamento de enxurradas, não ser praga para as terras da cultura e, se possível, ser utilizada como forragem. As vegetações ideais são aquelas que cobrem e travam completamente o solo num emaranhado uniforme de raízes e caules.

O dimensionamento de canais para fins de escoamento de água é baseado no conhecimento das características hidrológicas da área, da topografia e distribuição probabilistica da precipitação (principalmente os valores extremos).

- Descarga máxima: para dimensionar estruturas com o objetivo de transportar água é necessário conhecer ou estimar a vazão-pico ou o escoamento crítico na área
- Características relevantes da área de captação:
- topografia e uso da bacia: vai determinar o tempo de concentração (Tc, em min)
- Intensidade da chuva (In, mm/h)
- Área superficial: (em ha), determinada em mapa planialtimétrico;
- Solo e uso: determina o coeficiente de escorrimento (C) da área/bacia

Se a duração da chuva for aproximadamente igual ao TC e considerando um tempo de recorrência de 10 anos, então o volume de escoamento pode ser calculado utilizando a

Fórmula Racional de Ramser, a qual é apropriada para bacia de até aproximadamente 5000 ha.

$$Q\ (m^3/s)=(C^* I * A)/360) \quad (5)$$

## CÁLCULO DA ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL DE TERRAÇOS DE DRENAGEM

### DIMENSIONAMENTO DO CANAL

O canal deve ser construído para dar vazão ao fluxo estimado, com uma margem de segurança de cerca de 20% para canais vegetados ou de 30 a 40% para terraços em desnível.

**Vazão do canal** (Qc, $m^3/s$)

$$Qc= V \times Ac \quad (6)$$

onde V=velocidade do fluxo no canal (m/s) e Ac é área de secão transversal do canal ($m^2$).

**Velocidade do fluxo no canal**: calculada por meio da fórmula de Manning

$$V=(r^{2/3} * i^{1/2}) / n \quad (7)$$

onde r é o raio hidraúlico (m), i é o gradiente do canal no ponto de saída da área de captação (m/m) e n é o coeficiente de rugosidade de Manning.

**Quadro 12**. Valores de n (coeficiente de rugosidade) obtidos de diferentes fontes.

| Descrição | Valor de n |
|---|---|
| CANAIS NÃO VEGETADOS | |
| Seção uniforme, bem alinhado, sem | 0.016 |

| | |
|---|---|
| pedras ou vegetação, solo arenoso | |
| Idem em solos argilosos | 0.018 |
| Similar acima, mas com pedregulhos e solo franco-argiloso | 0.020 |
| Pequenas variações na seção, alinhamento um pouco irregular, pedras ou gramas esparsas nas bordas em solos argilosos ou arenosos, canais arados ou gradeados | 0.023 |
| Alinhamento irrgeular, solos pedregosos ou em folhelhos, com bordas irregulares ou com vegetação | 0.025 |
| Seção e alinhamento irrgeulares, pedras e pedregulhos no fundo, com muita begetação nos taludes, pedras com até 15 cm de diâmetro, ou canal irregular erodido ou canal em rocha | 0.030 |
| CANAIS VEGETADOS | |
| Grama muito longa (>60cm) e densa | 0.06 a 0.20 |
| Grama longa ( 25 a 60 cm) | 0.04 a 0.15 |
| Grama média (15 a 20 cm) | 0.03 a 0.08 |
| Grama curta ( 5 a 15 cm ) | 0.03 a 0.06 |
| Grama muito curta (< 5 cm) | 0.02 a 0.04 |
| TUBULAÇÕES | |
| Argila | 0.0108 |
| Concreto | 0.014 |

Para os canais de terras, vegetados ou não, existe uma velocidade máxima permissível, acima da qual pode ocorrer erosão no canal. Esta velocidade (Vmax, m/s) é dada no quadro 13, obtida de Morgan, 1986).

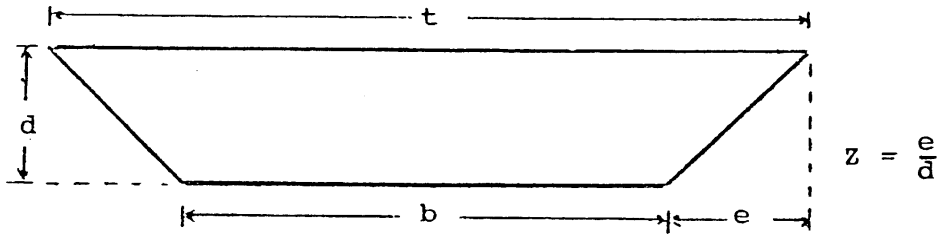
**Quadro 13**. Valores de Vmax obtidos de Morgan (1986).

| MATERIAL | Sem cobertura de grama após um | média cobertura de grama após um | Boa cobertura de grama após um |
|---|---|---|---|

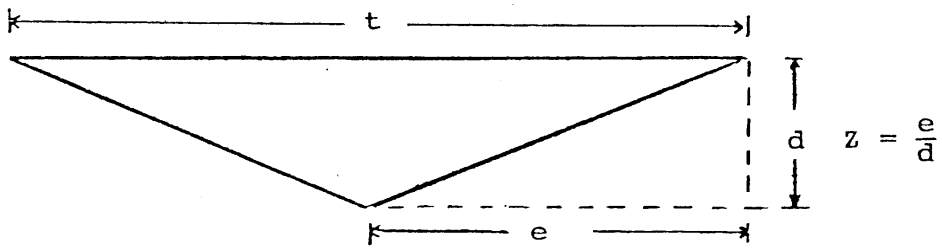
| | ano | ano | ano |
|---|---|---|---|
| Areia muita fina | 0.3 | 0.75 | 1.5 |
| Areia fina solta | 0.5 | 0.9 | 1.5 |
| Areia grossa | 0.75 | 1.25 | 1.7 |
| Textura média | 0.75 | 1.5 | 2.0 |
| Franco-argiloso | 1 | 1.7 | 2.3 |
| Argil. c/ ou s/ pedras | 1.5 | 1.8 | 2.5 |
| Pedregoso (saibro) | 1.5 | 1.8 | Não |
| Rocha pouco resist. | 1.8 | 2.1 | Forma |
| Rocha resist. | 2.5 | Nfc | Cobertura |

1. Determinar a descarga máxima (Qmax) a partir dos dados da área de captação;
2. Adicionar a margem de segurança ao Q para obter Qmax;
3. Usando dados do ponto de saída da captação, calcular as dimensões do canal por tentativa e erro (t e d), mantendo a relação t:d no mínimo 6:1 (para canais escoadouros);
4. Selecionar o canal cujas dimensões possibilitem Qc>=Qmax, e cuja V<=Vmax;

TRAPEZOIDAL




TRIANGULAR




PARABÓLICO

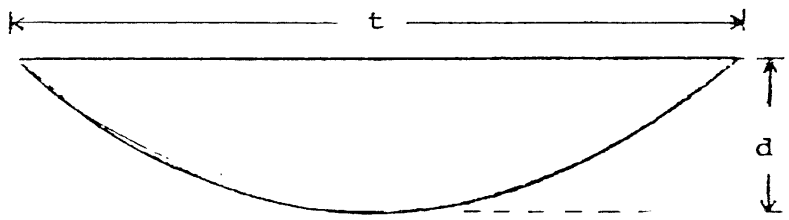



**FIGURA 7 .**Tipos de Canais

| TIPO | ÁREA DA SECÇÃO TRANSVERSAL (a) | PERÍMETRO MOLHADO (p) | RAIO HIDRÁULICO ($r = a/p$) |
|---|---|---|---|
| trapezoidal | $bd + Zd^2$ | $b+2d\sqrt{Z^2+1}$ | $\dfrac{bd + Zd^2}{b+2d\sqrt{Z^2+1}}$ |
| triangular | $Zd^2$ (ou) $0,5\ td$ | $2d\sqrt{Z^2+1}$ | $\dfrac{Zd}{2\sqrt{Z^2+1}}$ (ou) $\dfrac{d}{2}$ |
| parabólico | $\frac{2}{3}\ td$ | $t + \dfrac{8d^2}{3\,t}$ | $\dfrac{t^2d}{1,5t^2+4d^2}$ (ou) $\simeq \dfrac{2}{3}\ d$ |

**FIGURA 8.** Cálculos de dimensionamento em função dos tipos de canais.

## SEQÜÊNCIA DE CÁLCULOS

### CÁLCULO DA CAPACIDADE DE VAZÃO DE CANAIS DE TERRAÇOS E DA ENXURRADA

O canal de um terraço deve ter capacidade suficiente para interceptar toda a água que escorre sobre a área que ele está protegendo. Em geral calculamos a medida do canal para reter a enxurrada produzida pela chuva de maior intensidade em uma hora, ocorrida no período dos últimos dez anos na região, a fim de reduzir a velocidade da água.

### CÁLCULO DA ÁREA DA SECÇÃO TRANSVERSAL DO CANAL (S)

Para calcular a área da secção transversal do canal podemos considerá-la como se fosse em triângulo, representado na Fig. 9:

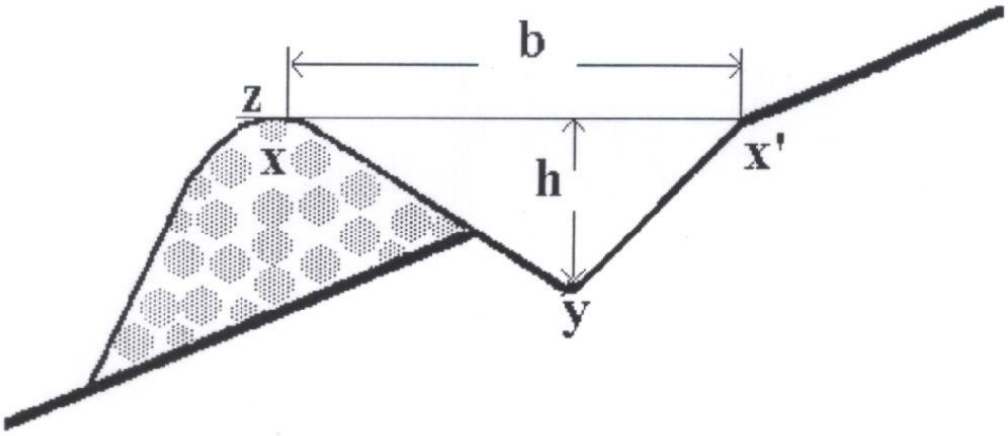



**Figura 9.** Terraço em forma esquemática

Leitura na crista do camalhão (z) = 2,14 m
Leitura no fundo do canal (y) = 2,54 m
Diferença (y – z) = 0,40m (altura real do camalhão)

Quando os terraços são novos deve-se diminuir 25%, que corresponde ao assentamento aproximado que o terraço sofrerá no primeiro ano. Para o cálculo teremos:

0,40 m – 25% = 0,30 m (h). Para terraços construídos a dois ou mais anos usa-se as leituras normais (diretas) = 0,40 m.

A distância entre X e X' corresponde à largura superior do canal (base do triângulo X, X' e Y) (b), para o cálculo 3,5 m.

$$S = \frac{b.h}{2} = \frac{3{,}5m.0{,}40m}{2}$$

S = 0,70 $m^2$

**CÁLCULO DA CAPACIDADE DE VAZÃO DO CANAL (Q) (DAKER, 1970)**

Conhecendo-se a área da secção transversal, podemos calcular a capacidade de vazão do canal, que é dada pela seguinte fórmula:

**Q = S** x **V** onde,

Q = capacidade de vazão do canal em $m^3/s$;
S = área da secção transversal do canal em $m^2$;
V = velocidade média em m/s.
A velocidade média é dada pela fórmula de Manning:

Fórmula de Manning:

$$V = \frac{R^{2/3} \quad x \quad i^{1/2}}{n}$$ onde:

V = velocidade em média m/s;
R = raio hidráulico do canal em m;
i = gradiente médio do canal em m/m (m de desnível por m de comprimento do canal);
n = coeficiente de atrito ou rugosidade do canal.

**Observação:**

A velocidade da água que causa erosão no canal é função da natureza do terreno e não deve ser superior a 0,90 m/s para solos argilosos e a 0,60 m/s para solos arenosos.

O coeficiente **n** é variável de acordo com as condições do terreno. Para canais de terraços em que crescem plantas são mais indicados os valores 0,04 e 0,05.

O raio hidráulico é dado pela fórmula

$$R = \frac{S}{PM} \quad \text{onde:}$$

R = raio hidráulico em m;
S = secção transversal do canal em $m^2$;
PM = perímetro molhado em m.

**CÁLCULO DA ENXURRADA (Q')**

A quantidade de água que escorre sobre a área protegida pelo terraço. É dada pela fórmula proposta por C. E. Ramser:

$$Q' = \frac{C.I.A}{t} \quad \text{onde:}$$

Q' = vazão (enxurrada) em $m^3/s$;

C = coeficiente de enxurrada (run – off), escorrimento superficial;

I = intensidade de chuva em mm/hora

A = área de drenagem em $m^2$;

t = tempo de uma hora em segundos (3.600 s).

**Quadro 14.** Valores do **coeficiente de enxurrada (C)** para áreas com diferentes usos e declividades

| Natureza da área | Declividade (%) | Valor "C" | C/t |
|---|---|---|---|
| Culturas anuais | 2 a 5 | 0,50 | 0,000138 |
| | 5 a 10 | 0,60 | 0,000166 |
| | 10 a 30 | 0,72 | 0,000200 |
| Área com pastagem | 2 a 5 | 0,15 | 0,000003 |
| | 5 a 10 | 0,36 | 0,000100 |
| | 10 a 30 | 0,42 | 0,000116 |
| Área com mata | 2 a 5 | 0,15 | 0,000041 |
| | 5 a 10 | 0,18 | 0,000051 |
| | 10 a 30 | 0,21 | 0,000058 |

CÁLCULOS

**DADOS:**

Canal: 3,5 m de largura e 0,40 m de altura, com gradiente médio de 0,2%

Coeficiente de rugosidade 0,04

ou seja: b = 3,5 m; h = 0,40 m; i = 0,2% ou 0,002 m/m; n = 0,04
Declividade do terreno = 10%
I = 150 mm/h

A = 6300 $m^2$. "Área que corresponde ao produto do comprimento do terraço (350 m) pelo espaçamento entre terraços (18 m), de acordo com a tabela de espaçamentos para solo argiloso."

**Cálculo da área da secção transversal do canal:**

$$S = \frac{b.h}{2} = \frac{3{,}5m.0{,}40m}{2} = \mathbf{0{,}70\ m^2}$$

**Cálculo do perímetro molhado do canal:**

$a^2 = b^2 + c^2$

$L^2 = b^2 + h^2$

$L^2 = 1{,}75^2 + 0{,}40^2$

$L = \sqrt{3{,}225}$ m

L = 1,795 m

PM = L + L

PM = 1,795 + 1,795

PM = 3,59 m

Quando for possível, mede-se os lados do canal diretamente no campo, considera-se então:

$PM = L_2 + L_2$ , figura 10.

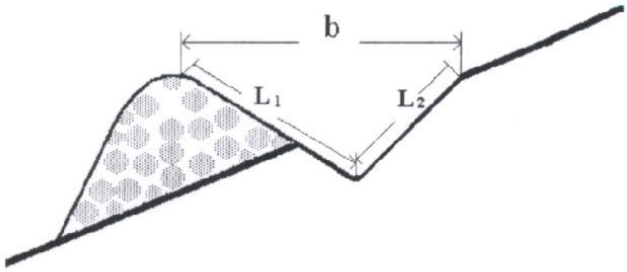



**FIGURA 10.** Lados do canal de terraços.

**Cálculo do raio hidráulico:**

$$R = \frac{S}{PM} = \frac{0{,}70}{3{,}59} = 0{,}195m$$

**Cálculo da capacidade de vazão:**

**Q = S x V.**

$$V = \frac{R^{2/3} \quad x \quad i^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{0{,}195^{2/3} \quad x \quad 0{,}002^{1/2}}{0{,}04}$$

Q = 0,70 m$^2$ . 0,37 m/s

**Q = 0,259 m$^3$/s**

**V = 0,37 m/s**

**Cálculo da enxurrada:**

$$Q' = \frac{C.I.A}{t}$$

$$Q' = \frac{0{,}72 \quad . \quad 0{,}15\,m \quad . \quad 6360\,m^2}{3600s}$$

**Q' = 0,190 m$^3$/s**

Como vemos acima o **Q** é maior que **Q',** portanto o terraço considerado, tem capacidade de escoar a enxurrada da possível maior chuva e ainda sobra uma capacidade de escoamento de **0,069 m$^3$/s.**

## POSSÍVEIS CAUSAS DO ROMPIMENTO DOS TERRAÇOS

- tipo de terraço inadequado ao tipo de solo e regime de chuvas, planejamento mal feito;
- conhecimento deficiente dos solos, em termos de classificação;
- entrada de águas de fora da gleba;
- extremidades dos terraços abertas ou marcadas com pequeno desnível;
- falta de manutenção e acompanhamento técnico;
- compactação excessiva dos solos entre os terraços;
- espaçamento inadequado, locação do primeiro terraço inadequada, erros na locação,
- seção do canal mal dimensionada por economia nas passadas de máquinas
- construção mal executada;
- falta de manutenção;
- achar que só o uso de terraços resolve;

## LITERATURA

CRUCIANI, D. Dimensionamento de sistemas de drenagem superficial e terraços com base nas características hidrológicas locais. In: Simpósio sobre Terraceamento Agrícola. Fundação Cargill, Campinas, 1989. P.26-59.

FENDRICH, R.; FREITAS, C. O. A. Chuvas intensas no Estado do Paraná. ISAM/PUC, Curitiba, 1991.

LOMBARDI NETO, F. Dimensionamento do canal do terraço. In: Simpósio sobre Terraceamento Agrícola. Fundação Cargill, Campinas, 1989, p.125-135.

BERTOL, I.; COGO, N.P. Terraceamento em sistemas de preparo conservacionistas de solo: um novo conceito. Lages, NRS-SBCS, 1996. 41p. (NRS-SBCS, Boletim Técnico, 1)

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R.A.; BERTON, A.L.; TROMBETTA, A.; FALCÃO, H. Terraceamento em plantio direto. Passo Fundo, RS: CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO. 1998. (Comunicado Técnico).

HUDSON, N. W. Soil conservation. Ithaca, Cornell University Press, 1995. 324p.