

20

RECOMENDAÇÕES DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA



RECOMENDAÇÕES DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA

José Ronaldo de Macedo
Claudio Lucas Capeche
Adoildo da Silva Melo

20



PROGRAMA
RIO RURAL

Niterói-RJ
abril de 2009

RECOMENDAÇÕES DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E ÁGUA

José Ronaldo de Macedo
Claudio Lucas Capeche
Adoildo da Silva Melo

20



PROGRAMA
RIO RURAL

Niterói-RJ
abril de 2009

PROGRAMA RIO RURAL

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento
Superintendência de Desenvolvimento Sustentável

Alameda São Boaventura, 770 - Fonseca - 24120-191 - Niterói - RJ

Telefones : (21) 2625-8184 e (21) 2299-9520

E-mail: microbacias@agricultura.rj.gov.br

Governador do Estado do Rio de Janeiro

Sérgio Cabral

**Secretário de Estado de Agricultura,
Pecuária, Pesca e Abastecimento**

Christino Áureo da Silva

**Superintendente de
Desenvolvimento Sustentável**

Nelson Teixeira Alves Filho

Macedo, José Ronaldo de.

Recomendação de manejo e conservação de solo e água / José Ronaldo de Macedo, Cláudio Lucas Capeche, Adoildo da Silva Melo. -- Niterói : Programa Rio Rural, 2009.

45 p. ; 30 cm. -- (Programa Rio Rural. Manual Técnico ; 20)

Programa de Desenvolvimento Rural Sustentável em Microbacias Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. Secretaria de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento.

Projeto: Gerenciamento Integrado de Agroecossistemas em Microbacias Hidrográficas do Norte-Noroeste Fluminense.

ISSN 1983-5671

1. Conservação do solo. 2. Conservação da água. I. Capeche, Cláudio Lucas. II. Melo, Adoildo da Silva. III. Série. IV. Título.

CDD 631.4

Sumário

1. Apresentação.....	5
2. Introdução.....	6
3. Conceitos de erosão dos solos.....	6
4. Sistemas de cultivo.....	10
5. Preparo do solo.....	12
6. Manejo e conservação dos recursos naturais.....	14
7. Adição de matéria orgânica.....	36
8. Rotação de culturas.....	42
9. Locação de estradas e caminhos.....	43
10. Referências bibliográficas.....	44

Recomendações de manejo e conservação de solo e água

José Ronaldo de Macedo¹

Claudio Lucas Capeche²

Adoildo da Silva Melo³

1. Apresentação

Esta publicação reúne conceitos e instruções sobre práticas edáficas nas áreas de manejo e conservação de solo e água e pretende contribuir para o entendimento dos processos de erosão e de como ela pode ser evitada e mitigada, agregando informações necessárias para permitir o crescimento da agropecuária brasileira em bases sustentáveis.

Para que haja o engajamento da população rural na prevenção e mitigação dos processos erosivos do solo, é necessário que mudanças significativas ocorram quanto à compreensão sobre o que é conservação de solo e água, encarando que a erosão acelerada do solo e o assoreamento dos mananciais hídricos é consequência ecológica do uso ou manejo inadequado das terras.

É preciso entender que as complexidades das interações existentes nas áreas rurais, entre o meio ambiente, a economia e os fatores humanos, exigem mudança de atitude de todos os atores envolvidos, sejam eles produtores, extensionistas, pesquisadores e agentes de financiamentos agropecuários. Faz-se necessária a construção participativa entre esses atores para a consolidação dos pilares para o sucesso na conservação do solo e da água.

É necessário, ainda, considerar os pontos de vistas dos agricultores, dos técnicos em conservação e da comunidade local, associando-os aos conhecimentos técnico-científicos atuais e disponíveis, visando ao planejamento da propriedade e ao sucesso da adoção das práticas vegetativas e mecânicas na conservação do solo e da água, sem afetar a produtividade e a rentabilidade dos empreendimentos agropecuários.

Com essa motivação, o presente documento foi elaborado pela Embrapa Solos, em parceria com a Superintendência de Desenvolvimento Sustentável da Secretaria Estadual de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento (SEAPPA), com recursos do Global Environment Facility – por meio do projeto “Manejo Sustentável de Recursos Naturais em Microbacias do Norte-Noroeste Fluminense, denominado Projeto Rio Rural-GEF.

¹ Eng. Agr., PhD, Pesquisador da Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024 - Jardim Botânico - 22460-000 - Rio de Janeiro-RJ.

² Eng. Agr., M.Sc., Pesquisador da Embrapa Solos.

³ Eng. Agr., Pesquisador da Embrapa Solos.

2. Introdução

A erosão dos solos é um processo geológico, porém o seu agravamento em solos agrícolas se deve à quebra do equilíbrio natural entre o solo e o ambiente, geralmente promovida e acelerada pelo homem. A erosão, principalmente a antrópica, vem preocupando os agrônomos, técnicos e órgãos governamentais e não governamentais, sendo uma das maiores ameaças à agricultura e ao meio ambiente, devido à utilização inadequada e intensiva desse recurso natural não renovável.

A velocidade do processo está diretamente associada aos fatores extrínsecos e intrínsecos do solo. Os seus efeitos negativos são sentidos, progressivamente, devido à perda das camadas mais férteis do solo, tendo como consequência a perda de produtividade das culturas e o aumento dos custos de produção, com a demanda de mais insumos para poder manter a mesma produtividade anterior. Finalmente, tem-se o esgotamento total do solo e seu posterior abandono. O problema da erosão assume proporções alarmantes em muitas regiões do país e tende a se agravar, sendo observadas variadas formas, desde a erosão laminar, imperceptível nos seus estágios iniciais, até os grandes voçorocamentos.

Diante desse fenômeno desolador, ou se protege devidamente o solo, manejando-o adequadamente dentro das suas potencialidades, ou, em breve, restarão apenas terras improdutivas.

Para se começar a proteger o solo devidamente, tem-se de criar uma mentalidade conservacionista. Por isso, torna-se vital ter em mente os princípios básicos da conservação do solo. Principalmente em áreas agrícolas, devem-se considerar os seguintes pontos: em primeiro lugar, procurar manter o solo coberto o máximo de tempo possível durante o ciclo das culturas e após a colheita, com o objetivo de minimizar e/ou impedir o impacto direto da gota da chuva sobre o solo, que causa a destruição dos agregados do solo, o entupimento dos poros e a formação de crosta superficial. Essa crosta, além de dificultar a germinação das sementes, reduz a infiltração da água no solo e contribui para a formação de enxurradas. Em segundo lugar, devem-se adotar práticas agrícolas que mantenham e/ou elevem a capacidade de infiltração da água no solo e reduzam o escoamento superficial e a formação de enxurradas, outro agente muito importante que acelera a erosão (BERTOLINI; LOMBARDI NETO, 1993).

Para que esses princípios básicos possam ser seguidos, uma série de técnicas agrícolas deve ser utilizada por todos que lidam com as atividades rurais a fim de se alcançar o perfeito controle da erosão.

3. Conceitos de erosão dos solos

Erosão significa desgaste e é ela a responsável pela formação dos solos, sendo chamada de erosão geológica ou natural (CURI et al., 1993). No aspecto físico, a erosão é a realização de uma quantidade de trabalho no desprendimento do material de solo e no seu transporte (BAHIA et al., 1992). Porém, o problema

ocorre quando o processo é acelerado pela ação antrópica e atinge níveis danosos ao meio ambiente. Com o incremento das atividades agropecuárias, houve o aumento de pressão pelo uso do solo, que tem sido feito de forma inadequada, gerando o que se pode chamar de erosão agrícola dos solos, que é o processo de desagregação e arrastamento das partículas de solo produzido pela ação da água das chuvas ou do vento. Com a erosão dos solos, além do empobrecimento pela perda de nutrientes e matéria orgânica e do próprio solo, ocorre, também, a contaminação dos recursos hídricos.

Erosão e qualidade do solo

A qualidade do solo, que é definida por valores relativos à sua capacidade de cumprir uma função específica, é afetada diretamente pelos processos erosivos e pode ser determinada para diferentes escalas: campo, propriedade agrícola, ecossistema e região.

Tipos de degradação dos solos

- Erosão hídrica: perda de horizontes superficiais, deformação do terreno, movimento de massa, deposição.
- Erosão eólica: perda de horizontes superficiais, deformação do terreno, movimento de massa, deposição.
- Química: perda de nutrientes e/ou matéria orgânica, desbalanço de nutrientes, salinização, acidificação, poluição.
- Física: compactação, selamento ou encrostamento superficial, inundação, aeração deficiente, excesso ou falta de água.
- Biológica: redução da biomassa, redução da biodiversidade (HERNANI et al., 2002).

Vale ressaltar que, em ambientes tropicais e subtropicais, a principal causa da degradação do solo é a erosão hídrica e as atividades que contribuem para o aumento das perdas do solo. De acordo com estudos do ISRIC/UNEP, em parceria com a Embrapa Solos, 15% das terras do planeta já foram severamente degradados por atividades humanas. Dentre as formas mais comuns de degradação, destacam-se a perda da camada superficial (70%), a deformação do terreno (13%), a perda de nutrientes (6,9%) e a salinização (3,9) (HERNANI et al., 2002).

Principais agentes de erosão nas regiões tropicais

- Hídrica - é a erosão provocada pela ação da água. Ela faz parte do ecossistema e está relacionada com o escoamento superficial, que é uma das fases do ciclo hidrológico, correspondente ao conjunto de águas que, sob a ação da gravidade, movimenta-se na superfície do solo no sentido da sua pendente. A forma e a intensidade da erosão hídrica, embora estejam relacionadas com atributos intrínsecos do solo, são mais influenciadas pelas características das chuvas, da topografia, da cobertura vegetal e do manejo da terra, ocorrendo a interação de todos esses fatores.

As características das chuvas determinam o seu potencial erosivo, isto é, a capacidade de causar erosão. O potencial erosivo é avaliado em termos de erosividade, que é a medida dos efeitos de impacto, salpico e turbulência provocados pela queda das gotas de chuva sobre o solo, combinados com os da enxurrada, que transportam as partículas do solo (EMBRAPA, 1980).

As principais formas de expressão da erosão hídrica são a laminar, em sulcos e em voçorocas. Sendo a erosão hídrica o agente mais importante em regiões tropicais, a ela será dada maior ênfase nesta publicação.

- Eólica - é a erosão provocada pela ação dos ventos. No Brasil, não é a forma mais grave de degradação. Porém, em algumas regiões específicas do país, ocorre processo acelerado de desertificação, principalmente nas regiões Nordeste e Sul.

A erosão eólica é provocada pela ação do vento e será mais intensa quanto maior a sua velocidade e a área livre de vegetação ou obstáculos naturais. A erosão eólica está mais relacionada às grandes planícies sem cobertura vegetal. Nessas regiões, a energia cinética do vento desloca as partículas do solo. Dependendo da força e da velocidade do vento, são removidas as partículas mais finas (argila e silte) e, posteriormente, as partículas mais grosseiras (areia). A distância de deposição está diretamente relacionada à intensidade e à duração do processo.

Etapas do processo de erosão hídrica

Segundo Bahia et al. (1992), a erosão hídrica é um processo complexo que ocorre em quatro fases: impacto das gotas de chuva; desagregação de partículas do solo; transporte e deposição.

Impacto - as gotas de chuva que golpeiam o solo contribuem para a erosão, pois desprendem as partículas do solo no local do impacto; transportam, por salpicamento, as partículas desprendidas e imprimem energia em forma de turbulência à água da superfície.

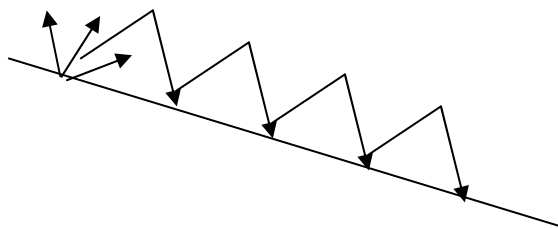
Desagregação - a precipitação que atinge a superfície do solo, inicialmente provoca o umedecimento dos agregados, reduzindo suas forças coesivas. Com a continuidade da chuva e o impacto das gotas, os agregados são desintegrados em partículas menores e ocorre o processo de salpicamento. A quantidade de agregados desintegrados em partículas menores e salpicados cresce com o aumento da energia cinética da precipitação, que é função da intensidade, da velocidade e do tamanho das gotas da chuva.

Transporte - só ocorre a partir do momento em que a intensidade da precipitação excede a taxa de infiltração, que tende a decrescer com o tempo, tanto pelo umedecimento do solo como pelo efeito decorrente do selamento ou encrostamento superficial. Uma vez estabelecido o escoamento, a enxurrada se move no sentido da declividade (morro abaixo), podendo concentrar-se em pequenas depressões, mas sempre ganhará velocidade à medida que o volume da suspensão e a declividade do terreno aumentarem. Com isso, a sua capacidade de gerar atrito e desagregação se amplia.

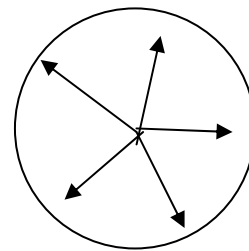
Deposição - ocorre quando a carga de sedimentos é maior do que a capacidade de transporte da enxurrada.

Formas de erosão hídrica

- **Erosão por salpicamento:** deve-se ao impacto das gotas de chuva sobre os agregados instáveis num solo desnudo. Produzem-se pequenos buracos devido ao impacto da gota da chuva com a liberação de partículas de solo. O processo de salpicamento pode ocasionar o selamento/encrostamento da superfície do solo, reduzindo ou eliminando a infiltração da água. As partículas se deslocam, no máximo, 150cm, sendo mais afetados os solos constituídos de areias finas. Não há muita perda de material, pois as partículas não atingem grandes distâncias e, também, porque o processo ocorre em todas as direções. Quando o processo ocorre numa pendente, produz-se movimento lento e repetitivo, com trajetória no formato de serra (PORTA et al., 1999).



Vista lateral



Vista superior

- **Erosão laminar:** consiste na perda de camada superficial de forma uniforme do solo em terreno com certa declividade. Afeta as partículas liberadas por salpicamento. É um processo pouco aparente, só se identificando pela faixa do solo em que, depois de uma chuva, os elementos grossos na superfície aparecem limpos. Esse tipo de erosão pode ser facilmente eliminado com a utilização de equipamentos agrícolas adequados. Caracteriza-se pela remoção de camadas delgadas do solo em toda a área. Nesse caso, não há concentração da água.

- **Erosão por sulcos, ravinas e voçorocas:** caracteriza-se pela formação de canais (sulcos) de diferentes profundidades e comprimentos na superfície do solo. Ocorre a concentração das águas das chuvas nesses canais, aumentando, assim, o poder erosivo devido ao ganho de energia cinética pelo volume e velocidade da enxurrada.

Sucessivamente, a erosão passa de laminar para sulcos, ravinas e, logo em seguida, para o estágio chamado de voçorocas. As suas dimensões e a extensão dos danos que podem causar estão intimamente relacionadas com o clima, com a topografia do terreno, sua geologia, tipo de solo e forma de manejo (ALVES, 1978).

As voçorocas são classificadas pela sua profundidade e pela área de contribuição de sua bacia. Ireland (1934), citado por Bertoni e Lombardi (1985), afirma que as voçorocas são profundas quando têm mais de cinco metros de profundidade; médias, quando têm de um a cinco metros de profundidade e pequenas, quando têm menos de um metro de profundidade. Pela área de contribuição da bacia, as voçorocas são consideradas pequenas quando a área de drenagem é menor do que dois hectares; médias, quando têm de dois a vinte hectares e grandes, quando têm mais de vinte hectares.

- **Erosão por solapamento e deslocamento ou escorregamento:** são formas de erosão características de áreas declivosas ou de que o processo de erosão por voçorocamento continua ativo.

As ravinas e voçorocas podem produzir movimento de massa em suas paredes pela liberação brusca de partículas, fazendo aumentar os efeitos da água quando passa pelo canal. Se o horizonte subsuperficial for siltoso, pode haver remoção preferencial deste material, provocando o desbarrancamento, ou ainda, caso a mineralogia da argila for de atividade alta, os processos de expansão e contração fazem com que o material na borda do talude se fragmente e acelere o processo de erosão.

4. Sistemas de cultivo

O sistema de cultivo tem grande importância nas perdas de solo, pois interfere diretamente na cobertura vegetal e nas características físicas e biológicas do solo.

O preparo do solo é uma prática agrícola que tem como objetivo oferecer condições ideais para a semeadura, germinação, emergência das plântulas, desenvolvimento e produtividade das culturas. De forma geral, pode ser dividido em três categorias:

- **Preparo primário:** refere-se às operações mais profundas e grosseiras que visam, principalmente, eliminar e enterrar as ervas daninhas estabelecidas, enterrar os restos da cultura anterior e, também, tornar o solo mais friável. Exemplo: aração, escarificação etc.

- **Preparo secundário:** são todas as operações subsequentes ao preparo primário, como o nivelamento do terreno, destorroamento, incorporação de herbicidas e fertilizantes, e eliminação de ervas daninhas no início de seu desenvolvimento, produzindo ambiente favorável ao desenvolvimento inicial da cultura implantada. Exemplo: gradagem, operação com enxada rotativa etc.

- **Cultivo do solo após o plantio:** utilização de práticas após a cultura ser implantada visando, basicamente, eliminar as ervas daninhas, fazer amontoa etc. Exemplo: capina mecânica etc.

O preparo do solo resulta, geralmente, na diminuição do tamanho dos agregados, aumento temporário do espaço poroso e da atividade microbiana, além da incorporação dos resíduos, deixando o solo descoberto. Com o passar do tempo, ocorre a diminuição do conteúdo de matéria orgânica e, conseqüentemente, do número de micro-organismos, resultando na redução da agregação promovida por eles. Isso faz com que haja maior suscetibilidade à desagregação e ao transporte, ou seja, maior suscetibilidade à erosão. Além disso, o peso das máquinas e implementos pode imprimir a aproximação das partículas, decorrendo na formação de camadas compactadas. Em função dessas alterações físicas, o preparo é a prática que mais induz à erosão do solo na agricultura.

Portanto, os implementos de preparo do solo devem se adaptar às condições e tipos de solo, visando, principalmente, à preservação das características físicas e biológicas na camada de preparo, evitando a desagregação excessiva, aumentando a infiltração e, conseqüentemente, diminuindo as perdas de solo.

Condições de umidade no solo

As alterações que ocorrem no solo por ocasião do preparo são determinadas, em grande parte, pelo tipo de implemento utilizado, mas o conteúdo de umidade no momento da realização da prática também é importante.

As forças de atração entre as partículas são a coesão, quando na ausência de umidade, e a adesão, na presença de água.

Deve-se efetuar o preparo do solo num ponto de umidade onde ele apresenta a menor atração entre as partículas, dada pelo somatório das forças de coesão e de adesão. Isso ocorre quando o solo se encontra úmido, ou seja, com teor de umidade que possibilite fácil esboroamento dos agregados, que é a condição de friabilidade (Fig.1).

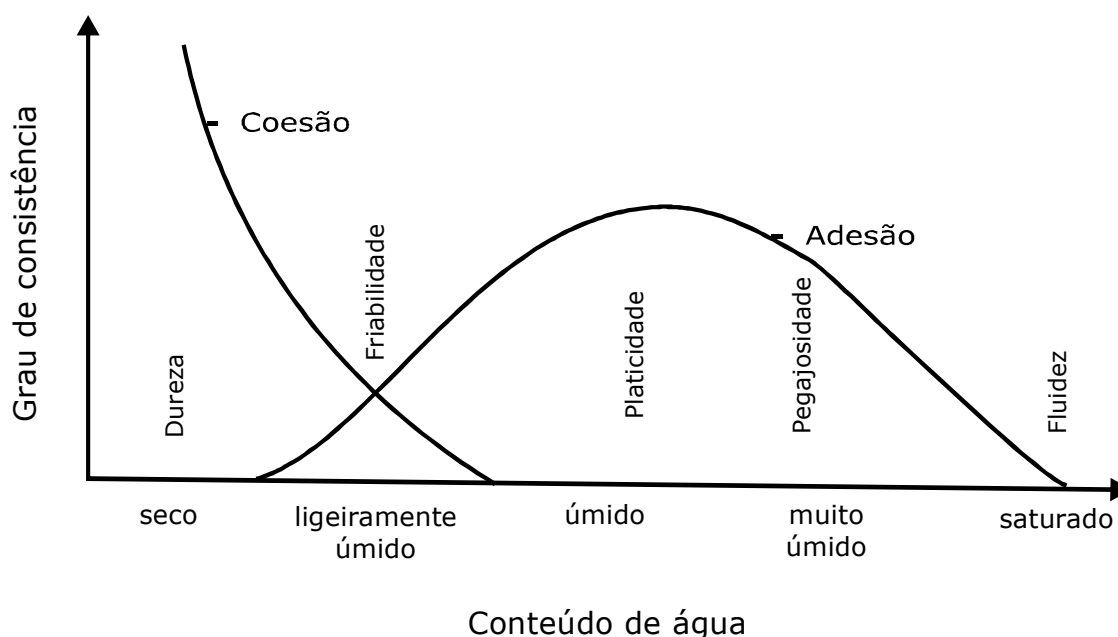


Figura 1 - Relação entre as forças de coesão e de adesão que atuam no solo sob diferentes condições de umidade.

Fonte: Kohnke (1968), adaptado pelos autores.

Se o solo estiver muito úmido no momento do preparo, haverá maior consumo de energia e ocorrerá compactação, já que o solo se molda com facilidade (caráter denominado de plasticidade). Se estiver muito seco, também haverá maior consumo de energia, devido à maior necessidade de potência do maquinário utilizado, bem como a formação de torrões sem, no entanto, ocorrerem significativos prejuízos à estrutura.

Sentido de preparo do solo

Além da umidade, outro aspecto a ser considerado é a realização do preparo do solo em contorno, ou seja, transversal ao sentido do declive. A simples adoção dessa prática representa redução de até 50% nas perdas de solo. O preparo do solo “morro abaixo” sempre deve ser evitado, pois, nessas condições, a erosão é intensificada, o que promove perda de nutrientes, matéria orgânica e sementes, além de assorear rios e açudes e de formar voçorocas.

5. Preparo do solo

O efeito do preparo do solo sobre suas propriedades químicas, físicas e biológicas não depende apenas do implemento empregado, mas, também, da forma e intensidade de seu uso. Em muitas ocasiões, o efeito benéfico de determinado implemento pode ser anulado pelo uso inadequado. Sob o ponto de vista da conservação, o melhor preparo é aquele que envolve menor número de operações e deixa o máximo de resíduos culturais na superfície, de forma a proteger os agregados do solo do impacto direto das gotas de chuva. Deve-se considerar, no entanto, que nenhum implemento de preparo promove melhorias na estrutura do solo. Isso só é conseguido através de atividade biológica (macro e micro-organismos e sistema radicular).

Baseado no tipo de implemento e na intensidade de seu uso, podem ser identificados três tipos básicos de preparo do solo:

- **Convencional** - envolve uma ou mais arações e duas ou mais gradagens.
- **Reduzido** - o principal aspecto desse sistema de preparo é o reduzido número de operações.
- **Plantio direto** - pode ser definido como a técnica de colocação da semente ou muda em sulco ou cova no solo não revolvido, com largura e profundidade suficientes para obter a adequada cobertura e o adequado contato da semente ou muda com a terra. As entrelinhas permanecem cobertas pela resteva de culturas anteriores ou de plantas cultivadas especialmente com essa finalidade. Segundo esses preceitos, o solo permanece com no mínimo 50% da cobertura e o revolvimento máximo para a abertura do sulco ou cova é de 25 a 30% da área total.

Alguns resultados de pesquisa vislumbram as diferenças entre os métodos de preparo de solo e suas vantagens e desvantagens. Em trabalhos efetuados em Campos de Lages, com sete lavouras de alho sob preparo com subsolagem + aração + duas gradagens + enxada rotativa, Bertol (1989) observou que, passados apenas seis anos de preparo, houve aumento da densidade global do solo, da resistência à penetração de raízes e da microporosidade. Também houve formação de camada compactada subsuperficial, acompanhada de redução da macroporosidade, da porosidade total e da infiltração de água no solo.

Nas figuras a seguir, podem ser observados os efeitos do preparo do solo com arado de disco tracionado por trator morro abaixo (Fig.2) e arado de aiveca com tração animal em nível (Fig.3). Observa-se, na figura 3, maior densidade e

aprofundamento das raízes. Além disso, os dados de penetrômetro indicam adensamento do perfil do solo, que pode ser constatado na figura 2, pelo aspecto maciço e pela linha de pé de arado.

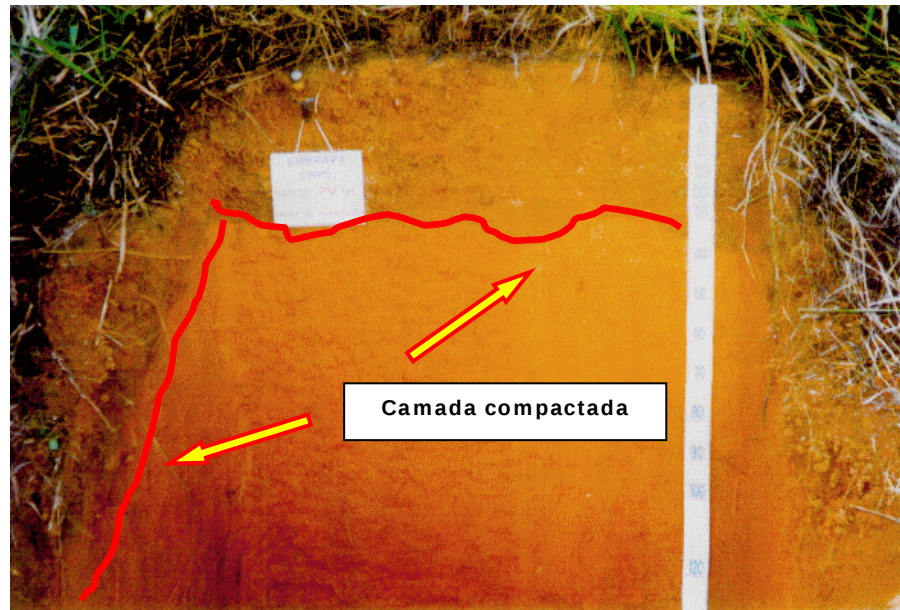


Figura 2 - Aspecto visual do perfil de solo preparado com arado de disco tracionado por trator, sentido morro abaixo (Paty do Alferes-RJ, 1995).



Figura 3 - Aspecto visual do perfil de solo preparado com arado de aiveca com tração animal (Paty do Alferes-RJ, 1995).

Wünsche e Denardin (1980) compararam dois manejos da palhada com preparo convencional nas culturas de soja e trigo em Passo Fundo-RS, observando que a perda de solo quando houve a incorporação da palhada foi de somente 30% em relação à perda verificada quando foi feito o manejo com queima dos restos culturais (Tabela 1).

Tabela 1 - Perda média de solo por erosão em dois anos agrícolas, sob chuva natural, nas culturas de trigo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro.

Tratamento	Perda de solo (t/ha)
Preparo convencional (1 aração + 2 gradagens) com queima de palhada	12,8
Preparo convencional (1 aração + 2 gradagens) com incorporação da palhada	3,7

Esses resultados foram atribuídos à incorporação da palhada ao contrário da queima, aumentando a quantidade de matéria orgânica no solo, com reflexos positivos na melhoria da estrutura, o que proporcionou o aumento da infiltração de água no solo.

A queima dos restos vegetais deve ser feita apenas por medidas fitossanitárias, quando, então, os restos deverão ser amontoados e enleirados para a queima.

6. Manejo e conservação dos recursos naturais

Planejamento conservacionista

O planejamento conservacionista é essencial para se obterem melhores rendimentos na exploração das culturas, visando obter o máximo rendimento da terra por unidade de área plantada, proporcionando o desenvolvimento socioeconômico do produtor rural e sua família, assim como a conservação dos recursos naturais da propriedade agrícola (Fig.4). A caracterização ambiental e o planejamento de uso das terras da propriedade devem ser feitos por técnicos atuantes na área agrícola.



Figura 4 - Visão panorâmica de uma propriedade no município de Lagoa Dourada-MG, com planejamento conservacionista. Terraços ao fundo associados com capineira protegendo o curral (nov./95).

É necessário ter em mente que a propriedade não é constituída somente por um tipo de solo e este não ocorre em apenas um tipo de relevo. Via de regra, a propriedade rural é dotada de terras planas, inclinadas, grotas, brejos etc. Por isso, a distribuição dos cultivos na propriedade é o ponto chave no planejamento conservacionista. Em consonância com a adequada distribuição dos cultivos, devem-se associar outras técnicas vegetativas e mecânicas, pois o planejamento conservacionista não é composto de técnicas isoladas, mas sim integradas.

Embora possa parecer que as terras possuam características pedológicas semelhantes, é certo que essas características podem variar de área para área, dentro da mesma propriedade. Nesse caso, é necessário identificar essas diferentes áreas. O planejamento determinará as áreas mais apropriadas para o plantio de culturas anuais, perenes, pastagem e reflorestamento, entre outras e determinará as medidas de controle à erosão a serem adotadas. Cada tipo de solo tem sua aptidão (RAMALHO; BEEK, 1994), isto é, os solos devem ser usados com culturas mais adequadas a sua capacidade de uso.

A caracterização ambiental consiste, essencialmente, em:

- reconhecimento e levantamento topográfico da área a ser explorada;
- levantamento e anotações das informações básicas a respeito das características principais dos solos e hidrologia;
- reconhecimento das características da flora para preservá-la em locais a serem estudados em função dos levantamentos anteriores;
- mapeamento da área.

As principais características dos solos que devem ser levantadas são: profundidade efetiva, textura, permeabilidade, reação do solo (alcalinidade ou acidez), teor de matéria orgânica, inclinação, grau de erosão e uso atual.

Métodos de controle da erosão

Os dois fatores que concorrem diretamente para a erosão do solo são a declividade do terreno e o volume e intensidade da precipitação. Os diversos métodos de conservação do solo visam reduzir/evitar a ação da água da chuva sobre o terreno.

Nivelamento, cálculo da declividade e determinação das curvas de nível

O nivelamento de uma vertente é imprescindível em trabalhos de conservação do solo, pois, através dele, podem-se determinar as diferenças de altitude entre dois ou mais pontos consecutivos, o que permitirá o cálculo da inclinação ou pendente (declividade) do terreno. Determina-se a pendente através de métodos expeditos ou por processos de precisão.

Os nivelamentos expeditos podem ser feitos com régua e nível de pedreiro; esquadros e nível de mangueira.

Os nivelamentos de precisão podem ser feitos com clinômetro, teodolito, nível de precisão, nivelamento composto e interpretação aerofotogramétrica.

Nivelamento utilizando régua e nível de pedreiro: é o tipo de nivelamento mais rudimentar. Deve-se construir uma régua de madeira aparelhada, medindo 4,00m de comprimento por 0,08m de largura e 0,03m de espessura. No meio da

régua, instala-se um nível de pedreiro. No campo, coloca-se a régua em nível no sentido do alinhamento do declive, procedendo à leitura da altura (h) com uma trena metálica de bolso. Essa altura vai da base da régua até a superfície do solo (Fig.5). Anotam-se todas as leituras no campo para depois, no escritório, serem feitos os cálculos necessários.

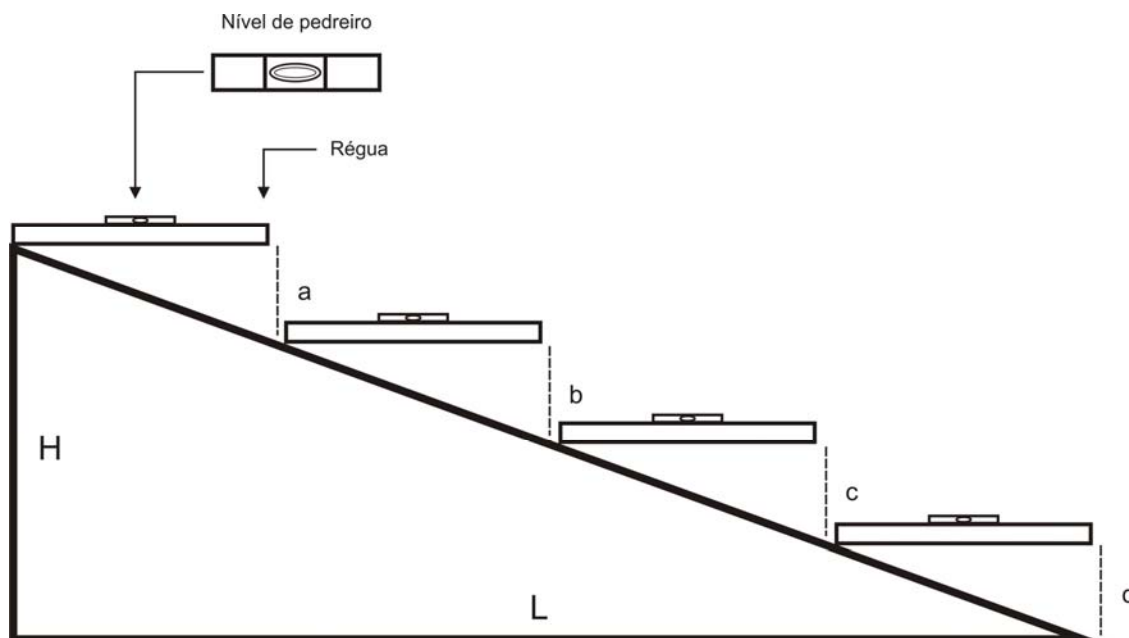


Figura 5 - Determinação da declividade com nível régua.

Fonte: Seixas (1984)

Vê-se na figura 5:

DH = distância horizontal = AB

DV = distância vertical = A'A = E (ab+cd+ef+gh+...+xy)

E = Somatório

I = Inclinação (%)

Logo, se para uma distância horizontal (DH) existe uma diferença de nível (DV), para uma distância horizontal de 100, será obtido o desnível I.

$$\frac{EDH}{EDV} \Rightarrow \frac{100}{I}$$

$$I = \frac{EDV * 100}{EDH} \%$$

Exemplo: DH = 180,00m
DV = 45,00m

$$I = \frac{45 \cdot 100}{180} = 25\%$$

Outro modo de operação consiste em se colocar a ripa horizontalmente, com uma das pontas apoiada sobre o terreno e o restante na direção da linha de maior declive. Levanta-se a outra ponta até que o nível de bolha, colocado no centro da ripa, acuse que a mesma está em nível; dispõe-se a régua graduada na posição vertical e mede-se a distância que vai do terreno até a ripa. Anota-se essa leitura e marca-se esse ponto do terreno. Desloca-se a ripa até que uma das pontas fique novamente na posição horizontal e efetua-se nova leitura da régua. Se a ripa é de 4m de comprimento, realizam-se cinco leituras de diferença

de altura (vertical) para atingir os 20m. Somando-se estas leituras e multiplicando por cinco, obtém-se a porcentagem da declividade.

Exemplo: Usando-se uma ripa de 4m, são efetuadas as seguintes leituras de diferença de altura: 25, 23, 28, 24 e 16cm. Logo, a soma será de 116cm. Essa é a diferença obtida para uma distância de 20 metros. Logo, fazendo uma regra de três, tem-se que, para uma distância de 100 metros, serão obtidos 5,80 metros. Portanto, a declividade desse terreno será de 5,8% que, na prática, serão aproximados para 6%.

$$\begin{array}{l} 116 \text{ cm} \text{ ----- } 2.000 \text{ cm, assim como} \\ X \text{ ----- } 100 \text{ m} \\ X = 5,80 \% \end{array}$$

Nivelamento com esquadros: os esquadros são equipamentos bastante simples e de fácil construção que, na forma triangular, retangular ou trapezoidal, funcionam com o auxílio de um fio de prumo, no primeiro caso, e com o auxílio de um nível pedreiro nos dois últimos (Fig.6, 7 e 8) (SEIXAS, 1984).

Procede-se ao nivelamento de modo semelhante ao da régua, tomando-se as ordenadas verticais com o auxílio de trena de bolso ou régua graduada. As distâncias ou ordenadas verticais se referem ao comprimento do pé do trapézio, que fica suspenso quando o mesmo está em nível e à superfície do terreno. As distâncias horizontais parciais são dadas pelas medidas entre os pés do esquadro (Fig.9 e 10).

$$\begin{array}{l} \sum DV = (ab+cd+ef+\dots+xy). \\ \sum DH = N \times \text{distância entre os pés do esquadro.} \end{array}$$

onde:

$$\begin{array}{l} \sum DV = \text{somatório da diferença vertical;} \\ \sum DH = \text{somatório da diferença horizontal;} \\ N = \text{número de leituras.} \end{array}$$

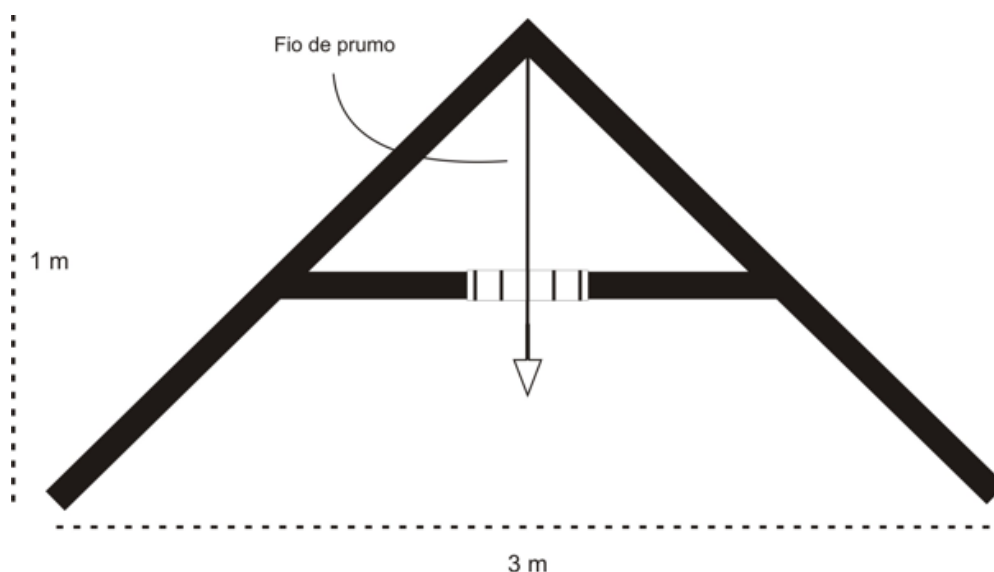


Figura 6 - Triângulo

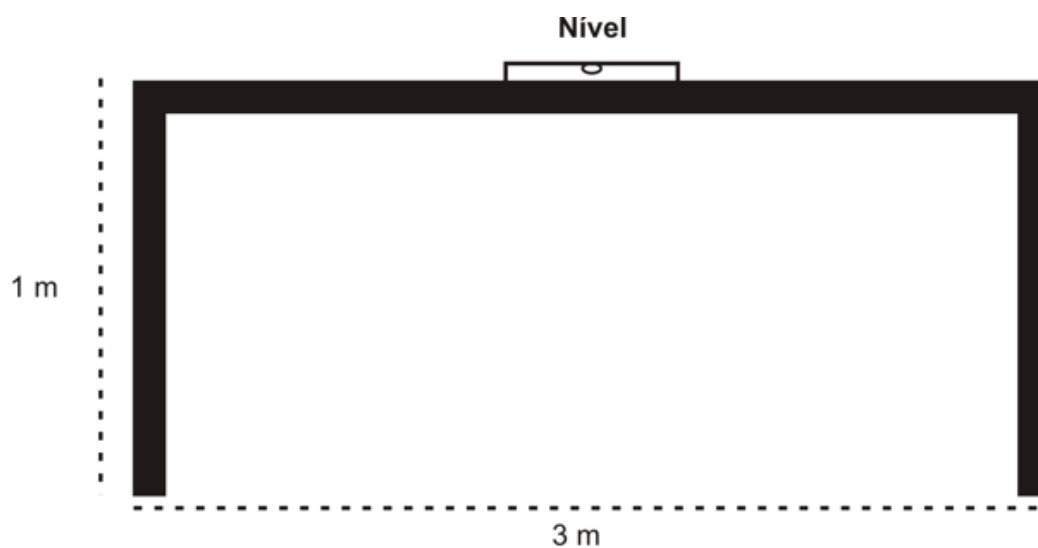


Figura 7 - Esquadro

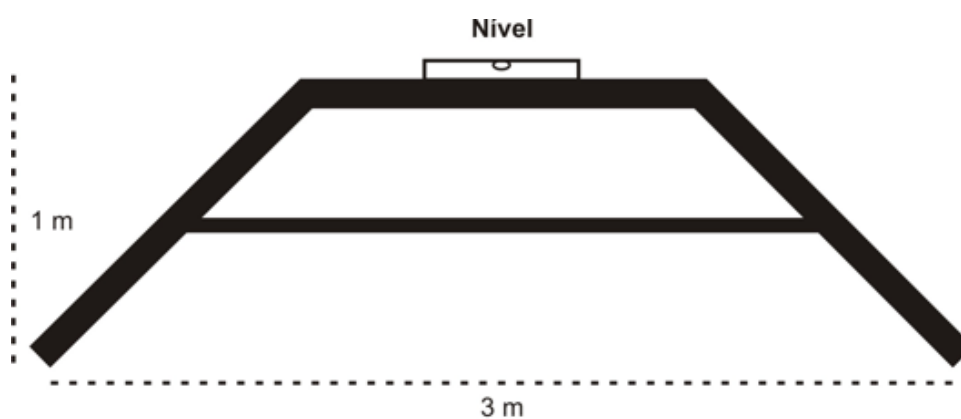


Figura 8 - Trapézio

Figuras 6, 7 e 8 - Instrumentos expeditos para cálculo de nivelamento, declividade e marcação de curvas de nível.

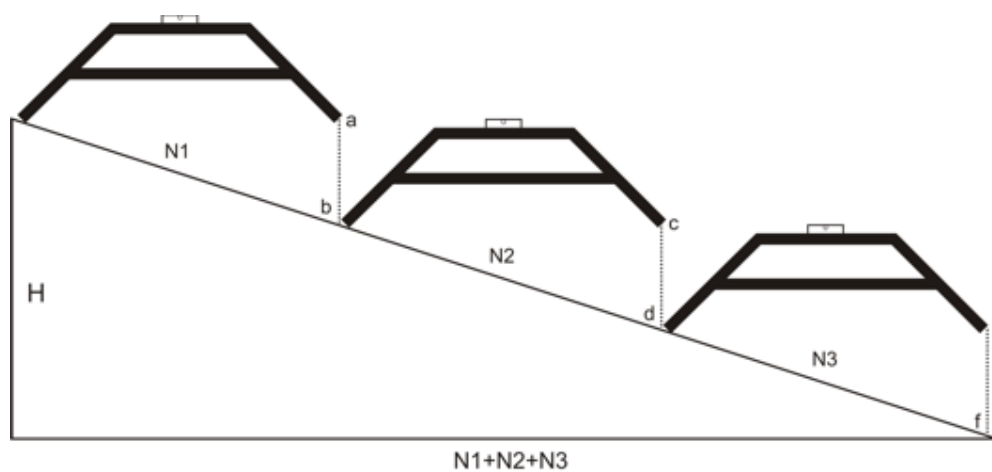


Figura 9 - Determinação de declividade com trapézio
Fonte: Seixas (1984)

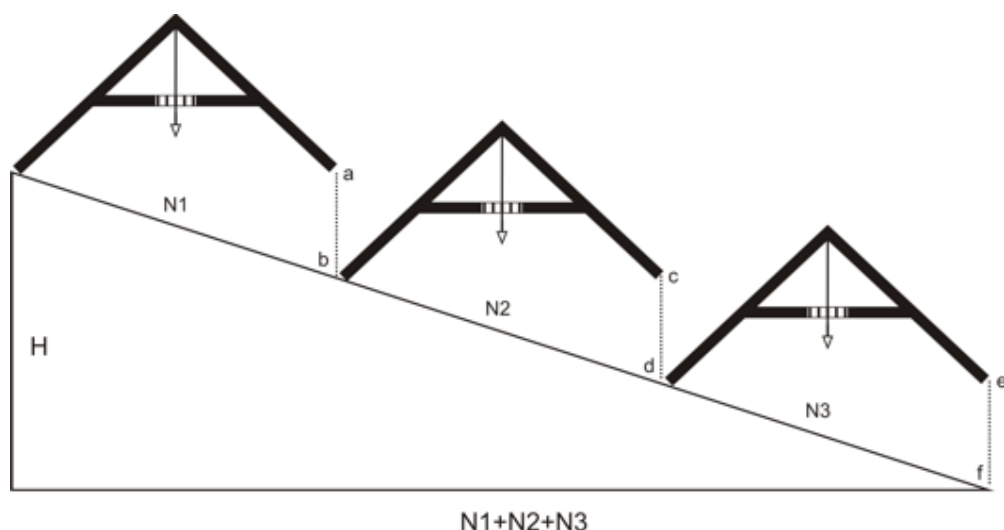


Figura 10 - Determinação da declividade com triângulo
Fonte: Seixas (1984)

Em função da diferença de nível obtida, calcula-se a inclinação pelo mesmo processo descrito para a régua.

Nivelamento com nível de mangueira: o nível de mangueira pode ser formado por duas réguas de madeira com 2,00m de altura por 0,015m de espessura e 0,07m de largura. As réguas são graduadas em centímetros e providas de um pé retangular para apoio no solo. As duas réguas são conectadas a uma mangueira plástica, transparente, com 1/2" de diâmetro e cujo comprimento pode variar de 10 a 20 metros. As extremidades da mangueira coincidem com a graduação superior de cada régua e a parte da mangueira que coincide com cada uma das réguas vai nela fixada. Enche a mangueira com água, tendo-se o cuidado de extrair as bolhas de ar. O método baseia-se no princípio dos vasos comunicantes.

Obtém-se a diferença de nível, para o cálculo da declividade, esticando-se a mangueira horizontalmente no sentido da inclinação, sendo que a diferença de nível relacionada com a distância horizontal parcial (que é o comprimento da mangueira) é determinada pela expressão: $DN = 100 \cdot h / L$, onde: DN = diferença de nível; L = comprimento da mangueira e h = altura.

Nivelamento com clinômetro: sabendo-se a distância horizontal DH entre dois pontos quaisquer, A e B, por exemplo, e com o auxílio de um clinômetro, mede-se o ângulo de inclinação entre o ponto A de visada (onde o aparelho encontra-se localizado) e o ponto B, estando este na mesma altura de referência. Se o aparelho estiver a 1,70m de altura (altura dos olhos do observador), o ponto visado deverá ter obrigatoriamente a mesma altura.

Nivelamento com nível de precisão: através desse método é possível o estudo do perfil topográfico. O nível é instalado em uma ponta da linha a ser nivelada ou fora dela. Dessa posição, são lidas as cotas de todas as estacas possíveis, acima e abaixo do local onde está instalado o aparelho. A diferença de nível entre os pontos será obtida pela soma algébrica das diferenças parciais de nível (Fig.11 e 12).

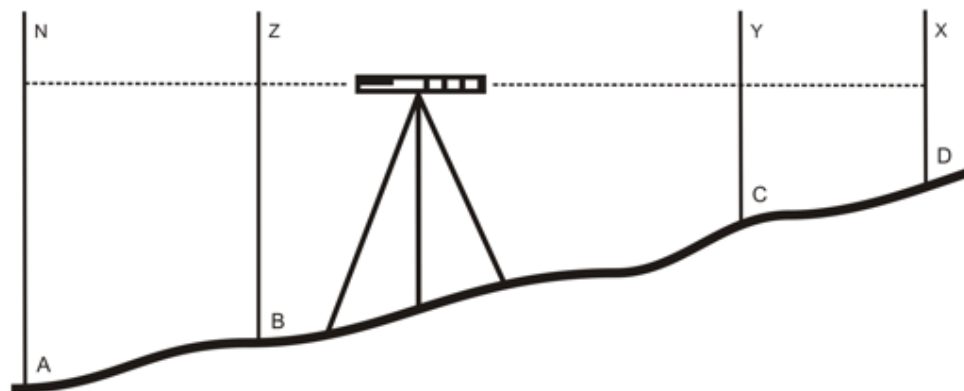


Figura 11 - Nivelamento simples com nível óptico
Fonte: Seixas (1984)

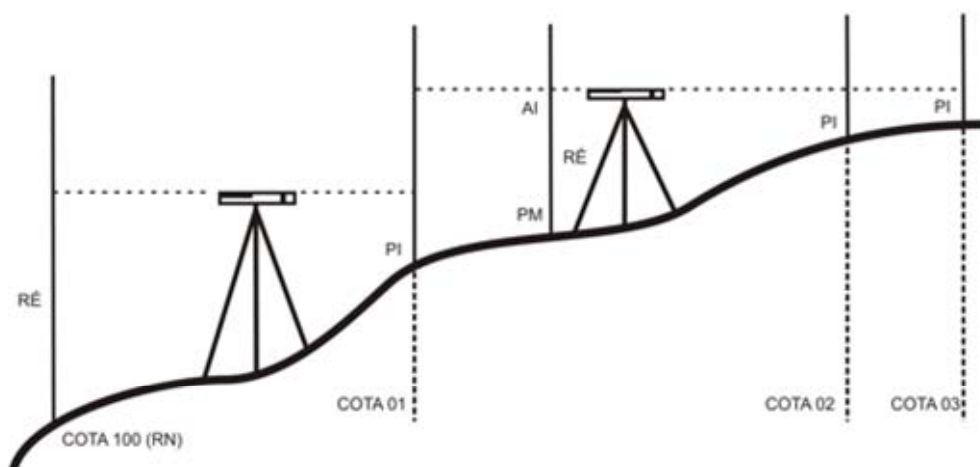


Figura 12 - Nivelamento composto com nível óptico
Fonte: Seixas (1984)

À medida que se procede ao nivelamento, preenche-se uma caderneta de campo, como no exemplo a seguir:

Estaca	Leitura	
	Positiva	Negativa
0		
1	0,85	
2	1,52	
3		0,40
4		0,90
DN – diferença de nível		
DN = 0,85 + 1,52 - (0,40 + 0,90) * DN = 2,37 - 1,30 * DN = 1.07		

Nivelamento composto: aplica-se esse processo quando o desnível é superior à altura da mira (4,00m), porque vai ser necessária a mudança do aparelho em uma sequência de nivelamentos simples. Para tanto, deve-se ter em mente os seguintes conceitos:

- altura do aparelho: (I) refere-se à altura do fio médio da luneta com relação ao plano de referência, estando o aparelho nivelado.
- referência de nível: (RN) pode ser uma cota arbitrária, atribuindo-se a ela um valor elevado (100 ou 1.000m), de tal sorte que no decorrer da operação não existam cotas negativas. Quando o plano de referência é o nível do mar, a referência de nível é o zero.
- visada à ré: ao se começar o nivelamento, o nível de precisão é instalado em um determinado pontol, sobre ou ao lado da linha a ser nivelada. Por convenção, a visada feita sobre a primeira estação chama-se visada à ré.
- visada à vante: as leituras da mira, feitas a partir da 1ª visada, são chamadas de visadas à vante, de tal sorte que, para cada trecho de uma estação, tem-se um a visada à ré e uma ou mais visadas à vante. Elas podem ser denominadas de Pontos Intermediários (PI) e Pontos de Mudança (PM). Os pontos intermediários são determinados pelas visadas de vante, até a penúltima estaca a ser vista de uma estação com o nível. A última estaca possível de ser focalizada antes de se mudar o aparelho chama-se ponto de mudança.

No andamento do serviço, preenche-se a seguinte caderneta de campo:

Estacas	Ré	Ai	PI	PM	Cotas
0	2,50	102,50	-	-	100,00
1	-	-	1,00	-	101,50
2	3,00	105,00	-	0,50	102,00
3	-	-	0,80	-	104,20
4	-	-	2,70	-	102,30
5	-	-	-	3,10	101,90

As cotas adicionadas às visadas à ré dão a altura do aparelho. Os pontos intermediários e os pontos de mudança do aparelho fornecem as cotas.

Locação das curvas de nível

As curvas de nível podem ser locadas em campo por meio de instrumental rudimentar ou com aparelhos de precisão. Os processos mais utilizados são: locação com esquadros; locação com nível de mangueira; locação com nível de precisão; e locação com teodolito.

Locação com esquadros: o trabalho inicia calculando-se a declividade do terreno por um dos métodos citados anteriormente. Uma vez determinada a inclinação, calcula-se o espaçamento das niveladas ou linhas mestras com o auxílio de tabela própria, seja para a locação de estruturas mecânicas ou vegetativas. A demarcação deve ser iniciada a partir da parte mais elevada da vertente, consistindo na alternância de posições do trapézio ou do triângulo, no sentido transversal à linha de declive. Os pontos da mesma cota são obtidos pela centralização da bolha no nível de pedreiro ou pela verticalidade dada pelo fio de prumo, verificada pela referência a um indicador no meio exato do travessão do esquadro triangular. Nos pontos nivelados, colocam-se piquetes (Fig. 13 e 14) (SEIXAS, 1984).

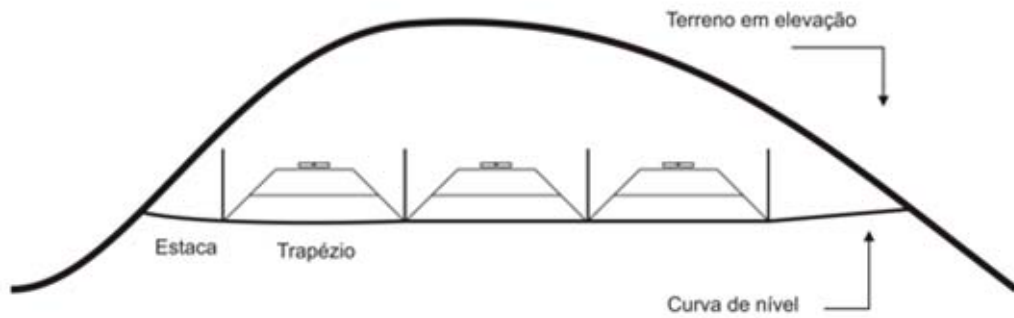


Figura 13 - Locação das curvas de nível com trapézio

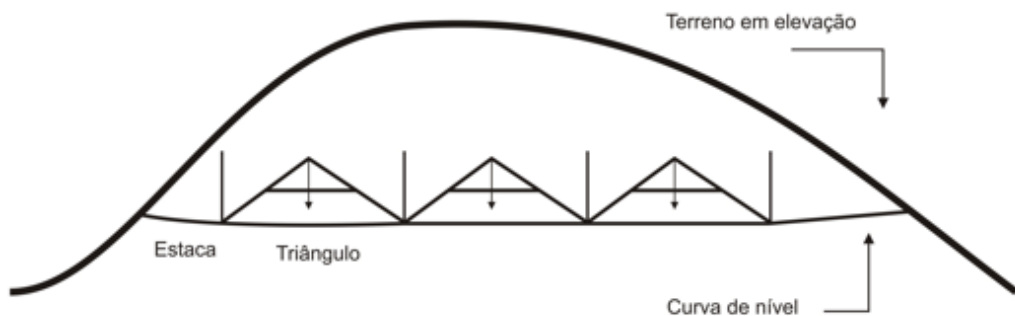


Figura 14 - Locação das curvas de nível com triângulo.

Locação com nível de mangueira: o processo consiste em se alternar as réguas graduadas, com a mangueira esticada, procurando os pontos da mesma altitude que são dados pela coincidência dos níveis de água em cada uma das réguas graduadas, colocando-se varas para a orientação dos trabalhos mecanizados (Fig.15).

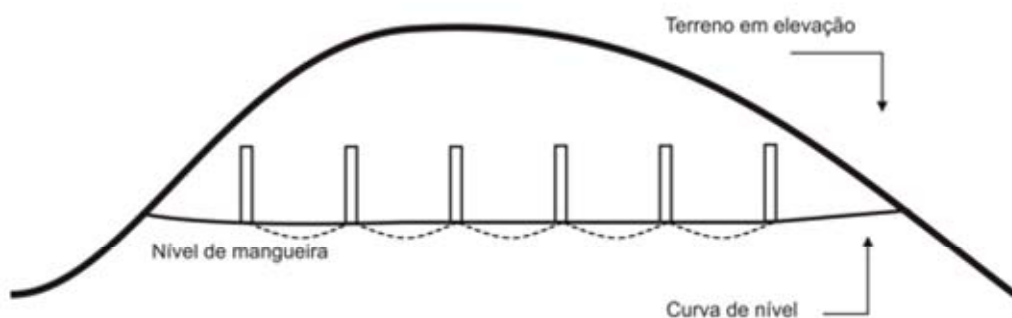


Figura 15 - Locação das curvas de nível com nível de mangueira.
Fonte: Seixas (1984)

Locação com nível de precisão ou teodolito: é o processo que fornece maior precisão. Calculada a declividade por meio de nivelamento simples ou composto, tomada das distâncias horizontais, e obtido o espaçamento entre as niveladas, o trabalho tem início a partir da parte superior da vertente. Instala-se o aparelho no ponto inicial da linha de nível a ser locada, podendo-se instalá-la acima ou abaixo desse ponto, segundo a conveniência. Visando-se uma baliza, coloca-se uma referência na altura correspondente à visada, efetuada com o fio médio da luneta. Para a marcação dos pontos subsequentes, o balizeiro caminha de 20 a 30 metros, sempre no sentido perpendicular ao declive, até que o fio médio da luneta do aparelho coincida com a marca feita na baliza (Fig.16).

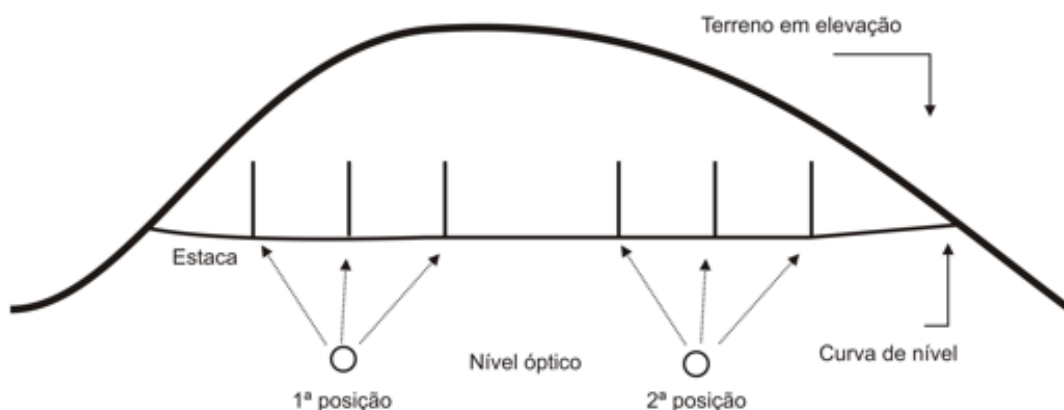


Figura 16 - Locação das curvas de nível com nível óptico.
Fonte: Seixas (1984)

Dessa forma, marcam-se com piquetes quantos pontos sejam alcançados pela luneta, sendo que no último ponto o aparelho será transferido e reinstalado, podendo a baliza receber nova marca de referência ou continuar com a mesma.

Locação de curvas com gradiente (curvas em desnível): curvas com gradientes têm as características de apresentarem declividades uniformes ou variáveis, de acordo com a sua finalidade. O seu gradiente ou pendente é variável, podendo ser de 1º/oo (um por mil) a até 5º/oo (cinco por mil). Tendo-se a direção predeterminada, basta encontrar diretamente no campo os desníveis requeridos, utilizando-se de nível de precisão, com mira.

Exemplo: Locar uma curva em desnível com 0,5% (5º/oo) para se construir um canal em contorno, sendo o estaqueamento de 20 em 20 metros.

$$\begin{aligned} DN &= DH \cdot d \\ DN &= 20 \cdot 0,005 \\ DN &= 0,01 \text{ metro} \end{aligned}$$

Onde:

DN = diferença de nível
 DH = distância horizontal
 d = desnível desejado

- Procedimento em campo: a partir do ponto A, com determinada leitura da mira, marcam-se 20 metros e procura-se um ponto sobre este raio que proporcione uma visada de 0,01m (ou 1cm) maior, uma vez que o terreno está em declive. De 20 em 20m, como no caso de exemplo, vão sendo feitas visadas sempre cumulativas, ou seja: a 2ª visada com 2cm, a 3ª com 3cm e assim por diante, até que se atinja o ponto final. Quando uma leitura não puder ser feita por ultrapassar a altura da mira, muda-se o aparelho para outra estação, recomeçando-se o trabalho do último ponto lido.

Um processo expedito consiste no uso do esquadro retangular ou trapezoidal, com um dos pés ajustáveis. Por exemplo: com distância de 3 metros entre os pés e desejando-se locar uma linha com 3º/oo de declive, basta abaixar no pé ajustável uma distância de 0,009m (0,9 cm). Com esse desnível, a bolha terá de estar nivelada.

Terraceamento

Para se controlar o escoamento superficial, nem sempre são suficientes as técnicas de aumento da cobertura vegetal e da infiltração, principalmente quando ocorrem chuvas de grande intensidade, havendo necessidade de procedimentos para reduzir a velocidade e a capacidade de transporte através de barreiras mecânicas e, às vezes, até obras de engenharia, como terraços, canais escoadouros ou divergentes, bacias de captação de águas pluviais, barragens etc. (BERTOLINI; LOMBARDI NETO, 1994).

Terraceamento é um dos métodos de conservação do solo mais antigos e, também, dos mais utilizados, que visa reduzir a velocidade da água das chuvas erosivas que escorrem sobre o terreno. É um método mecânico, que visa formar obstáculos físicos e parcelar o comprimento de rampa, possibilitando, assim, a redução da velocidade e subdividindo o volume do deflúvio superficial, aumentando a infiltração da água no solo. Os terraços visam, também, disciplinar o escoamento das águas até um leito estável de drenagem natural ou artificial.

As figuras 17 e 18 mostram o detalhe de um terraço e o uso de um conjunto de terraços projetados e construídos, segundo as condições locais, para controlar a erosão de determinada área.

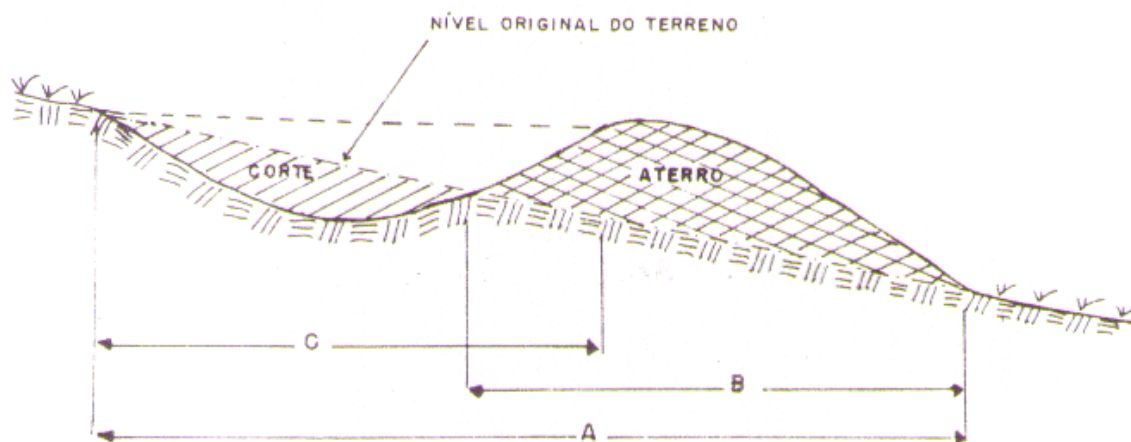


Figura 17 - Representação esquemática de um terraço em perfil, mostrando: A - faixa de movimentação de terra, B - Camalhão ou dique e C - o canal.

Fonte: Lombardi Neto et al. (1994).

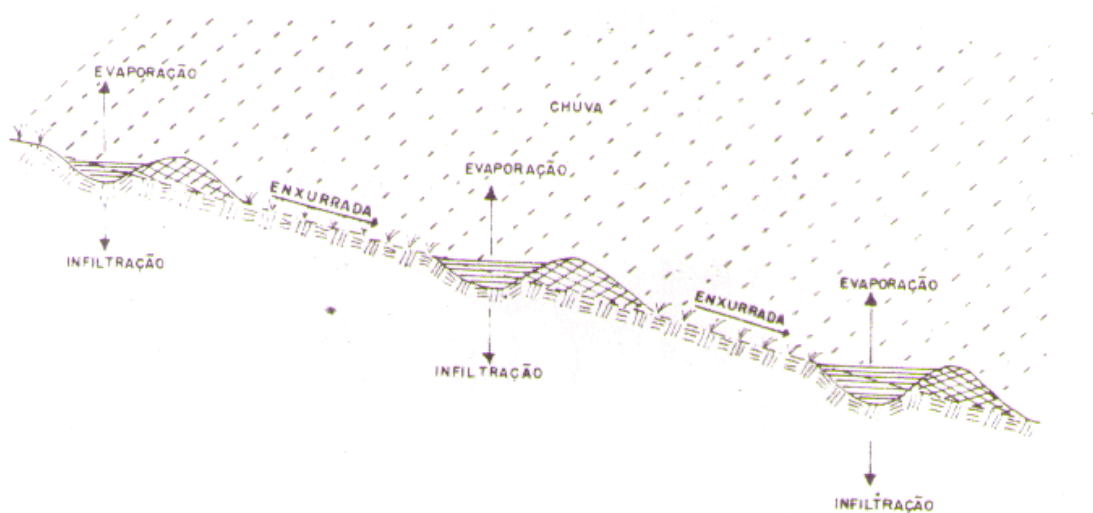


Figura 18 - Representação esquemática de um terraceamento mostrando a retenção das águas da enxurrada e o parcelamento do declive.

Fonte: Lombardi Neto et al. (1994).

Devido ao custo relativamente alto de construção e manutenção do sistema de terraceamento, deve-se fazer estudo criterioso das condições locais de clima, solo, sistema de cultivo, culturas a serem implantadas, declividade do terreno e equipamentos disponíveis, para que se tenha segurança e eficiência no controle da erosão.

O terraceamento é indicado para terrenos com declividade entre 6 e 12%, porém pode ser usado, com sucesso, em declives maiores, como também pode ser necessária a sua indicação em encostas menos íngremes, dependendo da intensidade das chuvas e da suscetibilidade do solo à erosão.

É importante ressaltar que essa prática deve, obrigatoriamente, estar associada a outras práticas conservacionistas, como plantio em curva de nível, plantio em faixas de retenção, rotação de culturas, cordões vegetados, alternância de capinas, manutenção da cobertura morta etc. (Fig.19).



Figura 19 - Associação de práticas conservacionistas em Lagoa Dourada-MG. Terraços com gradiente e plantio de milho em curvas de nível (abril/96).

De acordo com a topografia da região, recomenda-se que os terraços sigam os seguintes padrões:

- até 12%, é indicado o uso do terraço de base larga, mesmo em área que, futuramente, seja transformada em pastagens, construído com lâmina terraceadora.
- de 12 a 15%, é indicado o uso do terraço do tipo base estreita, construído com o arado terraceador de discos ou com lâmina terraceadora.
- acima de 15%, recomenda-se o uso de terraços com faixa viva.

Espaçamento entre terraços: em função das características de solo, topografia, condições climáticas, cultura a ser implantada, sistema de cultivo e disponibilidade de maquinário, define-se o tipo de terraço que melhor atenderá a cada gleba, buscando-se eficiente controle da erosão, sem causar transtornos ao agricultor durante as operações agrícolas.

As características físicas do solo, a declividade e a intensidade da precipitação determinam se o terraço será de infiltração (em nível) ou com gradiente (em desnível).

A declividade do terreno é fator determinante na largura da faixa de movimentação de terra (terraço de base estreita, média ou larga) e na definição se o terraço será do tipo comum ou patamar (acima de 18% de declividade, recomenda-se a construção de terraço do tipo patamar).

A quantidade, intensidade e distribuição das chuvas são fatores fundamentais no volume do deflúvio superficial, que por sua vez deve ser levado em consideração no dimensionamento da capacidade de retenção e condução de água, assim como no espaçamento entre terraços.

As culturas e o sistema de cultivo se relacionam diretamente com a intensidade de mecanização, que orientará na escolha do terraço de base estreita, média ou larga.

As máquinas e implementos disponíveis, assim como a situação financeira do agricultor, condicionam o tipo de terraço em função da maior ou menor capacidade de movimentação de terra.

É importante que o terraço seja construído com capacidade e segurança para reter o excedente das águas pluviais, para posteriormente ela se infiltrar ou na condução disciplinada das águas do deflúvio superficial, independente da sua forma. Os terraços devem receber manutenção periódica, como a limpeza do canal e do camalhão.

Para que o sistema de terraceamento funcione com plena eficiência, é necessário o correto dimensionamento, tanto no que diz respeito ao espaçamento entre terraços, como em relação a sua seção transversal. O espaçamento entre terraços é calculado em função da capacidade de infiltração de água pelos solos, da resistência que o solo oferece à erosão, do uso e manejo do solo, enquanto a seção transversal deve ser dimensionada em função do volume de água possível de ser escoada pela superfície do terreno situada imediatamente acima do terraço. Das águas pluviais que caem na superfície do solo, parte se infiltra e o excedente escoar pela superfície, sendo recolhida pelo terraço. Se em nível, este deverá reter todo o volume de água escoada para posterior infiltração. Quando em desnível, deverá dar vazão ao escoamento superficial de forma disciplinada, sem causar erosão em seu interior (Fig.20).



Figura 20 - Detalhe de terraço com gradiente construído com arado de disco - Prados-MG (out/95).

Mesmo o terraço sendo a prática conservacionista mais difundida entre os produtores, ainda existe muita erosão nas áreas terraceadas, sendo as seguintes as principais causas diagnosticadas:

- Utilização do terraço como prática conservacionista isolada, o que diminui a sua eficiência.
- Dimensionamento do espaçamento entre terraços utilizando tabelas empíricas ou adaptadas de outros países, com número pequeno e insuficiente de informações que não levam em conta as classes de solos identificadas em levantamentos pedológicos mais recentes.
- Maioria dos terraços construídos em nível sem considerar o tipo de solo. Dessa forma, nos solos menos permeáveis, principalmente aqueles com horizonte B textural ou que sejam rasos (profundidade menor do que 50cm), ocorrem fracassos, pois o fundo do canal do terraço pode vir a se localizar no horizonte B, que se caracteriza por ter baixa taxa de infiltração, ou no próprio substrato rochoso. Como consequência, a água acumula-se no canal até transbordar, quando rompe o camalhão do terraço que é construído predominantemente com material mais arenoso do horizonte A.
- Nos solos com horizonte B latossólico, principalmente o Latossolo Roxo, o uso intensivo e inadequado de máquinas e implementos pesados tem ocasionado a formação de camada compactada e pouco permeável, à profundidade de 10 a 20cm. Essa camada diminui a infiltração da água da chuva, aumenta o volume da enxurrada e contribui para o rompimento dos terraços devido ao transbordamento de água sobre os camalhões.
- As tabelas em uso não fazem distinção entre tipos de uso da terra, além de culturas anuais ou permanentes, embora as pesquisas tenham mostrado que diferentes culturas anuais e permanentes oferecem diferentes proteções ao solo no processo de erosão.
- As tabelas em uso também não levam em consideração o sistema de preparo do solo e o manejo dos restos culturais. Dados recentes de pesquisas comprovam que diferentes sistemas de preparo do solo e manejos de restos culturais possibilitam perdas de solo e água diferenciadas.

- Frequentemente, o terraço é construído com seção transversal menor que o necessário (ao redor de 0,60cm² a 0,70cm²), fazendo com que, em solos permeáveis, não tenham capacidade suficiente para reter toda a água das chuvas.

Novas tabelas para o cálculo do espaçamento dos terraços foram desenvolvidas em função do efetivo controle da erosão, representando avanço por estarem apoiadas em dados de pesquisas sobre perdas por erosão de solo e água. As novas tabelas consideram a cobertura vegetal proporcionada pela época de ocorrência das chuvas (início ou fim do cultivo), os sistemas de preparo do solo e o manejo de restos culturais, além da erodibilidade de classes de solos identificadas em levantamentos pedológicos recentes (BERTOLINI, et al., 1994).

Cálculo do espaçamento entre terraços: a equação usada para determinar o espaçamento vertical entre terraços é:

$$EV = 0,4518 * K * D^{0,58} * \left(\frac{u + m}{2} \right)$$

Onde:

EV = espaçamento vertical entre terraços, em metros;

D = declive do terreno, em porcentagem;

K = índice variável para cada tipo de solo;

u = fator de uso do solo;

m = fator de manejo do solo (preparo do solo e manejo dos restos culturais).

Para a organização da tabela de espaçamento de terraços utilizando a equação apresentada, foram adotados critérios referentes ao solo, uso da terra, preparo do solo e manejo dos restos culturais e declividade, que serão detalhados a seguir.

Solos

Estabeleceram-se quatro grupos de solos, de acordo com qualidades e características (Quadro 1), com respectivos índices a serem utilizados na fórmula para a determinação do espaçamento entre terraços.

Quadro 1 - Agrupamento de solos segundo suas qualidades, características e resistência à erosão e seus respectivos índices.

Grupo de resistência à erosão	Principais Características					
	Profundidade	Permeabilidade	Textura	Razão Textural*	Grandes Grupos de Solos	Índice k
A alto	muito profundo (>2,0m) ou profundo (1 a 2m)	rápida/rápida moderada/rápida	média/média m. arg. /m. arg. argilosa/arg	< 1,2	LR, LE, LV, LH, LVr, LVt, Lea e LVa	1,25
B moderado	profundo	rápida/rápida rápida/moderada	arenosa/média arenosa/argilosa média/argilosa argil./m. argilosa	1,2 a 1,5	PLn, TE, PVIs, R, RPV, RLV, Lea*** e LVa***	1,10
C baixo	profundo moderadamente profundo	lenta/rápida lenta/moderada rápida/moderada	arenosa/média** média/argilosa** arenosa/argilosa arenosa/m. arg.	>1,5	Pml, PVp, PVIs, PC e M.	0,90
D muito baixo	moderadamente profundo	Rápida/moderada ou lenta/lenta	muito variável	muito variável	Li-b, Li-ag, gr, Li-fi, Li-ac, e PVp (rasos)	0,75

*Média da porcentagem de argila do horizonte B (excluindo B₃) sobre a média da porcentagem de argila de todo horizonte. ** Somente com mudança textural abrupta entre os horizontes A e B. *** Somente aqueles com horizonte A arenoso.

Uso da terra

Resultados de pesquisas têm mostrado que as diferentes culturas anuais apresentam efeitos diversos nas perdas de solo e água por erosão. Isso demonstra que cada cultura, devido à densidade de cobertura vegetal e do sistema radicular, influi diretamente no processo erosivo.

Com base nos dados de pesquisa relativos à intensidade de perdas de solo e água, as principais culturas foram reunidas em sete grupos, recebendo cada grupo um índice a ser utilizado como fator de uso da terra na equação (Quadro 2).

Quadro 2 - Grupo de culturas e seus respectivos índices.

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, abóbora, 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, como o abacaxi	1,25
5	banana, café, citros e frutíferas permanentes banana, café, citros e frutíferas permanentes	1,50
6	pastagens e/ou capineiras	1,75
7	reflorestamento, cacau e seringueira	2,00

Outras culturas, não citadas no Quadro 2, deverão ser enquadradas nos grupos em função da semelhança da intensidade de cobertura vegetal do sistema radicular.

Preparo do solo e manejo dos restos culturais

A tabela antiga utilizada para determinação do espaçamento entre terraços não considerava o sistema de preparo do solo e o manejo dos restos culturais, sendo, conforme já ressaltado, uma das principais causas do insucesso na utilização do terraceamento.

Os diferentes tipos de manejo de restos culturais e os equipamentos mais comuns usados na agricultura foram reunidos em cinco grupos, recebendo, cada um, um índice que será utilizado como fator de uso do solo e manejo dos restos culturais na equação de espaçamento de terraços (Quadro 3).

Quadro 3 - Grupo de preparo do solo e manejo de restos culturais e seus índices.

Grupos	Preparo primário	Preparo secundário	Restos culturais	Índices
1	Grade aradora (ou pesada) ou enxada rotativa	Grade niveladora	Incorporados ou queimados	0,50
2	Arado de disco ou aiveca	Grade niveladora	Incorporados ou queimados	0,75
3	Grade leve	Grade niveladora	Parcialmente incorporados com ou sem rotação de culturas	1,00
4	Arado escarificador	Grade niveladora	Parcialmente incorporados com ou sem rotação de culturas	1,50
5	Inexistente	Plantio sem revolvimento do solo, roçadeira rolo-faca, herbicidas (plantio direto)	Superfície do terreno	2,00

Obs.: caso o tipo de preparo do solo e manejo dos restos culturais não tenha sido mencionado, procurar enquadrá-lo no grupo mais semelhante.

Declividade do Terreno

Para que os terraços sejam viáveis de implantação e permitam o trabalho eficiente das máquinas agrícolas, o espaçamento horizontal mínimo entre eles deve ser em torno de 12 metros. Espaçamentos menores tornam-se antieconômicos, pois dificultam a construção e a manutenção dos terraços, assim como os cultivos mecânicos.

Além da limitação mecânica na construção e manutenção dos terraços e cultivos, as declividades máximas em que se recomenda a adoção do terraceamento variam em função do tipo de solo (Quadro 4).

Quadro 4 - Limitações para uso do terreno em função da declividade nos diferentes grupos de solos.

Grupo de solo*	Declividade máxima (%)
A	16
B	14
C	12
D	12

* Ver Quadro 1.

Organização das tabelas para determinação do espaçamento entre terraços

A organização da tabela para determinar os espaçamentos vertical e horizontal foi feita com base na equação 1:

$$EV = 0,4518 * K * D^{0,58} * \left(\frac{u + m}{2}\right)$$

O espaçamento horizontal é dado pela equação 2:

$$EH = \frac{100 \cdot EV}{D}$$

Onde:

EH = espaçamento horizontal; EV = espaçamento vertical; D = Declividade (%)

Procedendo-se aos cálculos para as variáveis de solo e declividade do terreno das equações 1 e 2, construiu-se a Tabela 2 para valores de $(u + m)/2$ igual a 1,00 (tabela unitária).

Uso da tabela

A Tabela 2 permite estabelecer os espaçamentos vertical e horizontal entre os terraços rapidamente, dispensando o cálculo da equação 1, que leva em consideração o solo e a declividade, mantendo os fatores de uso e manejo constante iguais a 1,00.

Aplicando-se valores de uso e manejo (Quadros 3 e 4) na expressão $(u + m)/2$, obtém-se o índice que será multiplicado pelo valor da declividade encontrado na Tabela 2 para estabelecer o espaçamento entre os terraços de cada gleba, com uso e manejo predefinidos, em que o espaçamento é determinado em função do solo, declividade e uso da terra.

Tabela 2 - Espaçamento entre terraços para valores de $(u + m)/2$ igual a 1,00 (tabela unitária).

TERRAÇOS EM NÍVEL					TERRAÇOS EM DESNÍVEL				
Declive (%)	Solo A		Solo B		Solo C		Solo D		Declive (%)
	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV	
1	56,50	0,56	49,70	0,50	40,70	0,41	33,90	0,34	1
2	42,20	0,84	37,20	0,74	30,40	0,61	25,30	0,51	2
3	35,60	1,07	31,30	0,94	25,60	0,77	21,40	0,64	3
4	31,60	1,26	27,80	1,11	22,70	0,91	18,90	0,76	4
5	28,70	1,44	25,30	1,26	20,70	1,03	17,20	0,86	5
6	26,60	1,60	23,40	1,40	19,20	1,15	16,00	0,96	6
7	24,90	1,75	22,00	1,54	18,00	1,26	15,00	1,05	7
8	23,60	1,89	20,80	1,66	17,00	1,36	14,20	1,13	8
9	22,40	2,02	19,80	1,78	16,20	1,45	13,50	1,21	9
10	21,50	2,15	18,90	1,89	15,50	1,55	12,90	1,29	10
11	20,60	2,27	18,20	2,00	14,90	1,63	12,40	1,36	11
12	19,90	2,39	17,50	2,10	14,30	1,72	11,90	1,43	12
13	19,20	2,50	16,90	2,20					13
14	18,60	2,61	16,40	2,30					14
15	18,10	2,72							15
16	17,60	2,82							16

EH – Espaçamento horizontal

EV – Espaçamento vertical

Exemplo 1 - Deseja-se terracear uma gleba com solo Latossolo Vermelho-Escuro, fase arenosa ou, segundo mapas mais recentes, Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, 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, em que os restos da cultura anterior serão queimados.

Pelas características descritas, esse solo enquadra-se no grupo A (Quadro 1); a cultura do algodão tem como índice de uso 0,75 (Quadro 2) e o manejo descrito enquadra-se no grupo 2, com índice de 0,75 (Quadro 3).

Aplicando-se esses valores na expressão $(u + m)/2$, tem-se:

$$\frac{0,75 + 0,75}{2} = 0,75$$

A Tabela 2 para o solo do grupo A, com declividade de 7%, apresenta o valor EV = 1,75 e EH = 24,90; como o valor de uso e manejo é de 0,75, ter-se-á:

$$EV = 1,75 \times 0,75 = 1,31\text{m.}$$

$$EH = 24,90 \times 0,75 = 18,70\text{m.}$$

Para essas condições de uso e manejo, o espaçamento vertical entre terraços será de 1,31m e o espaçamento horizontal de 18,70m.

No mesmo caso, porém, se o agricultor adotar o preparo de solo com arado escarificador, grade leve e restos culturais parcialmente incorporados, tem-se:

$$\frac{u + m}{2} = \frac{0,75 + 1,50}{2} = 1,125$$

Nesse caso, o espaçamento vertical será:

$$EV = 1,75 \times 1,125 = 1,97\text{m.}$$

$$EH = 24,90 \times 1,125 = 28,15\text{m.}$$

Portanto, o espaçamento horizontal será de 28,15m.

Exemplo 2 - Deseja-se terracear uma gleba com solo Latossolo Roxo, com declividade média de 8%, a ser cultivada com soja no verão, sendo o preparo do solo feito com arado de disco, queimando-se os restos da cultura anterior; no inverno, com trigo, sendo o preparo do solo com grade pesada, incorporando os restos de cultura da soja.

O Quadro 2 apresenta os índices de uso para as culturas: soja = 1,00; trigo = 1,25

O valor dos índices de uso será:

$$\frac{(1,00 + 1,25)}{2} = \frac{2,25}{2} = 1,125$$

O Quadro 3 apresenta os valores de preparo e manejo de restos culturais.

- grade aradora, restos incorporados = 0,50
- arado de disco, restos queimados = 0,75

O valor do índice de manejo será:

$$\frac{(0,50 + 0,75)}{2} = \frac{1,25}{2} = 0,625$$

Os índices de uso e manejo para entrar na tabela serão:

$$\frac{(1,125 + 0,0625)}{2} = \frac{1,1875}{2} = 0,59375$$

O espaçamento entre terraços será:

$$EV = 1,89 \times 0,59375 = 1,122m.$$

No mesmo caso, porém, se o agricultor adotar para a soja o plantio direto e para o trigo o arado escarificador, o valor do índice de manejo será:

$$m = \frac{2,0 + 1,50}{2} = \frac{3,50}{2} = 1,750$$

O índice de uso e manejo para entrar na tabela será:

$$\frac{(1,125 + 1,750)}{2} = \frac{2,875}{2} = 1,438$$

O espaçamento vertical será de:

$$EV = 1,89 \times 1,438 = 2,72m.$$

É importante ressaltar que esse sistema para determinação do espaçamento dos terraços está basicamente assentado sobre resultados de pesquisas, que mostram que o preparo do solo, o manejo de restos culturais e as características físicas do solo dadas por levantamentos pedológicos recentes são da maior importância quando aliados à declividade e à textura da camada superficial do solo. Isoladamente, os dois últimos fatores, como eram usados nas tabelas anteriores, não transmitem o que está sendo realizado em termos de movimentação do solo.

Nota-se que o maior número de variáveis possível a ser aplicado no novo sistema torna-o mais condizente com a realidade, permitindo melhor planejamento das práticas conservacionistas a serem adotadas em cada gleba. Além de conferir maior segurança no uso do terraceamento, proporciona ao agricultor opções de alteração do espaçamento em função de diferentes manejos de restos culturais, usos e preparo do solo.

É importante ressaltar que, atualmente, como os produtores estão fazendo mais de um cultivo por ano e em sistema de rotação de culturas, o cálculo do espaçamento dos terraços deve usar como critério a cultura que será plantada no período de maior intensidade pluviométrica.

Cobertura vegetal / cobertura morta

O fator isolado mais importante que influi sobre a erosão ou perdas de solo por enxurrada é a cobertura do solo, seja ela com plantas em crescimento (cobertura viva) ou com a palhada dessas plantas (Fig.21).

A cobertura do solo pode ser alcançada com um rápido crescimento da cultura, que permitirá a proteção contra as gotas da chuva. O rápido crescimento das culturas é proporcionado por adequadas características físicas, químicas e biológicas do solo. Ao contrário, é prejudicada pela baixa fertilidade, compactação (pé de grade), drenagem imperfeita etc.

O conhecimento do estado nutricional do solo, ou seja, do nível de macro e micronutrientes disponíveis à cultura, através da análise química, é de grande importância, pois permitirá ao produtor programar a calagem e as adubações minerais, verde e orgânica, que permitirão o rápido crescimento das plantas e a cobertura de toda a área de plantio. Isso reduzirá o risco potencial de erosão e permitirá que maior quantidade de massa vegetal seja devolvida ao solo, promovendo melhor proteção após a colheita, mantendo e aumentando o teor de matéria orgânica.



Figura 21 - Cobertura morta de mucuna protegendo o solo contra a erosão.

Quando determinadas culturas não fornecerem adequada cobertura do solo, o plantio consorciado com outras culturas deve ser efetuado. Os resíduos das culturas não devem ser queimados, mas sim preservados sobre a superfície do solo, evitando-se a sua incorporação, a não ser por medidas fitossanitárias, quando, então, deverão ser amontoados para a queima.

A permanência dos restos culturais ou de qualquer outro tipo de palhada é fundamental para a proteção dos solos contra a ação da chuva, do sol e do vento. Além disso, a palhada ajuda a manter a umidade do solo, oferecendo às culturas melhores condições para resistirem, por maior tempo, a períodos de seca. A palhada também atenua a variação brusca da temperatura, mantendo-a adequada para o desenvolvimento dos macro e micro-organismos do solo, tão importantes para a manutenção de suas características físicas, químicas e biológicas.

Em solos desnudos ou sem cobertura, por exemplo, a temperatura pode facilmente atingir 60 a 65°C durante o dia. Nessas condições, as bactérias que fixam nitrogênio no sistema radicular das leguminosas, como o feijoeiro e a soja, têm sua sobrevivência comprometida. A palhada ainda reduz a incidência de ervas daninhas, diminuindo a necessidade da capinas e, conseqüentemente, a exposição do solo à ação dos agentes erosivos (SATURNINO; LANDERS, 1997).

Outras formas de se manter o solo coberto e protegido durante o ciclo da lavoura e após a colheita é adotar o sistema de plantio direto, cultivo mínimo ou, simplesmente, roçar o mato, em vez de capinar.

Quebra-ventos ou cortinas vegetais

Existe uma forma de erosão, muitas vezes pouco perceptível ou valorizada, que é a erosão eólica (ação dos ventos). Além da erosão, os ventos fortes são extremamente prejudiciais às culturas, desidratando, queimando e acamando as plantas.

Uma das principais técnicas utilizadas para minimizar os efeitos nocivos dos ventos sobre os solos e culturas é o uso de cortinas vegetais. Elas podem ser plantadas sobre a crista dos camalhões ou mesmo em linhas, demarcando os talhões que estarão protegidos.

A regra básica a ser observada na instalação de quebra-ventos é a proporção entre a altura da cortina vegetal e a área protegida. Normalmente, considera-se 1 metro de altura de quebra-vento para 10 metros de proteção.

Os vegetais mais usados para esse fim são o capim "camerun" (capim elefante), capim cidreira, feijão guandu, eucalipto, grevilea, cedrinho, acácia negra e outros.

Cordão vegetal

É uma prática simples, recomendada para a pequena e média propriedade, em áreas que não possibilitam a construção de terraços devido à declividade, ou nas quais a mecanização é realizada por tração animal.

Consiste no plantio de espécies que apresentem rápido crescimento do sistema radicular e da parte aérea, possibilitando segurar a terra e não deixar que a água da chuva, correndo morro abaixo, provoque erosão.

Para se formar o cordão vegetal, abrem-se dois ou três sulcos com arado de tração animal, numa faixa de até um metro, plantando-se as mudas das espécies recomendadas.

Algumas espécies usadas são a cana-de-açúcar, capim "camerun anão" (elefante anão), capim cidreira e capim vetiver, entre outras, que podem ser plantadas em nível ou desnível, dependendo das características do solo. O espaçamento entre um cordão e outro não deve ser menor que 10 metros.

O cordão vegetal funciona como barreira física, evitando que a água da chuva que não se infiltrar ganhe velocidade e provoque erosão. Portanto, é considerada uma prática conservacionista complementar. Além disso, é bom salientar, que algumas espécies utilizadas para formar o cordão vegetal podem ser usadas na alimentação animal, humana ou na industrialização caseira, aumentando a renda familiar.

Cordão de pedra

É também uma prática adaptada à pequena propriedade, logicamente naquelas localizadas em áreas com pedras soltas aflorando à superfície. Além de ajudar no controle da erosão, reduz a velocidade de escoamento das águas das chuvas e possibilita o aproveitamento da área, antes cheia de pedras. Sua construção consiste na abertura de um canal, geralmente em nível, onde as pedras vão sendo empilhadas.

7. Adição de matéria orgânica

A adição de matéria orgânica ao solo tem por objetivo melhorar suas condições físicas, químicas e biológicas, permitindo o adequado crescimento das culturas. Esse aporte de matéria orgânica pode ser feito de várias maneiras, através da adubação verde, adubação com esterco de animais (boi, suínos etc), restos de culturas, composto orgânico e húmus de minhocas, entre outras. Entretanto, o agricultor nem sempre tem a chance de encontrar com facilidade o esterco de animais (seja pela disponibilidade do produto, seja pelo custo) ou de fazer a adubação verde. Uma forma de conseguir adubo orgânico de boa qualidade é através do composto.

Adubação verde

A adubação verde pode ser conceituada como o manejo de plantas visando à melhoria ou à manutenção da capacidade produtiva do solo. Esse conceito abrange a tradicional prática de incorporação de leguminosas, como também a utilização de outras espécies vegetais, em rotação ou não, para cobertura do solo ou incorporação. Quando a rotação é feita utilizando-se leguminosas como cultura principal ou na forma de adubo verde, consegue-se, ainda, incorporar nitrogênio ao sistema de plantio, reduzindo os custos com fertilizantes nitrogenados. As gramíneas, com seu sistema radicular abundante, contribuem para estruturar o solo ao mesmo tempo em que aumenta o aporte de matéria orgânica abaixo da superfície (SANTA CATARINA, 1994).

Atualmente, o conceito de adubação verde não se resume, apenas, na incorporação da massa produzida, já que é considerada, também, como participante do processo de conservação de solo, através da prática de rotação de cultura, sucessão ou consorciação, sendo deixada na superfície do solo, sem incorporação. Desse modo visa-se proteger o solo contra as variações de temperatura, impacto direto da gota da chuva e ação dos ventos. Nesse contexto, a adubação verde entra no planejamento conservacionista da propriedade.

Benefícios da adubação verde

- Proteção da camada superficial do solo contra as chuvas de alta intensidade, sol e vento.
- Manutenção de elevadas taxas de infiltração de água pelo efeito combinado do sistema radicular e da cobertura vegetal. As raízes, após sua decomposição, deixam canais no solo, enquanto a cobertura evita a desagregação e o selamento superficial, reduzindo a velocidade do escoamento superficial.
- Promove grande e contínuo aporte de massa vegetal ao solo, mantendo ou até mesmo elevando, ao longo dos anos, o teor de matéria orgânica.
- Atenua a amplitude térmica e diminui a evaporação, aumentando a disponibilidade de água para as culturas comerciais.
- O sistema radicular rompe camadas adensadas e promove a aeração e a estruturação das partículas, induzindo ao "preparo biológico do solo".

- Promove a reciclagem de nutrientes. O sistema radicular bem desenvolvido de muitos adubos verdes tem a capacidade de translocar os nutrientes que se encontram em camadas profundas para as camadas superficiais, tornando-os novamente disponíveis para as culturas de sucessão.
- Diminui a lixiviação de nutrientes. A adubação verde, por reter os nutrientes na fitomassa e liberá-los de forma gradual durante a decomposição do tecido vegetal, atenua esse problema.
- Promove a adição de nitrogênio ao solo através da fixação biológica por parte das leguminosas, podendo representar importante economia desse nutriente na adubação das culturas comerciais, além de melhorar o balanço de nitrogênio no solo.
- Reduz a população de ervas daninhas através do efeito supressor e/ou alelopático, devido ao rápido crescimento inicial e exuberante desenvolvimento da massa vegetal.
- O crescimento vegetal dos adubos verdes e sua decomposição ativam o ciclo de muitas espécies de macro-organismos e, principalmente, micro-organismos do solo, cuja atividade melhora a dinâmica física e química do solo.
- Apresenta múltiplos usos na propriedade. Alguns adubos verdes possuem elevada qualidade nutritiva, podendo ser utilizados na alimentação animal (aveia, ervilhaca, guandu e lab-lab), na alimentação humana (tremoço e guandu) ou como fonte de madeira e lenha (leucena e sabiá).

Características importantes para a escolha dos adubos verdes

- Apresentar rápido crescimento inicial e eficiente cobertura do solo.
- Produção de elevadas quantidades de fitomassa (massa verde e seca).
- Capacidade de reciclagem de nutrientes, apresentando elevadas quantidades de nutrientes na fitomassa.
- Facilidade de implantação e condução a campo.
- Apresentar baixo nível de ataque de pragas e doenças, não se comportando como planta hospedeira.
- Apresentar sistema radicular profundo e bem desenvolvido.
- As espécies devem ser de fácil manejo (incorporação ou acamamento) para implantação dos cultivos de sucessão.
- Apresentar potencial para múltipla utilização na propriedade.
- Apresentar tolerância ou resistência à seca e à geada.
- Apresentar tolerância à baixa fertilidade e facilidade de adaptação a solos degradados.
- Produção de elevadas quantidades de sementes.
- Não devem comportar-se como invasoras, dificultando o cultivo de culturas de sucessão.

Modalidades de adubação verde

Adubação verde de primavera/verão: consiste no plantio de adubos verdes no período de outubro a janeiro. As principais espécies utilizadas são: mucuna, feijão-de-porco, guandu e crotalárias. As principais vantagens são: grande produção de massa vegetal, elevada quantidade de N fixado biologicamente e cobertura do solo durante o período de chuvas de alta intensidade. O maior inconveniente é a ocupação do solo durante o período em que são cultivadas as principais culturas. Para atenuar o problema, recomenda-se subdividir a propriedade em glebas e utilizar a adubação verde de forma escalonada.

Adubação verde de outono/inverno: prevê a utilização desses adubos no inverno, geralmente na entressafra das principais culturas comerciais. As principais espécies utilizadas são: aveia preta, ervilha forrageira, ervilhaca, espégula ou gorga, xinxo e nabo forrageiro. As principais vantagens são: proteção de áreas agrícolas na entressafra para o controle da erosão, diminuição da infestação de ervas daninhas, redução das perdas de nutrientes por lixiviação, aporte de nitrogênio, possibilidade de utilização na alimentação animal e cobertura morta para preparos conservacionistas do solo.

Adubação verde intercalar com culturas: o adubo verde é semeado na entrelinha da cultura comercial. É especialmente adaptada a situações em que o solo deve ser utilizado da forma mais intensiva possível (Fig.22).



Figura 22 - Consórcio da cultura de maracujá com feijão-de-porco no município de Capitão Poço-PA (novembro de 1992).

Adubação verde perene em áreas de pousio: a utilização de adubos verdes em áreas degradadas pelo manejo, ou para controlar a erosão, como cordões de vegetação, ou ainda em áreas que temporariamente não estão sendo cultivadas pode ser uma prática viável. As principais espécies utilizadas são: guandu, indigófera, leucena e tefrósia. Essas plantas, por possuírem sistema radicular profundo e elevada produção de fitomasssa, apresentam as vantagens de recuperação das características do solo e possibilidade de utilização na alimentação animal.

Alguns resultados de pesquisa indicam que, em geral, o efeito da intercalação da mucuna é excelente em solos com cultivos contínuos, porém o efeito em solos em pousio é pequeno e variável com o ano.

Numa avaliação de leguminosas anuais no período de cinco anos, foi observado que a mucuna intercalada ao milho promoveu aumento de 21% na produção de grãos em relação à testemunha (4.440kg/ha), seguindo-se o feijão-de-porco (14%) e a ervilhaca (10%).

Compostagem

Os resíduos de origem vegetal e animal contêm apreciáveis quantidades de nutrientes, que podem ser aproveitados através de processamento simples, como a compostagem, possível de ser realizada pelo produtor na propriedade.

A compostagem é o processo de decomposição aeróbia dos resíduos orgânicos em húmus, relativamente estável. Os dejetos animais, ricos em nitrogênio, podem ser compostados de forma exclusiva ou combinada com outros materiais de elevada relação carbono/nitrogênio, como palhadas, bagaços de frutas, serragem etc.

As principais condições para a decomposição efetiva são a qualidade e o tamanho das partículas do material usado, o teor de umidade, a temperatura, a presença de oxigênio, nitrogênio e carbono em proporções adequadas e pH.

Qualidade e tamanho das partículas do material

A relação carbono/nitrogênio deve propiciar o crescimento e atividade dos micro-organismos envolvidos. A variação da relação C/N pode ser de 30 a 50, sendo ideal no máximo de 30. Quando a relação é inferior a 20 e 25, ocorre a amonificação, ocasionando perdas de nitrogênio do material. Relação superior a 50 provoca o retardamento do início da compostagem, sendo o tempo de processamento 50% maior, gerando um produto menos estável e de menor qualidade (Quadro 1).

Quando os resíduos agrícolas apresentam-se em partes inteiras (colmo e palha de milho, cana e arroz), recomenda-se a fragmentação em pedaços menores. Estercos de animais geralmente apresentam relações C/N inferiores a 25 e sua compostagem exclusiva acarreta perdas de nitrogênio em forma de amônia. Essas perdas podem ser reduzidas pela incorporação de superfosfatos ou termofosfatos à razão de 7 a 12kg/t de resíduo compostado.

A concentração final de nitrogênio do composto fica em torno de 2,5 a 3,0%, sendo que, desse total, 50 a 70% se apresentam em forma prontamente assimilável pelas plantas.

Teor de umidade

O nível adequado de umidade no composto é entre 40 e 60%. A intensa atividade do processo provoca altas temperaturas, que tendem a secar o material, prejudicando o processo. O excesso de água tende a provocar condições anaeróbias com consequente liberação de odores desagradáveis. Em casos de falta d'água, ela pode ser regada uniformemente sobre o material em compostagem. Em caso de excesso de água, materiais absorventes, como palhas

e serragem, devem ser incorporados até a adequação do teor de umidade. A necessidade de rega verifica-se pela temperatura do composto; sua elevação demasiada exige umedecimento.

Aeração do composto

A quantidade de oxigênio é de vital importância para a eficiente oxidação da matéria orgânica. O adequado suprimento de oxigênio é atingido pelo revolvimento do material em compostagem em intervalos de duas semanas.

Temperatura e pH

A temperatura e o pH variam de modo interdependente de acordo com o estágio da compostagem. O monitoramento da temperatura pode ser realizado mantendo-se introduzidos no composto, até o fundo, alguns pedaços de barras de ferro. Retirando-se essas barras e tocando-as com a mão, podem ocorrer três situações:

- o contato suportável indica que o processo de fermentação está normal;
- o contato insuportável indica demasiada elevação da temperatura, devendo-se compactar o material, se úmido, ou regar uniformemente com água, se estiver seco;
- o contato é frio ou levemente morno, indicando necessidade de revolvimento ou ainda que o processo de compostagem já está no final. Se após a aeração, a temperatura se mantiver baixa, o produto está pronto, podendo ser utilizado.

O material pronto apresenta-se quebradiço quando seco e moldável quando úmido. O composto pronto não atrai moscas, não oferece condições para sua multiplicação e não tem cheiro.

Preparo da meda ou leira

O preparo do composto requer local próprio e próximo do local de sua utilização e de fonte de água. O local deve ser plano ou ter pequeno caimento.

A pilha deve ter 3 a 4m de largura por 1,5 a 1,8m de altura para facilitar o manuseio. Seu comprimento pode variar de acordo com a quantidade de material disponível e com o espaço para revolvimento. O local das pilhas deve ser protegido das enxurradas, contornado com valas de escoamento da água de chuva. A compostagem deve obedecer à proporção de três partes de resíduos vegetais para uma parte de dejetos animais (Fig.23).

Inicia-se a construção da pilha de composto distribuindo-se uniformemente uma camada de resíduos vegetais, de 15 a 25 cm de espessura, de preferência bem fragmentados. Quando os resíduos dessa primeira camada se constituírem por partes de plantas inteiras, devem ser molhados e, após, comprimidos por meio de varas, como se fosse bater feijão. Por cima dessa camada, espalha-se uma camada de 5 a 7cm de esterco de curral, molhando-se novamente o material. Segue-se essa sequência até completar a altura desejada. A última camada deve ser de resíduos vegetais, sobre a qual se depositará ainda uma camada de sapé ou outro capim para proteção contra a chuva e evaporação. O tempo de duração é, normalmente, de oito a dez semanas.

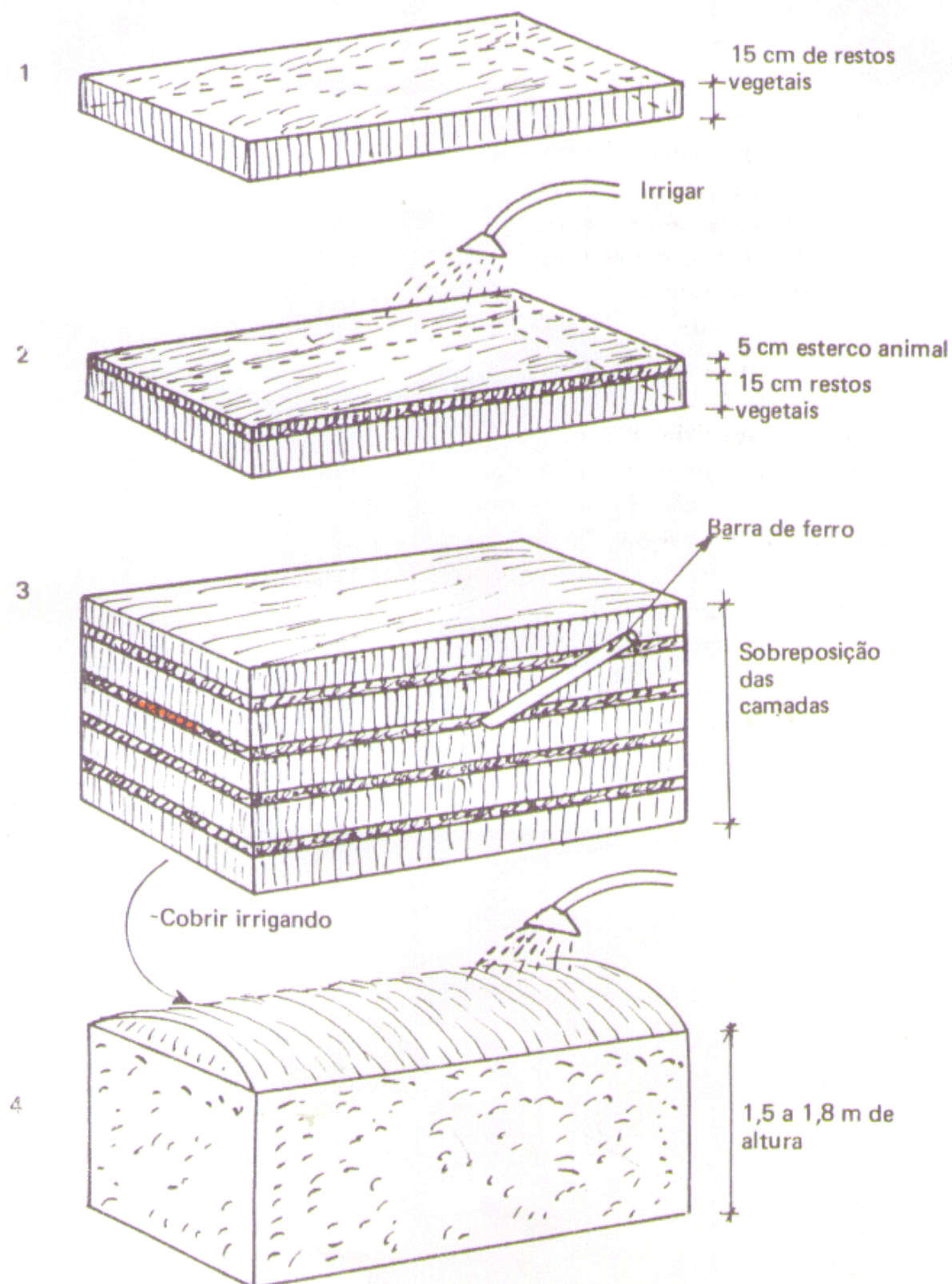


Figura 23 - Montagem da meda de compostagem.
Fonte: Oliveira Filho et al. (1987)

Utilização do composto

Quanto mais rápida a utilização do composto, melhor. Entretanto, quando não for possível, o composto deve ser armazenado em local protegido do sol e da chuva, de preferência coberto com lona de polietileno ou sacos velhos de fibra.

As concentrações dos elementos fertilizantes dos compostos orgânicos variam, sendo normalmente de 1 a 2% de N e de 0,5 a 1% de P e K, além dos micronutrientes. Uma boa adubação exige dosagens de 15 a 30 toneladas de composto por hectare. A utilização do fertilizante orgânico pode ser combinada com a adubação mineral. No caso da associação, a adubação mineral deverá ser aplicada alguns dias após a distribuição do composto orgânico. Não se deve misturar o composto com calcário, pois esse processo provocaria perdas de N, o que poderá ser percebido pelo cheiro de amônia.

Outro método de produção de matéria orgânica de boa qualidade é a vermicompostagem, que consiste na decomposição de restos orgânicos por minhocas.

8. Rotação de culturas

Entende-se por rotação de culturas a sequência ordenada de diferentes culturas, no tempo e no espaço. A condição ideal do sistema de rotação de culturas é a que adiciona matéria orgânica ao solo de forma contínua.

A rotação de culturas é fundamentada:

- no fato de uma cultura extrair do solo maiores quantidades de determinados nutrientes do que outras;
- nos diferentes sistemas radiculares que exploram profundidades variáveis do solo;
- nos diferentes tipos de cobertura do solo;
- na adição de materiais orgânicos de qualidade diferenciada;
- no controle de pragas e doenças.

Principais vantagens da rotação:

- otimiza a fertilidade do solo;
- diminui a incidência de pragas e doenças;
- melhores resultados econômicos, através do adequado planejamento das culturas;
- controla ervas daninhas com o mínimo de despesas.

Em relação ao sistema de rotação de culturas, duas situações devem ser consideradas:

Médias e grandes propriedades rurais, nas quais, pela disponibilidade de área, é possível adotar um sistema de rotação para culturas econômicas.

Pequenas propriedades rurais, que não dispõem de área suficiente para um programa de rotação das culturas econômicas, necessitando, muitas vezes, de toda a área disponível para determinada cultura, cuja produção será utilizada na própria propriedade (exemplo: milho x suíno).

Com vistas à pequena propriedade, recomenda-se que o técnico oriente diretamente os agricultores para:

- adotar sistemas de consórcio visando ao melhor aproveitamento das áreas e maior resultado econômico;
- utilizar culturas de inverno para adubação verde e/ou pastagem;
- utilizar leguminosas de verão nas áreas de milho solteiro, como é o caso da mucuna;
- intercalar culturas que permitam o máximo de rendimentos por efeitos positivos de alelopatia e/ou incorporação de nutrientes para a cultura seguinte (leguminosa x gramínea);
- procurar fazer rotação mesmo nas culturas mais sujeitas a doenças, caso do feijão, tomate e pimentão.

Quando da adoção de programa de rotação de culturas, é desejável que:

- a cultura anterior beneficie a posterior;
- haja o completo aproveitamento do adubo aplicado, plantando-se, de preferência, uma cultura aproveitadora após uma exigente;
- os implementos agrícolas sirvam para as diferentes culturas;
- as culturas mantenham o solo sempre coberto;
- as culturas conservem a bioestrutura do solo;
- haja controle de doenças, pragas e invasoras;
- as culturas tenham mercado compensador e/ou possam ser utilizadas na propriedade.

9. Locação de estradas e caminhos

Um dos principais fatores causadores de erosão nas áreas agrícolas são as estradas vicinais, tão importantes no escoamento da produção.

A má locação dessas estradas é responsável, muitas vezes, pelos mais graves problemas de erosão, pois faz com que a água da enxurrada acumule em determinados pontos e em grande volume, ganhando velocidade, o que aumenta o seu potencial erosivo.

As estradas devem ser localizadas procurando acompanhar os espigões ou ser construídas de maneira a ficarem com declives suaves. No caso de construção perpendicular aos espigões, os terraços (quando existirem) devem ser respeitados, acompanhando as elevações dos camalhões.

É de fundamental importância, ainda, a construção de caixas de retenção (ou bacias de captação de água) laterais, que têm a função de segurar a água que escorre na estrada.

10. Referências bibliográficas

- ALVES, C. S. Controle e estabilização de voçorocas. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, n. 37, p. 6-9, nov./dez. 1978.
- BAHIA, V.G. et al. Fundamentos de erosão do solo (tipos, formas, mecanismos, fatores determinantes e controle). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 25-39. 1992.
- BERTOL, I. Degradação física do solo sob a cultura do alho. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.2, p.47-50, 1989.
- BERTOLINI, D. et al. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**: tecnologias disponíveis para controlar o escoamento superficial do solo. Campinas: CATI, 1993. v. 4. p. 1-65 (CATI. Manual, 41).
- BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**: embasamento técnico do Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas. Campinas: CATI, 1994. v. 1. p. 1-15 (CATI. Manual, 38).
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba, SP. Livroceres, 1985. 392 p.
- CURI, N. et al. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90 p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Práticas de conservação de solos**. Rio de Janeiro: 1980. 88 p. (SNLCS. Miscelânea, 3).
- HERNANI, L. C. et al. Erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap. 5, p. 47-60.
- KOHNKE, H. **Soil Physics**. New York: McGraw-Hill Book. 1968. 224 p.
- LOMBARDI NETO, F. et al. **Terraceamento agrícola**. Campinas: CATI, 1994. 39 p. (CATI. Boletim Técnico, 206).
- OLIVEIRA FILHO, J.M.; CARVALHO, M.A.; GUEDES, G.A.A. Matéria orgânica do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 147, p. 25-39. 1987.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M.; ROQUERO, C. Degradación de suelos por erosión hídrica: conservación de suelos y aguas. In: _____. **Edafologia para la agricultura y el medio ambiente**. 2. ed. Madrid: Mundi Prensa, 1999. cap. 23, p. 601-656.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed.. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS, 1994. 65 p.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água**: projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2. ed. rev. e ampl. Florianópolis: EPAGRI, 1994. 384 p.

SATURNINO, H. M.; LANDERS, J. N. **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: Embrapa-SPI, 1997. 116 p.

SEIXAS, B. L. S. **Fundamentos do manejo e da conservação do solo**. Salvador: Centro Editorial e Didático da UFBA, 1984. 304 p.

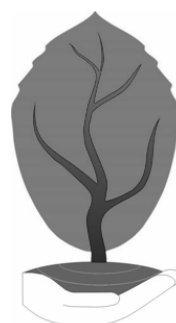
WÜNSCHE, W. A.; DENARDIN, J. E. **Conservação e manejo dos solos; I Planalto Rio-Grandense**: considerações gerais. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1980. 17 p. (EMBRAPA- CNPT. Circular Técnica, 2).



GOVERNO DO
Rio de Janeiro

SECRETARIA DE
AGRICULTURA, PECUÁRIA,
PESCA E ABASTECIMENTO

SUPERINTENDÊNCIA
DE DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



**PROGRAMA
RIO RURAL**

Embrapa



SECRETARIA DE
AGRICULTURA
E PECUÁRIA

SUPERINTENDÊNCIA
DE DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

