



EPAMIG

Conservação dos solos

percepção, conhecimento e
adequação do manejo

Marcos Antonio Gomes
Lillian Messias Lobo
Antônio de Pádua Alvarenga

**Conservação dos solos:
percepção, conhecimento e
adequação do manejo**

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Antônio Augusto Junho Anastasia
Governador

Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Elmiro Alves do Nascimento
Secretário

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG

Conselho de Administração

Elmiro Alves do Nascimento
Paulo Afonso Romano
Maurício Antônio Lopes
Vicente José Gamarano
Paulo Henrique Ferreira Fontoura
Décio Bruxel
Adauto Ferreira Barcelos
Osmar Aleixo Rodrigues Filho
Elifas Nunes de Alcântara

Conselho Fiscal

Evandro de Oliveira Neiva
Márcia Dias da Cruz
Alder da Silva Borges
Rodrigo Ferreira Matias
Leide Nanci Teixeira
Tatiana Luzia Rodrigues de Almeida

Presidência

Paulo Afonso Romano

Vice-Presidência

Mendherson de Souza Lima

Diretoria de Operações Técnicas

Plínio César Soares

Diretoria de Administração e Finanças

Aline Silva Barbosa de Castro



Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Unidade Regional EPAMIG Zona da Mata

Conservação dos solos: percepção, conhecimento e adequação do manejo

Marcos Antonio Gomes

Lillian Messias Lobo

Antônio de Pádua Alvarenga

Viçosa, MG
2013

© 2013 Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida sem a autorização escrita e prévia dos Editores Técnicos

PRODUÇÃO

EPAMIG Zona da Mata

Sânzio Mollica Vidigal

APOIO

Departamento de Publicações

Vânia Lúcia Alves Lacerda

Revisão: Ana Maria Gouveia

Diagramação e impressão: Suprema Gráfica e Editora Ltda.

Capa: Ângela Batista P. Carvalho (EPAMIG-DPPU)

Aquisição de exemplares

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Unidade Regional EPAMIG Zona da Mata

Vila Giannetti 46, Campus da UFV

CEP 36570-000 Viçosa-MG - Tel.: (31) 3891-2646 - e-mail: ctzm@epamig.br

EPAMIG-Sede - Divisão de Gestão e Comercialização

Tel.: (31) 3489-5002 - e-mail: publicacao@epamig.br

Gomes, M. A.

Conservação dos solos: percepção, conhecimento e adequação do manejo/ Marcos Antonio Gomes, Lilian Messias Lobo, Antônio de Pádua Alvarenga. - Viçosa, MG: EPAMIG Zona da Mata, 2013.

94p.: il.; 28 cm.

ISBN: 978.85.99764.33-6

1. Manejo dos solos. 2. Recuperação do solo. 3. Meio ambiente I. Gomes, M. A. II. Lobo, L. M. III. Alvarenga, A. P. IV Título. V. EPAMIG Zona da Mata

CDD 631.4
22.ed.

AUTORES

Marcos Antonio Gomes

Engenheiro Florestal, Mestre e Doutor em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor da FaEnge - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, João Monlevade - MG - Endereço eletrônico: marcos.gomes@ufv.br

Lillian Messias Lobo

Engenheira Florestal, Mestre em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). Atua na EPAMIG Zona da Mata.
Endereço eletrônico: lobolilian@yahoo.com.br

Antônio de Pádua Alvarenga

Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Pesquisador da EPAMIG Zona da Mata. Professor colaborador da UFV na área de seringueira. Membro suplente da Câmara Técnica Setorial de Silvicultura do Conselho Estadual de Política Agrícola (CEPA), da Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (Seapa-MG). Endereço eletrônico: padua@epamig.ufv.br

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	09
PREFÁCIO	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 SOLOS: CONHECER PARA CONSERVAR	13
3 IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO DOS SOLOS	19
4 EROSIÃO DOS SOLOS	23
4.1 Principais tipos de erosão	24
4.2 Principais formas da erosão hídrica	27
5 ASPECTOS GERAIS DA CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA	30
6 TÉCNICAS MECÂNICAS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA	33
6.1 Nivelamento do terreno	33
6.1.1. Nivelamento para determinação da declividade.....	36
6.1.2. Cálculo da declividade.....	40
6.1.3. Finalidade da determinação da declividade do terreno.....	41
6.1.4. Locação das curvas de nível.....	43
6.2 Terraços em nível	47
6.3 Preparo do solo	54
6.4 Caixas de captação	58
6.5 Paliçadas	60
7 EROSIÃO NAS ESTRADAS RURAIS	62
7.1 Técnicas de controle da erosão nas estradas rurais	63
7.1.1. Técnicas para melhoria da plataforma.....	66
7.1.2. Técnicas para melhoria da drenagem.....	68
7.1.3. Técnicas para proteção dos taludes.....	76
7.1.4. Técnicas de serviços complementares à conservação das estradas.....	77
8 TÉCNICAS VEGETATIVAS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA	77
8.1 Cobertura morta e plantas de cobertura	78
8.2 Sistema Agroflorestal	82
8.3 Manejo do mato e alternância de capinas	83
8.4 Quebra-ventos	83
8.5 Florestamento e reflorestamento	84
8.6 Melhoria de pastagens	85
9 REFERÊNCIAS	89

APRESENTAÇÃO

O solo é a base para uma grande diversidade de utilizações essenciais à sobrevivência humana, com destaque para a produção de alimentos e produção de água. Por originarem-se a partir de diversos materiais e em diferentes condições ambientais, os solos apresentam características e propriedades diversas.

A utilização adequada e racional dos solos, bem como a sua conservação são fundamentais para a sustentabilidade de qualquer atividade. A conservação baseia-se na aplicação de práticas conservacionistas, com o objetivo de reduzir o processo erosivo e o escoamento superficial da água ocasionado pelo uso inadequado dos solos.

Este livro fundamenta-se na conservação dos recursos naturais e na sustentabilidade das atividades agropecuárias e traz informações sobre propriedades dos solos, produção de água, processo erosivo e técnicas mecânicas e vegetativas de conservação do solo e da água.

Paulo Afonso Romano
Presidente da EPAMIG

PREFÁCIO

O crescimento populacional, as divisões de terras entre descendentes e a necessidade de aumento na produtividade de alimentos e bens advindos do meio rural têm impulsionado o uso intensivo do solo. Este “recurso natural que deve ser utilizado como patrimônio da coletividade, independentemente do uso ou posse, é um dos componentes vitais do meio ambiente e constitui o substrato natural para o desenvolvimento das plantas”. O uso inadequado, muitas vezes de forma não consciente, tem proporcionado uma paisagem comum, onde o verde das pastagens se confunde com as diferentes colorações dos solos. Nas áreas de cultivo, o corriqueiro é ver o potencial erosivo e de erodibilidade em ação ou reação – uma vez que a natureza é viva.

A possibilidade de trabalhar em diferentes ambientes no território nacional permitiu, salvo todas as particularidades do meio físico, biótico, socioeconômico e antrópico, enxergar que a ausência do planejamento, manejo, conservação e uso do solo no meio rural são análogos.

Em princípio, é necessário conhecer o tipo ou classe de solo a ser trabalhado, saber sua origem e como se formou. Cada uma das classes está correlacionada a determinados usos e, se essa regra não for obedecida, podem-se estabelecer processos erosivos, resultantes da ação da água, do vento, do homem e também de processos geológicos naturais. Sua ocorrência pode ser determinada em diferentes escalas em uma região, um município, uma bacia hidrográfica ou uma propriedade rural. A erosão dos solos é um processo de degradação que resulta no desprendimento e arrasto das partículas do solo e/ou no desgaste da sua superfície. O conhecimento dos processos e fatores condicionantes da erosão é essencial para a compreensão e adoção de práticas conservacionistas.

A implantação de técnicas de conservação do solo e da água requer conhecer a declividade e as curvas de nível do terreno. Isto é feito por meio do nivelamento, ou seja, medições em determinada área da propriedade, onde se estabelecem os pontos de mesma cota e, altitude no terreno. Essa informação, associada ao conhecimento básico do tipo de solo, permite estabelecer quais as técnicas de manejo e de conservação mais adequadas para uma determinada gleba de terra.

A ciência da conservação do solo e da água preconiza um conjunto de medidas que objetiva a manutenção ou recuperação das condições físicas, químicas e biológicas do solo, estabelecendo critérios para o uso e manejo das terras, de forma que não comprometa sua capacidade produtiva. Essas medidas visam a proteger o solo dos efeitos danosos da erosão, e aumentando a disponibilidade de água, nutrientes e sua atividade biológica, cria condições adequadas ao desenvolvimento da vida.

Os Autores

1. INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural essencial para o estabelecimento e desenvolvimento da vida. Nele, as plantas crescem e se desenvolvem, possibilitando a obtenção de alimentos e renda. No Brasil, isso é de grande relevância já que a contribuição do setor agropecuário na sustentação econômica do País é significativa. Diante disso, a manutenção da sua capacidade produtiva é fundamental, sobretudo devido à sua susceptibilidade à degradação.

O uso inadequado do solo pelo homem causa a sua degradação, condição na qual o desempenho das suas funções básicas é severamente prejudicado. A ocorrência desse processo gera interferências negativas no equilíbrio ambiental, sobretudo nos ecossistemas agrícolas. Nesse ambiente, a ação do homem, às vezes negligente, tem causado a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e, conseqüentemente, a redução da sua capacidade produtiva. Infelizmente, essa é a realidade predominante nas paisagens rurais.

A erosão é uma das principais formas de degradação dos solos, e resulta na perda de solo, em sedimento que causa assoreamento dos cursos de água, de matéria orgânica, de nutrientes e de atividade biológica. Essas perdas reduzem a capacidade produtiva do sistema, acarretando um prejuízo socioeconômico para as gerações atuais e um enorme risco para as gerações futuras.

Diante disso, é essencial que o solo seja manejado de forma sustentável. A sua conservação envolve práticas de manejo que visam à proteção contra processos erosivos e ao aumento da disponibilidade de água, de nutrientes e da atividade biológica. Somente assim poderemos comemorar o Dia Nacional da Conservação do Solo, 15 de abril de cada ano, instituído pela Lei nº 7.876, de 13 de novembro de 1989.

Nesse contexto, tendo em vista a importância da compreensão integrada dos diversos aspectos que ocasionam a degradação dos solos, o objetivo deste trabalho é apresentar conceitos gerais sobre os solos, causas e conseqüências dos processos erosivos e as práticas de manejo que podem controlá-los.

2. SOLOS: CONHECER PARA CONSERVAR

Os solos são componentes da paisagem formados, ao longo de dezenas de milhares de anos, a partir da interação dos sistemas terrestres: hidrosfera (água), atmosfera (ar), biosfera (vida) e litosfera (rochas). De modo geral, quando as rochas (por exemplo: granito e basalto) ficam expostas na superfície terrestre, organismos como musgos, líquens e

diversas plantas passam a colonizá-las, pois são fontes da maioria dos nutrientes, como cálcio, magnésio, fósforo e potássio (Figura 1). Mas, para os organismos absorverem os nutrientes, é preciso que a estrutura dos minerais da rocha seja alterada. Para isso, a atuação do clima é fundamental. É através da água da chuva e da temperatura do ambiente que as reações químicas acontecem. Por meio delas, os minerais da rocha, como mica e feldspato, denominados primários, são alterados e novos minerais, como argilas e óxidos de ferro, denominados secundários, são formados.



Rocha colonizada por musgos na Antártica. Ao longo do tempo, esses organismos desestruturam os minerais da rocha para absorção de nutrientes, resultando na formação de novos minerais.

Quando, por exemplo, adicionamos água ao sal de cozinha, dissolvemos um mineral (o NaCl) e a água se torna salgada pela presença dos íons de sódio (Na⁺) e cloro (Cl⁻). Isso também acontece com os minerais das rochas, alguns são totalmente dissolvidos, outros são transformados em argila e óxido. Esse processo, denominado

intemperismo, resulta na formação dos solos e ocorre de modo mais rápido quando as rochas estão inseridas em locais com clima quente e úmido.

Figura 1 - Formação rochosa, localizada na Antártica, colonizada parcialmente por musgos.

O processo de formação dos solos ocorre, ao longo do tempo, por meio da diferenciação de camadas, que são denominadas horizontes (Figuras 2 e 3). De modo geral, no primeiro momento temos a rocha, depois, com o intemperismo, o horizonte A, que é escuro devido ao acúmulo de restos vegetais e animais, ou seja, de matéria orgânica. Abaixo do horizonte A, vem o horizonte C, também conhecido como saprólito ou rocha podre, que corresponde à rocha alterada. O horizonte B forma-se entre o A e o C na medida em que o intemperismo vai avançando. Esse horizonte corresponde a alterações que o C sofre com o tempo tanto nos minerais como na estrutura.

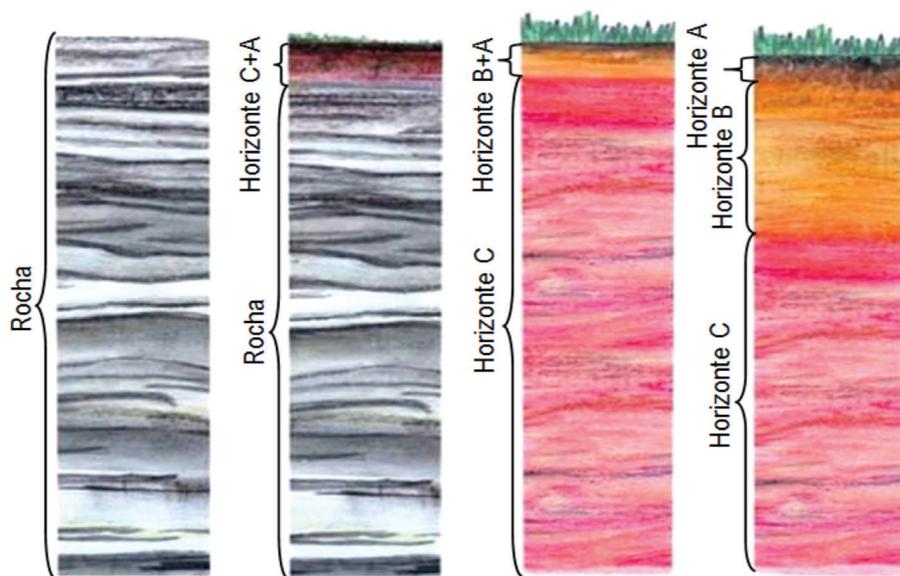
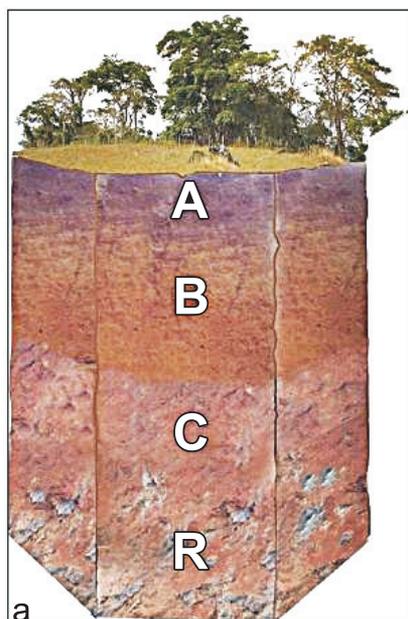


Figura 2 - Esquema do processo de formação de solo.

Fonte: Museu de Ciências da Terra Alexis Dorofeef – Universidade Federal de Viçosa.



De modo geral, solos bem desenvolvidos (velhos), como os Latossolos, são aqueles que possuem horizonte B profundo. Quando os solos apresentam horizonte B menor que 50 cm são, em geral, pouco desenvolvidos.

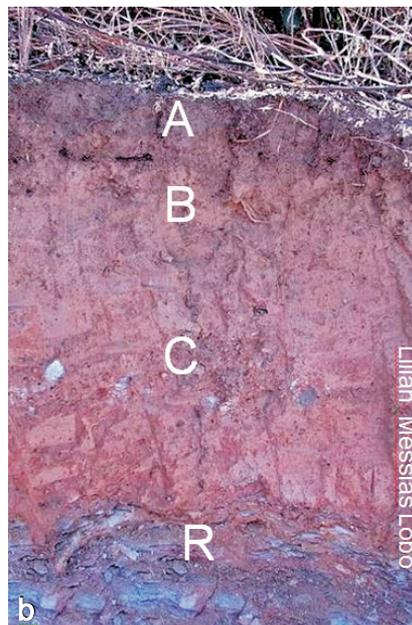


Figura 3 - Processo de formação do solo: esquema de um solo bem desenvolvido (a); perfil de solo pouco desenvolvido – raso (b).

Fonte: TEIXEIRA, 2005.

Os horizontes A e B apresentam seus minerais organizados em estrutura, como do tipo granular e bloco. Na estrutura granular, os minerais do solo e a matéria orgânica organizam-se em agregados arredondados (Figura 4a e b). Na estrutura em bloco, eles formam unidades com superfícies planas e/ou ligeiramente curvas (Figura 4c e d), lembrando um cubo.

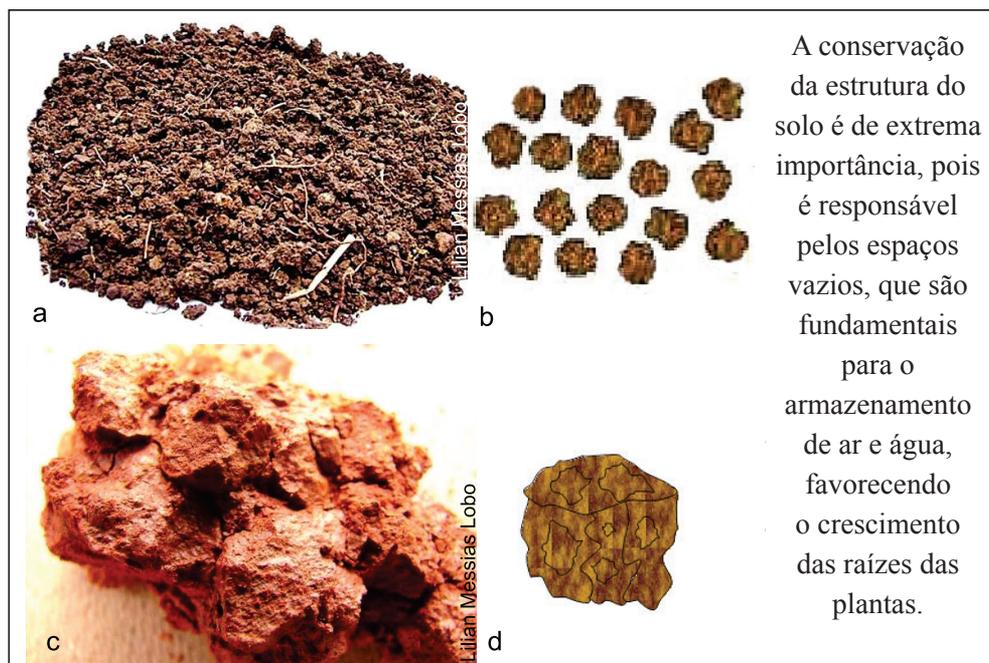


Figura 4 - Estrutura do solo: granular (a e b) e bloco (c e d).
Fonte: CAPECHE, 2008.

Essa diferenciação resulta em comportamento distinto em relação à infiltração da água. Solos com estrutura granular, como a dos Latossolos, apresentam maior quantidade de poros, conseqüentemente possuem melhor infiltração da água. Solos com estrutura em blocos, como a dos Argissolos, apresentam menor quantidade de poros, resultando em menor infiltração da água. A água da chuva que não infiltra no solo, escoar sobre a superfície podendo causar erosão. Em decorrência disso, o controle da erosão nos Argissolos deve ser maior. As técnicas adotadas não irão mudar a estrutura natural dos solos (por exemplo: de bloco para granular), mas vão criar condições na sua superfície para aumentar a infiltração da água.

Os solos são de diferentes tipos e idades, isto é, com diferentes graus de desenvolvimento. De modo geral, regiões com alta precipitação e temperatura favorecem

o intemperismo, resultando na formação de solos mais velhos, ou seja, profundos e pobres em nutrientes. Já em locais mais secos, o intemperismo é menor, culminando na formação de solos mais rasos e ricos em nutrientes. Mas, isso depende também da composição da rocha e do relevo. Rochas naturalmente pobres em nutrientes como quartzito (pedra de são tomé) dão origem a solos pobres e, em geral, pouco desenvolvidos. Relevo acidentado como o da Figura 5 favorece a ocorrência de diferentes tipos de solos. Ao longo de cursos d' água, formam-se Neossolo Flúvico e Gleissolo a partir de sedimentos que são depositados nas margens dos rios. Nas encostas mais suaves, formam-se Argissolos; nas partes íngremes surgem Cambissolos, e, nas partes mais altas, os Latossolos.

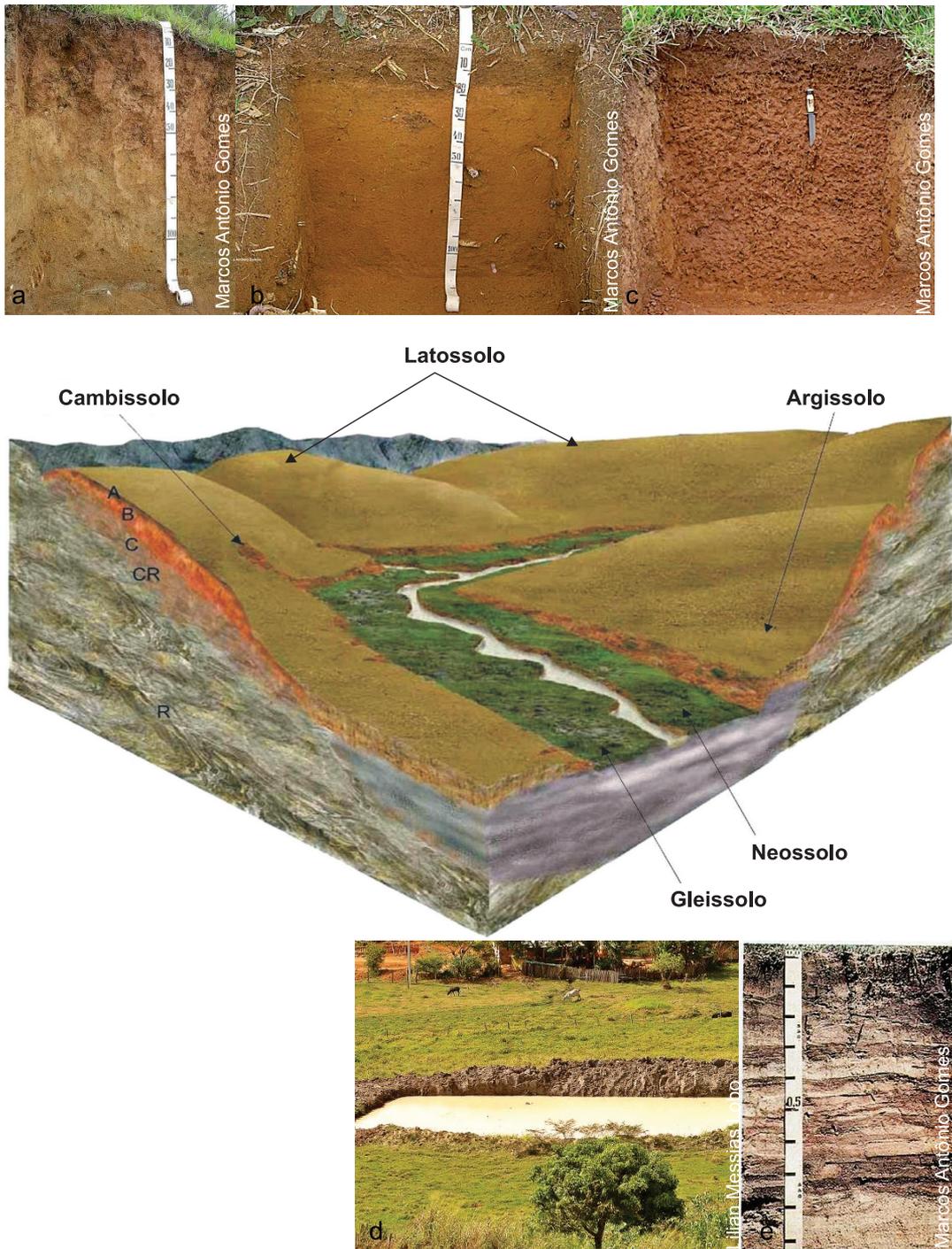


Figura 5 - Tipos de solos em função da variação do relevo: a) Cambissolo; b) Latossolo; c) Argissolo; d) Gleissolo; e) Neossolo.

Fonte: Adaptado de TEIXEIRA, 2005.

3. IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO DOS SOLOS

Os solos são consequência da interação dos sistemas terrestres e, ao mesmo tempo, do meio onde essa interação acontece. Os solos abrigam organismos (biosfera), armazenam água (hidrosfera) e ar (atmosfera). Em virtude disso, desempenham funções essenciais para o funcionamento integrado dos ecossistemas terrestres: são reservatórios do ciclo hidrológico, dos ciclos biogeoquímicos e promovem a manutenção da vida (MUGGLER, 2007).

Importância dos solos na produção e conservação da água

O armazenamento da água no solo acontece em uma das etapas do ciclo hidrológico, a infiltração (Figura 6), isto é, a água da precipitação vai se infiltrando no solo até atingir um subsolo impermeável, rocha sem espaços porosos. Com isso, a água vai se acumulando nos poros da rocha e/ou do solo que se encontra acima do subsolo impermeável em direção à superfície, formando uma zona saturada ou freática, onde todos os poros estão ocupados por água (KARMANN, 2000). Esse acúmulo é fundamental porque resulta, dependendo da geologia do local, na formação do lençol freático e/ou de aquíferos.

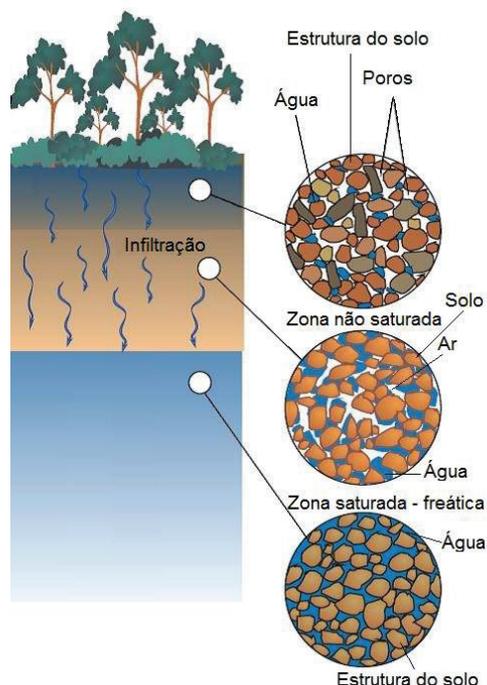


Figura 6 - Processo de armazenamento da água no solo.

Fonte: Adaptado de TEIXEIRA et al., 2000.

O nível da água subterrânea (aquífero ou lençol freático) é o limite entre a zona saturada e não saturada, onde os poros são ocupados tanto por água como por ar. Esse nível acompanha a irregularidade da superfície do terreno, conforme linha tracejada da Figura 7 e, quando intercepta a superfície, aflora formando as nascentes (KARMANN, 2000). As nascentes dão origem aos cursos d' água ou de fontes de acúmulo como as represas (CALHEIROS et al., 2004). Estas, com o escoamento superficial e, principalmente, as águas subterrâneas (lençol freático e aquíferos), são responsáveis pela recarga e vazão dos cursos d' águas superficiais efluentes, isto é, rios cuja vazão aumenta para jusante, típicos de regiões tropicais como o Brasil (Figura 7).

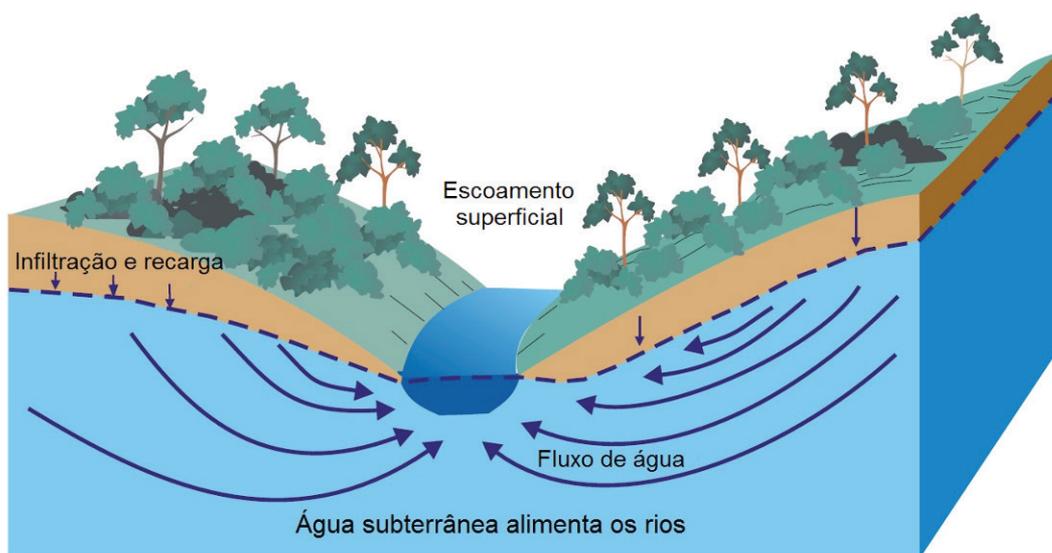


Figura 7 - Nível do lençol freático e relevo da superfície.

Fonte: Adaptado de TEIXEIRA et al., 2000.

Nesse contexto, a conservação dos solos é fundamental, pois a profundidade da água subterrânea, a quantidade e a regularidade da distribuição da água, ao longo do ano, nas bacias hidrográficas e, portanto, nas propriedades rurais e urbanas que nelas se inserem dependem da infiltração da água no solo. Para isso, a bacia hidrográfica precisa funcionar como se fosse um recipiente permeável. Sua capacidade de armazenamento de água no solo precisa ser potencializada e o seu escoamento superficial minimizado, pois este, embora contribua para a recarga dos cursos d' águas superficiais, atua apenas no período das chuvas (CALHEIROS et al., 2004). Já na infiltração, a recarga ocorre de forma mais lenta, porém duradoura, favorecendo a manutenção da vazão das nascentes e dos cursos d' água inclusive no período de seca.

Isso tem sido observado por agricultores que têm implantado práticas de conservação do solo e da água. A Figura 8 apresenta uma propriedade rural localizada em uma microbacia hidrográfica (linha vermelha), onde o produtor diz que “a água sobe”. O ponto de afloramento da nascente da propriedade, ao longo de 18 anos, mudou seis vezes de lugar para partes mais altas do terreno (seta azul) (FERRARI et al., 2010), ou seja, o nível do lençol freático aumentou e, conseqüentemente a infiltração e o armazenamento da água no solo. Em decorrência disso, a nascente que mal dava para abastecer duas famílias passou a abastecer sete (FERRARI et al., 2010). Nessa propriedade, isso é reflexo das práticas de conservação do solo como restauração da mata ciliar, cercamento da nascente, manejo do mato e da pastagem para manutenção da cobertura do solo e plantio de café em sistema agroflorestal.



Figura 8 - Propriedade rural onde a “água sobe”.

O armazenamento da água no solo é importante também para as plantas, pois elas precisam de água para viver.

Importância dos solos na nutrição das plantas

As plantas, além de água, necessitam de nutrientes para se desenvolverem. A presença deles no solo é função do material de origem, as rochas, da interação que os solos estabelecem com a atmosfera e biosfera, da ciclagem dos nutrientes e da adubação.

A origem da maioria dos elementos químicos presentes no solo se relaciona diretamente com o intemperismo dos minerais primários da rocha de origem (por exemplo: fósforo, magnésio e cálcio). A fonte do nitrogênio é o ar, mas é no solo que ele é disponibilizado para as plantas através da sua fixação biológica por microrganismos que vivem no solo de forma livre ou em simbiose com plantas (ADUAN et al., 2004). Outra fonte é a ciclagem de nutrientes, que consiste na decomposição de restos vegetais depositados sobre a superfície do solo. Nesse processo, ocorre liberação de nutrientes para as plantas e formação de uma matéria orgânica mais estável, fonte de carbono para organismos que vivem no solo. Além disso, os nutrientes também podem ser repostos via adubação com fertilizantes químicos, isto é, produtos fornecedores de um ou mais nutrientes das plantas como a formulação NPK. No entanto, vale ressaltar que sua produção depende de fontes de recursos naturais como pirita para o fornecimento de enxofre, apatita para fósforo, e silvinita para potássio.

Nesse contexto, solos atuam como reservatório dos ciclos biogeoquímicos, pois são a base onde os elementos são armazenados, reciclados e disponibilizados. Mas os nutrientes, independente da origem, só ficam retidos no solo porque suas argilas, óxidos e matéria orgânica possuem, na sua superfície, cargas elétricas negativas e positivas que retêm os íons dissolvidos nas águas de infiltração. Isso é fundamental porque confere aos solos a capacidade de reter e disponibilizar íons como Ca^{2+} e Mg^{2+} , que são nutrientes, para as plantas. Sem essa propriedade, nenhuma adubação seria possível.

Em virtude disso, o solo é um componente essencial para a sobrevivência dos animais e do próprio homem, pois é um meio que fornece condições para o crescimento e desenvolvimento das plantas, isto é, dos principais produtores primários da base da cadeia alimentar.

Nesse contexto, a conservação dos solos é fundamental e deveria ser um requisito para o estabelecimento das atividades agropecuárias. Nos ecossistemas naturais, por exemplo em uma floresta, os solos estão em equilíbrio com o ambiente e com a vegetação. Isso não acontece nos sistemas de produção agrícola, ao contrário há rompimento do equilíbrio natural. Quando isso ocorre bruscamente, com uso e manejo inadequados, todas as características físicas e químicas do solo modificam-se, causando a redução da sua capacidade produtiva (BAHIA et al., 1992). Para atenuar esse problema, o uso do solo deveria ser realizado de acordo com a aptidão agrícola da área, ou seja, observando as características do ambiente local como suas limitações, de maior ou menor grau, de fertilidade, de água, de oxigênio, de susceptibilidade à erosão e de impedimento à mecanização (CURI et al., 1992).

Outro aspecto fundamental é estabelecer um equilíbrio entre dois princípios divergentes: mecanização e conservação. A mecanização do solo é uma das principais práticas causadoras da erosão, sendo esta uma das principais formas de degradação dos solos. A conservação dos solos inclui uso adequado do solo, manejo adequado das culturas e controle da erosão, sendo fundamentais o mínimo revolvimento do solo, a formação e manutenção da cobertura do solo e o correto manejo da água (FERNANDES; LIMA, 2009). As práticas de conservação são subdivididas em práticas de caráter edáfico, vegetativo e mecânico (BAHIA et al., 1992).

4. EROSIÃO DOS SOLOS

O conhecimento dos processos e fatores condicionantes da erosão é essencial para a compreensão e adoção de práticas conservacionistas.

A erosão dos solos é um processo de degradação que resulta no desprendimento e arrasto das partículas do solo e/ou no desgaste da sua superfície (BAHIA et al., 1992). É resultante da ação da água, do vento, do homem e também de processos geológicos naturais. Sua ocorrência pode ser determinada em diferentes escalas em uma região, um município, uma bacia hidrográfica ou uma propriedade rural.

A erosão causada por processos geológicos modifica continuamente a superfície terrestre, mas é considerada normal. Já a erosão considerada acelerada ou simplesmente erosão é aquela resultante da interferência do homem, que atua diminuindo ou, como é mais comum no contexto agrícola, acelerando a intensidade da erosão normal (CURI et al., 1993).

Nos sistemas de produção agrícola, a erosão pode ser definida como um processo de desagregação, transporte e deposição das partículas do solo, da matéria orgânica e dos nutrientes, devido principalmente à ação da água e do vento (BAHIA et al., 1992).

O impacto da erosão nos solos agrícolas é grande porque seus efeitos estabelecem uma relação de causa com outras formas de degradação do solo (BAHIA et al., 1992). Ela causa perda de horizontes do solo, tanto dos superficiais (A e B) como dos subterrâneos (C), quando estão expostos. Isso resulta na deformação do terreno e também no movimento de massa, ou seja, no deslizamento dos solos superficiais (Figura 9). A remoção do horizonte A gera também perda de nutrientes e de matéria orgânica, além de ocorrer assoreamento dos cursos d' água, inundação e redução da biodiversidade.



Figura 9 - Processo de deslizamento de terra.

4.1. Principais tipos de erosão

- **Eólica:** é a erosão provocada pela ação do vento, principalmente em grandes planícies sem cobertura vegetal, em regiões áridas e em solos de origem psamítica (ricos em quartzo - areia). A ausência de obstáculos (por exemplo de vegetação e morros) facilita a passagem do vento, que, conforme sua velocidade, determina a intensidade da erosão eólica e o potencial para remover partículas finas (argila e silte) e grosseiras (areia). Como consequência, pode ocorrer perda dos horizontes superficiais, deformação do terreno e deposição de sedimentos em cursos d' água.
- **Hídrica:** é a erosão provocada pela ação da água num processo complexo, que, segundo Bahia et al. (1992), envolve quatro fases distintas:
 - **Impacto:** nesta fase, as gotas da chuva desprendem as partículas do solo no local do impacto e as transportam por salpicamento, causando turbulência na água da superfície e encrostamento superficial do terreno.
 - **Desagregação:** o impacto direto das gotas de chuva rompe os agregados do solo, desprende e transporta as partículas mais finas.
 - **Transporte:** a água que escorre pela superfície do solo transporta suas partículas. A capacidade de transporte é de acordo com o tamanho e a velocidade do impacto das gotas de chuva, e o volume da enxurrada depende da razão infiltração/precipitação, da duração da chuva, do relevo, da posição do solo na paisagem e do comprimento da rampa.

- **Deposição:** as partículas mais leves do solo (como argila e matéria orgânica) são depositadas geralmente em lagos, açudes e reservatórios de água, e as maiores e mais pesadas nos vales ou depressões do terreno.

A intensidade desses processos depende das características da chuva, de atributos intrínsecos do solo (como estrutura das partículas, porosidade e permeabilidade), da topografia, da cobertura vegetal e do manejo do solo.

As características da chuva (tamanho e velocidade da queda das suas gotas, e sua quantidade, intensidade, energia cinética e distribuição) determinam o seu potencial erosivo (BAHIA et al., 1992). Este potencial é denominado erosividade (CURI et al., 1993). De modo geral, quanto maior for a intensidade da chuva maior será a sua erosividade (BAHIA et al., 1992).

Chuvvas mais intensas têm maior potencial de causar erosão porque saturam rapidamente as primeiras camadas do solo, gerando conseqüentemente aumento do escoamento superficial (BAHIA et al., 1992). Se o salpicamento das partículas do solo é intenso e a velocidade da chuva é alta, a capacidade do escoamento superficial em arrastar e transportar as partículas também será alta. Conseqüentemente, a perda dos horizontes superficiais, a deformação do terreno, o movimento de massa e a deposição dos sedimentos nos cursos d' água serão mais intensos.

O salpicamento é o salto de partículas do solo da superfície (Figuras 10 e 11) devido à energia do fluxo da água e ao movimento do material declive abaixo (CURI et al., 1993).

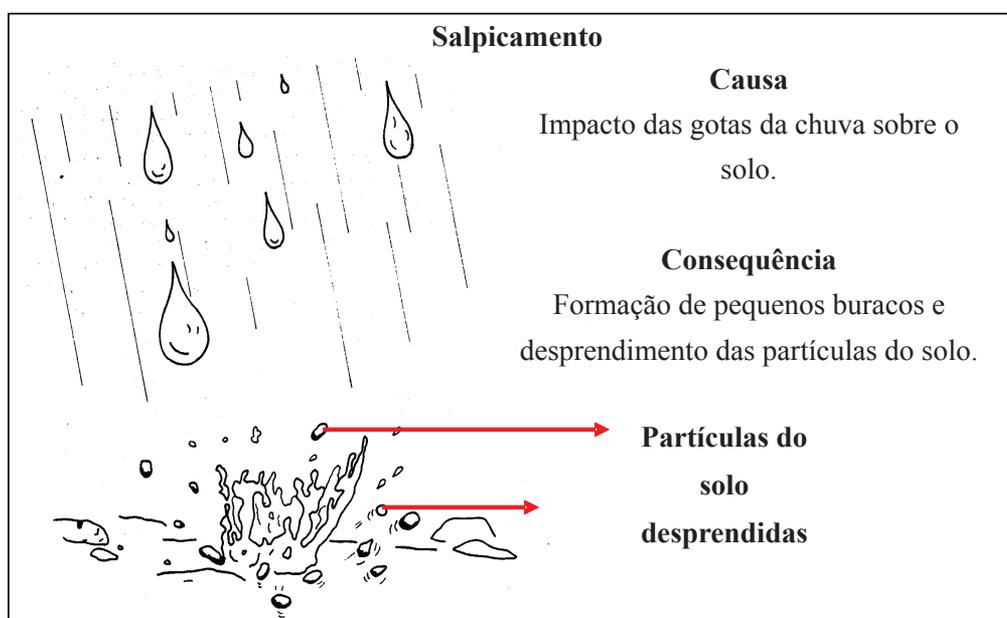


Figura 10 - Processo de salpicamento das partículas do solo.

Fonte: SEA/DAEE, 1990 apud ZOCCAL, 2007.

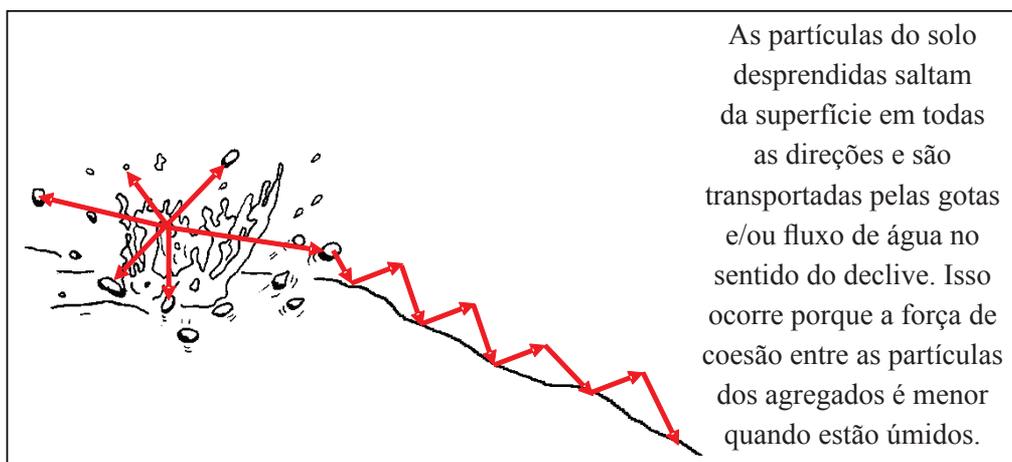


Figura 11 - Deslocamento das partículas de solo no sentido do declive.

Fonte: Adaptado de SEA/DAEE, 1990 apud ZOCCAL, 2007.

Com o salpicamento, as partículas do solo ficam soltas e, portanto, susceptíveis de serem transportadas por toda água do escoamento superficial. Além disso, esse processo pode ocasionar o selamento/encrostamento da superfície do solo (Figura 12). Sendo assim, é importante que isso seja evitado ou pelo menos amenizado.



Figura 12 - Selamento da superfície do solo.

Para evitar ou atenuar isso, é preciso manipular alguns fatores que influenciam a intensidade da erosão hídrica como cobertura vegetal e manejo do solo com a implantação de obstáculos para redução do escoamento superficial da água, por exemplo. Isso é

fundamental, pois os fatores relacionados com as características dos solos (como textura, consistência, estrutura, porosidade e permeabilidade) não são passíveis de alteração. Ao contrário, o uso do solo provoca, ao longo do tempo, com exceção da incorporação de matéria orgânica, modificações no sentido de destruí-las. Um exemplo disso é a destruição da estrutura dos solos quando ocorre a compactação, reduzindo os espaços porosos entre e dentro dos agregados e a permeabilidade.

A intensidade e a ocorrência da erosão hídrica ao longo do tempo se expressam de diferentes formas e na seguinte sequência: laminar, em sulcos e voçoroca (MACEDO et al., 2009).

4.2. Principais formas da erosão hídrica

Erosão laminar: consiste no arraste uniforme das partículas da camada superficial do solo em terrenos com declividade. Afeta as partículas desprendidas pelas gotas da chuva por salpicamento. É um processo pouco aparente, sendo muitas vezes imperceptível nos seus primeiros estágios. As evidências da sua ocorrência são abaixamento da superfície do solo, áreas de colocação mais clara, enxurrada de aspecto lodoso, decréscimo da produtividade e exposição das raízes das plantas (Figura 13) (BAHIA et al., 1992). Esse tipo de erosão pode ser facilmente eliminado com técnicas de conservação do solo e da água.



Figura 13 - Exposição de raízes em área com erosão laminar.

Erosão em sulcos ou ravina: caracteriza-se pela formação de canais (sulcos) de diferentes profundidades e comprimentos na superfície do solo em consequência do acúmulo e escoamento concentrado de água, principalmente, no sentido do declive e em trilhos feito pelo gado (Figura 14) (BAHIA et al., 1992; ZOCCAL, 2007). Quando o sulco está superficial (raso) e permite a movimentação de máquinas agrícolas é possível desfazê-lo com o preparo do solo. Mas, quando sua profundidade aumenta, impedindo a passagem de máquinas, isso não é mais possível. Os sulcos passam a ser denominados voçorocas quando sua profundidade atinge o horizonte C (LOMBARDI NETO; DRUGOWIC, 1994).



Figura 14 - Erosão em sulcos: a) no sentido do declive; b) no trilho do gado.

Fonte: <http://oensinodafisica.blogspot.com.br/2010/08/manejo-de-agrotoxico-e-fertilizantes.html>

Erosão por voçoroca: é ocasionada por grande concentração de enxurrada, que, ao passar, ano após ano, no mesmo sulco, forma grande cavidade em extensão e profundidade, devido ao grande deslocamento de massa de solo. As voçorocas são classificadas pela sua profundidade e pela área de drenagem da bacia hidrográfica onde

se inserem. Ireland (1934 apud BERTONI; LOMBARDI, 1990) afirma que as voçorocas são consideradas profundas quando têm mais de 5 m de profundidade (Figura 15), médias quando têm de 1 a 5 m (Figura 16) e pequenas quando têm menos de 1 m (Figura 16). Ao relacionar com a área de contribuição da bacia, as voçorocas são consideradas pequenas quando a área de drenagem é menor do que 2 hectares, médias quando têm de 2 a 20 hectares, e grandes quando têm mais de 20 hectares.



Figura 15 - Exemplo de erosão em voçoroca em processo de recuperação.

Fonte: <http://www.dr.sandro.org/ecologia/dr.sandro-acompanha-problema-erosao-nova-andradina/>

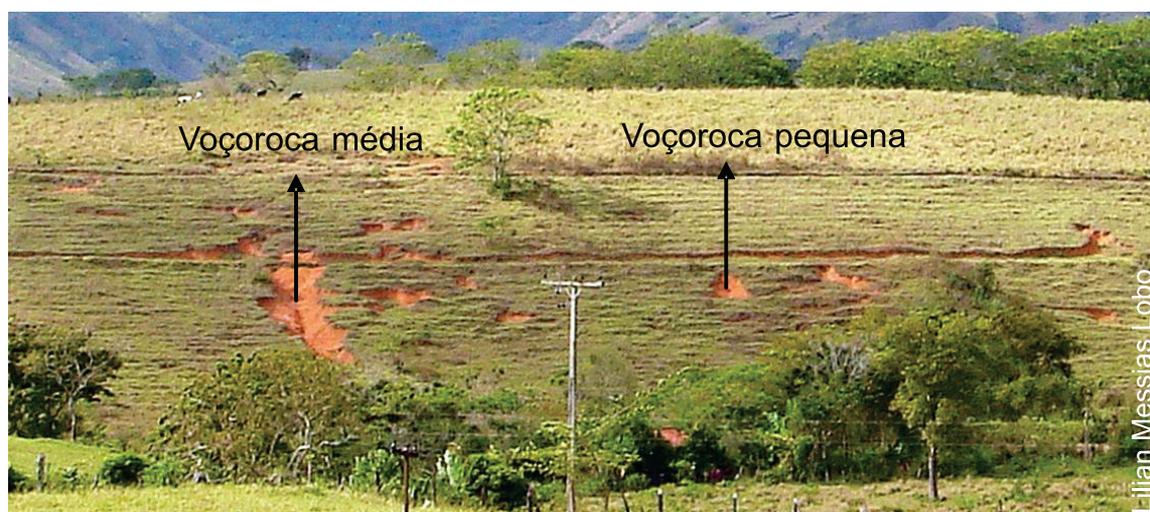


Figura 16 - Exemplo de voçorocas média e pequena.

5. ASPECTOS GERAIS DA CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

As interações entre o solo e a água propiciam que as práticas de conservação sejam, em geral, um processo concomitante (BARUQUI; FERNANDES, 1985), isto é, elas são úteis tanto para reduzir a erosão como para aumentar a recarga das águas subterrâneas. Isso ocorre porque o solo, no ciclo hidrológico, funciona como um reservatório de água, sendo responsável pela formação das nascentes e pela regularização das vazões dos mananciais superficiais – córregos e rios. Por isso, é preciso conter a água da chuva nas propriedades rurais, evitando que ela escoe rapidamente para os cursos d'água.

De modo geral, o processo hidrológico de abastecimento e produção de água das nascentes (Figura 17) pode ser descrito a partir de três equações.

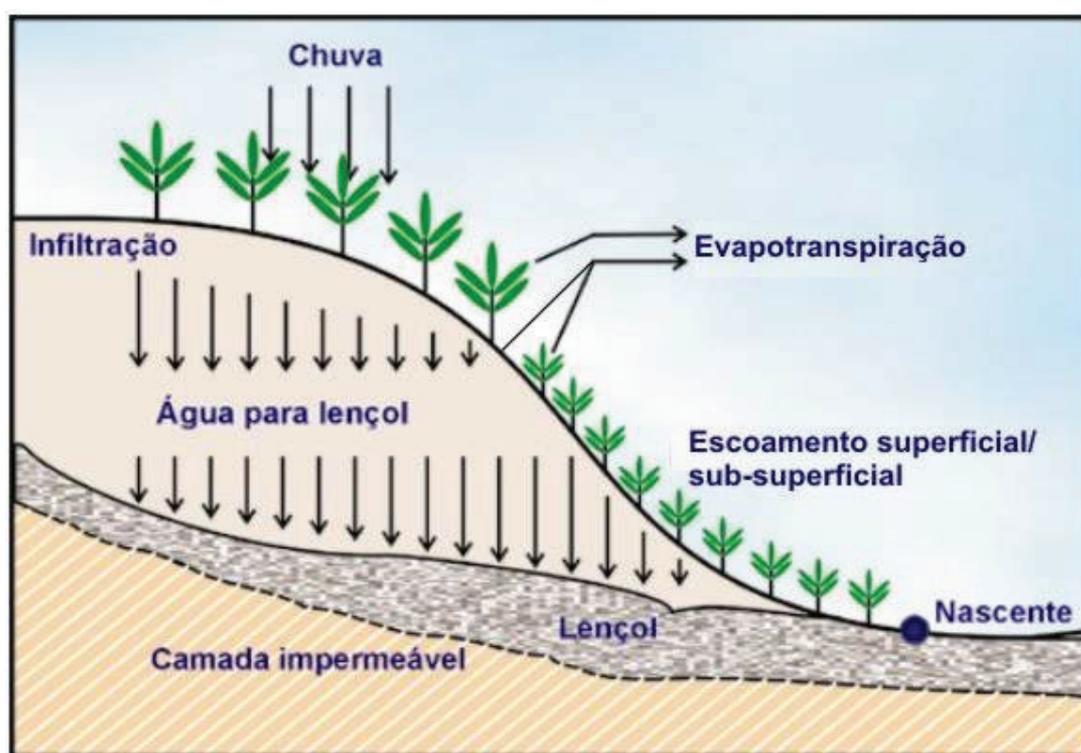


Figura 17 - Processo hidrológico simplificado.

Fonte: VALENTE; GOMES, 2005.

A quantidade de água infiltrada no solo depende da quantidade de água precipitada e da água perdida por evaporação e escoamento superficial:

$$F = P - ES - EVD \quad (\text{Equação 1})$$

em que

F = lâmina de água infiltrada;

P = lâmina de água precipitada;

ES = lâmina de escoamento superficial (enxurrada);

EVD = lâmina de evaporação direta de água de chuva retida em superfícies diversas no ambiente.

Isso significa que, para aumentar a vazão dos cursos d' água e nascentes, as técnicas de conservação da água precisam proporcionar a diminuição do escoamento superficial (**ES**), pois ainda não há tecnologias para interferir na evaporação (**EVD**) e na precipitação (**P**). Práticas como a revegetação das encostas e o terraceamento, por exemplo, oferecem ótimos resultados para diminuir o **ES**.

A quantidade de água que de fato abastece o lençol freático varia em função da quantidade de água infiltrada, de água absorvida e transpirada pelas plantas e da perda por escoamento subsuperficial:

$$AL = F - T - ESs \quad (\text{Equação 2})$$

em que

AL = lâmina de água que chega ao lençol;

F = lâmina de água infiltrada;

T = lâmina de água transpirada pelas plantas;

ESs = lâmina de escoamento subsuperficial.

Sabendo-se que lençol freático é a fonte de abastecimento das nascentes, pode-se concluir que, para aumentar suas vazões, esforços devem ser concentrados na superfície a fim de diminuir o escoamento subsuperficial (**ESs**) e a quantidade de água transpirada, e aumentar a infiltração da água no solo (**F**). Porém, as tentativas para diminuir o **ESs** não serão muito eficazes. Já a diminuição de **T** pode ser obtida com vegetação adequada. As principais medidas devem ser tomadas para aumentar o **F** por meio do manejo adequado do solo.

A diminuição de **T** contribui com a redução da quantidade de água perdida via evapotranspiração (**EP**), que depende, além de **T**, da água evaporada de diversas superfícies do ambiente (**EVD**):

$$\mathbf{EP = EVD + T} \quad \text{(Equação 3)}$$

em que

EP = lâmina evapotranspirada;

T = lâmina de água transpirada pelas plantas;

EVD = lâmina de evaporação direta de água de chuva retida em superfícies diversas no ambiente.

Para diminuir **EP**, deve-se procurar diminuir **EVD** e **T**. Mas a **EVD** é considerada pelos hidrologistas praticamente constante, por não se poder controlar a energia dos ambientes. Resta-nos, portanto, para diminuir **EP**, apenas a diminuição de **T**. Para tal deve-se adotar uma distribuição adequada da vegetação na bacia, evitando-se, por exemplo, o uso de árvores com sistemas radiculares profundos perto de afloramento dos lençóis, pois elas podem se transformar em “verdadeiras bombas de sucção” de água.

De modo geral, todo e qualquer trabalho que se faça na superfície para segurar a água no solo, evitando ou dificultando a formação de enxurradas, irá proporcionar maiores valores de **F** e **AL** e, portanto, maior recarga da água subterrânea (VALENTE; GOMES, 2005). Usar tal capacidade é mais inteligente do que construir reservatórios superficiais (barragens) para armazenar água (VALENTE; GOMES, 2005).

Nesse contexto, é importante reconhecer que toda propriedade rural está inserida em uma bacia hidrográfica e que, por isso, a recuperação e o controle da erosão em uma bacia é um processo de revitalização que precisa envolver um conjunto de ações entre técnicos e a comunidade rural. Dessa forma, o ideal é que o técnico extensionista visualize a microbacia hidrográfica como uma unidade básica de manejo. Uma microbacia hidrográfica consiste em uma área drenada por um conjunto de cursos d' água ou córregos tributários que desaguam em um curso d' água principal.

Outro aspecto essencial é o planejamento das atividades de conservação. Este deve considerar tanto os fatores relacionados com a conservação dos recursos naturais como os do desenvolvimento socioeconômico do agricultor e da propriedade rural.

Em relação ao ambiente da propriedade rural, o planejamento do tipo e da implantação das técnicas conservacionistas precisa considerar suas variabilidades em termos de solos e relevo, pois, embora possa parecer que as terras possuam características pedológicas semelhantes, é certo que elas podem variar de área para área, dentro da mesma propriedade. Considerando esses aspectos, a escolha das áreas para plantio de

culturas anuais, perenes, pastagem e reflorestamento, entre outras, certamente será mais adequada, bem como as medidas de controle da erosão.

O ideal é que o planejamento conservacionista seja norteado pela aptidão agrícola dos solos e a partir de uma visão integrada, que reconheça o papel que cada prática conservacionista, seja de caráter edáfico, vegetativo e mecânico, tem na resolução do problema. A adoção simultânea de cada uma é mais eficiente (BAHIA et al., 1992).

6. TÉCNICAS MECÂNICAS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

A implantação de técnicas de conservação do solo e da água requer o conhecimento da declividade e das curvas de nível do terreno. Isso é feito por meio do nivelamento, isto é, medições em determinada área da propriedade.

6.1. Nivelamento do terreno

O nivelamento de uma vertente é imprescindível em trabalhos de conservação do solo, pois através dele é determinada a diferença de altitude (altura) entre dois ou mais pontos consecutivos. Isso, por sua vez, permite o cálculo da inclinação ou pendente (declividade) do terreno (MACEDO et al., 2009).

O nivelamento pode ser feito a partir de: a) métodos precisos - envolve ferramentas sofisticadas como clinômetro, teodolito e nível de precisão, entretanto são equipamentos de custo elevado e necessitam de conhecimento técnico; b) métodos expeditos - os trabalhos são realizados com ferramentas que, embora rudimentares, são mais acessíveis, como régua e esquadros com nível de pedreiro ou régua com mangueira. Essas ferramentas tornam esse método viável a todos os produtores rurais, porque são de fácil utilização.

Nivelamento utilizando régua e nível de pedreiro: a régua é um equipamento simples e de fácil construção. Ela pode ser feita com um pedaço de madeira aparelhada com 4 m de comprimento por 0,08 m de largura e 0,03 m de espessura. Na parte central da régua, deve ser fixado um nível de pedreiro (Figura 18).

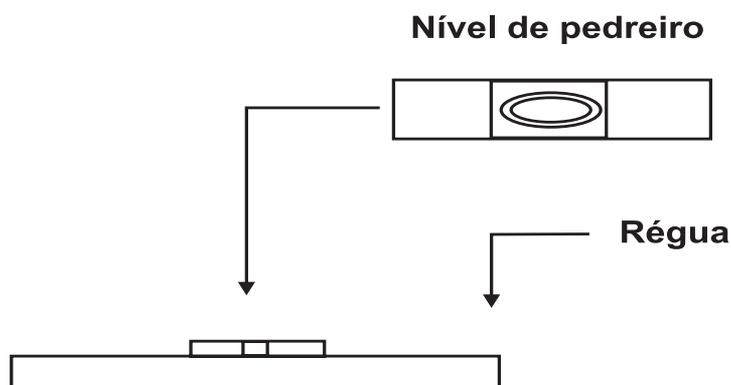


Figura 18 - Régua com nível de pedreiro.

Fonte: SEIXAS, 1984 apud MACEDO et al., 2009.

Nivelamento com esquadros: os esquadros ou cavaletes são equipamentos bastante simples. Eles podem ter formato trapezoidal (Figura 19), retangular ou triangular (Figura 20) e ser construídos com madeira ou cano de PVC, que, por ser mais leve, facilita o trabalho. Precisam ser equipados com um nível de pedreiro (Figura 21) ou, no caso do triangular, com fio de prumo.



Figura 19 - Esquadro do tipo trapezoidal feito com madeira.



Figura 20 - Esquadro do tipo triangular feito com cano de PVC de 50 mm.



Figura 21 - Nível de pedreiro, instalado na parte central do esquadro.

Nivelamento com nível de mangueira: o nível de mangueira pode ser formado por duas réguas de madeira e uma mangueira plástica (Figura 22). A madeira pode ter 2 m de altura, 0,015 m de espessura e 0,07 m de largura e, para funcionar como régua, precisa ser graduada em centímetros por meio da fixação de uma fita métrica, de tal forma que as leituras nas duas réguas sejam coincidentes, e ter uma base (pé) retangular para apoio no solo. Para conectá-las, deve ser utilizada uma mangueira plástica transparente, o diâmetro pode ser de 1/2 polegada e o comprimento entre 10 e 20 metros. A mangueira deve ser presa na parte superior das réguas com braçadeiras e ser preenchida com água até a metade da escala graduada. É importante que não ocorra formação de bolhas de ar.

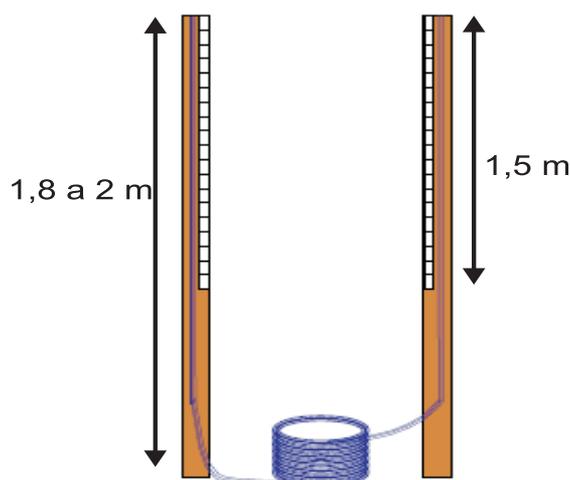


Figura 22 - Esquema de nível de mangueira.

Fonte: LIMA et al., 2010.

Esse método não é indicado para locais com declividade acentuada devido à possível dificuldade de leitura do nível da régua que se encontra na parte mais baixa do terreno.

6.1.1. Nivelamento para determinação da declividade

Declividade é a inclinação que a superfície do terreno possui em relação ao plano horizontal (H) (LIMA et al., 2010) (Figura 23). É uma das características do relevo que mais influencia no escoamento superficial das águas de chuva e nas perdas de solo.

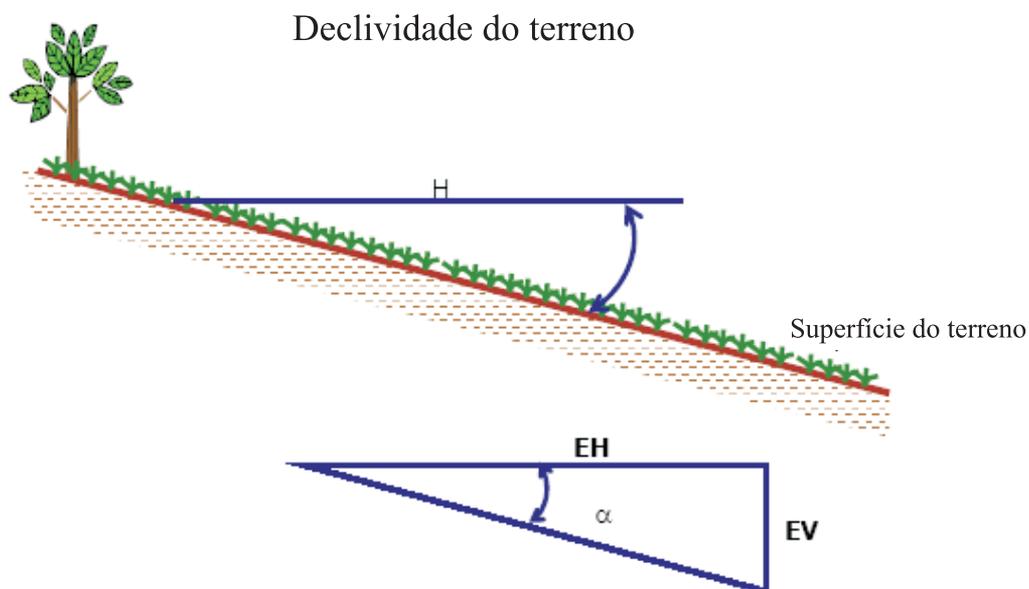


Figura 23 - Representação esquemática da declividade do terreno.

Fonte: LIMA et al., 2010.

A Figura 23 é um esquema em que EH é o caminhamento horizontal no terreno, EV o caminhamento vertical e α o ângulo de inclinação do terreno. Logo, se para uma distância horizontal (EH) existe uma diferença de nível (EV), essa diferença de nível (I) ou ângulo α será obtida pela seguinte equação:

a) em graus:

$$\alpha (I) = \text{arc tg } \frac{EV}{EH}$$

b) em porcentagem

A declividade em porcentagem representa a distância da superfície do terreno ao plano horizontal (EV) para 100 unidades de distância percorrida no plano horizontal (LIMA et al., 2010). A equação consiste em uma regra de três simples:

$$\begin{array}{cc} EV & EH \\ D\% & 100 \\ D\% = 100 & EV/EH \end{array}$$

Para se calcular a declividade do terreno, o primeiro passo é conhecer as medidas EH e EV, que podem ser determinadas conforme descrição:

Régua de pedreiro: no campo, coloca-se a régua em nível no sentido do alinhamento do declive e, com isso, a diferença de nível (EV) poderá ser identificada (Figura 24). Essa deve ser medida procedendo-se à leitura das alturas que vai da base da régua até a superfície do solo com uma trena metálica de bolso. No caso da Figura 24, seriam a soma dos valores $a + b + c + d$. Também será obtida a distância horizontal total (EH), ou seja, multiplicação do comprimento da régua pelo número de leituras feitas durante o caminhamento, no caso da Figura 24 seria o valor n vezes 4 (número de leituras) ou a soma de $n_1+n_2+n_3+n_4$. Todas as leituras devem ser anotadas no campo para depois, no escritório, serem feitos os cálculos necessários.

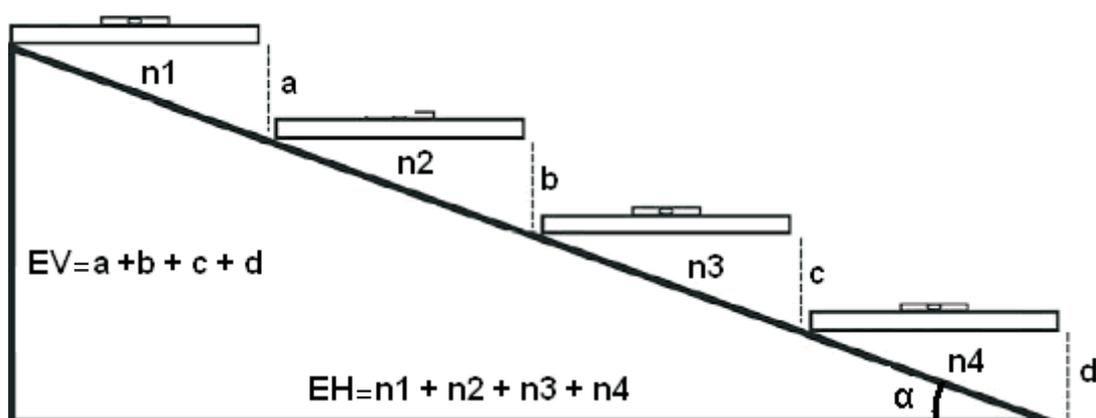


Figura 24 - Determinação da declividade com régua nível de pedreiro.

Fonte: SEIXAS, 1984 apud MACEDO et al., 2009 (adaptado pelos autores).

Esquadros: no campo, de modo similar à régua (Figura 24), coloca-se o esquadro em nível no sentido do declive. Assim, a diferença de nível entre cada ponto, altura que vai da base do esquadro até a superfície do solo, será identificada (Figura 25). Para se ter uma determinação correta, o esquadro deve ser colocado horizontalmente, com um dos pés apoiado sobre o terreno e o restante levantado, até que fique em nível, na direção da linha de maior declive. Depois de medir a diferença de altura, marca-se o ponto e desloca-se o esquadro até que um dos pés fique novamente na posição horizontal, exatamente na extremidade onde foi feita a leitura anterior, e efetua-se nova leitura da régua. As alturas podem ser obtidas com o auxílio de uma trena de bolso ou régua graduada e devem ser anotadas.



Figura 25 - Modo de obtenção da diferença de nível, leitura da altura medida pela régua.

De modo similar à régua de pedreiro, o valor de EV é obtido por meio da soma dos valores parciais da diferença de nível (valores a, b, c e d da Figura 24) e o valor de EH pela multiplicação do valor do comprimento do esquadro (distância entre seus pés) pelo número de leituras realizadas durante o caminhamento.

Mangueira: a declividade é obtida partindo-se do ponto de maior declive, onde é colocada uma das réguas na posição vertical. Depois, estica-se a mangueira horizontalmente no sentido da inclinação (Figura 26), tomando-se o cuidado de não perder água da mangueira. O valor de EV é obtido por meio da soma das distâncias horizontais parciais, medidas com trena, que variam em função do comprimento da mangueira. Já o valor EH é obtido por meio da soma da diferença de altura entre as réguas ($L1 - L2$) de cada ponto, sendo L1 a leitura na régua que se encontra na parte mais alta e L2, da que se encontra na parte mais baixa do terreno.

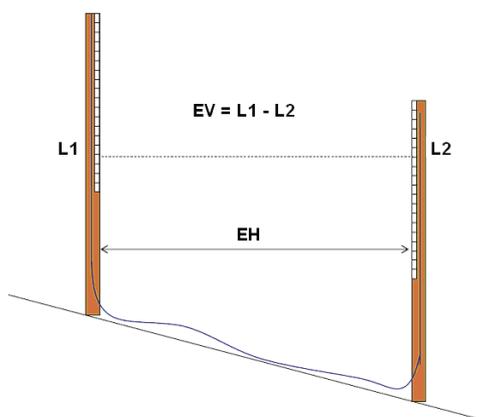


Figura 26 - Determinação da declividade com nível de mangueira.

Fonte: <http://construcaociviltips.blogspot.com/2011/07/nivelamento-nivel-de-mangueira.html>

Antes de iniciar a atividade em campo, deve-se fazer o seguinte: colocar as réguas em uma superfície plana, com os pés numa mesma altura, e verificar se a coluna de água está na mesma altura e marcando o mesmo número. Se isso não ocorrer, é porque há alguma bolha de ar dentro da mangueira.

6.1.2. Cálculo da declividade

Valores obtidos com régua ou esquadro: obter o valor EV por meio da soma das alturas parciais, quantas vezes forem necessárias, e o valor EH multiplicando-se o valor do comprimento da régua ou do esquadro pelo número de leituras realizadas. No caso da Figura 27 seria:

$$EV = a + b + c .$$

$$EH = 3 \times n \text{ ou } n1 + n2 + n3$$

$$D (\%) = 100 \times (EV / EH)$$

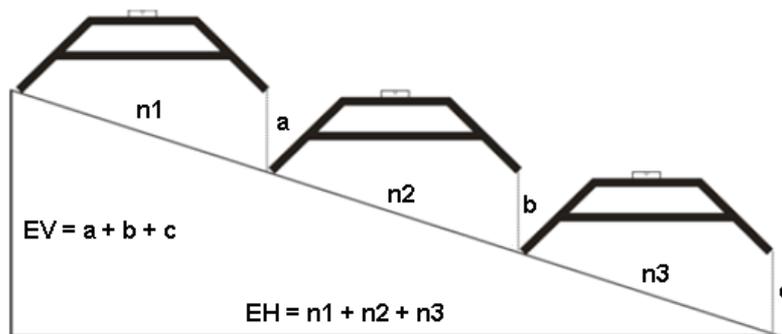


Figura 27 - Determinação da declividade com esquadro.

Fonte: SEIXAS, 1984 apud MACEDO et al., 2009 (adaptado pelos autores).

Exemplo 1: um agricultor, preocupado com o escoamento superficial em determinada área de sua propriedade, resolveu implantar algumas técnicas de conservação do solo, mas antes precisou conhecer a declividade do terreno.

A soma do comprimento do esquadro ou a multiplicação do seu comprimento pelo número de vezes em que foi utilizado, isto é, o EH, foi de 180 metros. Já a soma das alturas parciais, que corresponde a EV, foi igual a 45 m. Com isso, pode-se conhecer a declividade em porcentagem da área a partir do seguinte cálculo:

$$D (\%) = 100 \times (45 / 180)$$

$$D = 25 \%$$

Exemplo 2: usando-se uma régua de 4 m com nível de pedreiro, foram obtidas as seguintes alturas parciais: 60, 55, 45 cm. Logo, a altura total (EV) é de 160 cm ou 1,60 m. Como foram realizadas três leituras, significa que a distância horizontal (EH) é de 12 m (3 vezes 4). A partir de uma regra de três simples, a declividade obtida é de:

$$1,60 \text{ m} \text{ ----- } 12 \text{ m}$$

$$x \text{ ----- } 100 \text{ m}$$

$$x = 13,33 \%$$

$$D (\%) = 100 * (1,6/12)$$

$$D = 13,33 \%, \text{ ou aproximadamente de } 13 \%$$

Valores obtidos com nível de mangueira

Considere o exemplo a seguir. Um agricultor utilizou nível de mangueira com 12 m de comprimento e 2 m de altura (régua) para determinar a declividade do terreno. Foram realizadas cinco leituras. As distâncias horizontais parciais foram: 11,75 m; 11,80 m; 11,90 m; 11,70 m; e 11,85 m, logo o caminhamento horizontal EH foi de 59 m. As alturas parciais L1 – L2 foram: (1,9 – 0,5 = 1,4); (1,7 – 0,3 = 1,4); (1,5 – 0,25 = 1,25); (1,2 – 0,15 = 1,05); e (0,9 – 0,1 = 0,8). Logo o caminhamento vertical EV foi de 5,9 m (1,4 + 1,4 + 1,25 + 1,05 + 0,8). De posse desses valores, a declividade em porcentagem da área é de:

$$D (\%) = 100 \times (5,9 / 59)$$

$$D = 10\%$$

6.1.3. Finalidade da determinação da declividade do terreno

A declividade é a base para a classificação do relevo de uma área, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Classes de declividade em relação ao relevo

Classificação do relevo	Declividade (%)	Características
Plano	0 – 3	Terreno com topografia horizontal, com desnivelamentos muito pequenos.
Suave ondulado	3 – 8	Terrenos pouco movimentados, constituídos por elevações com altitudes relativas até 100 m, com declive suave.
Ondulado	8 – 20	Terrenos pouco movimentados constituídos por elevações com altitudes relativas até 100 m, com declives moderados.
Forte ondulado	20 – 45	Terrenos movimentados constituídos por morros, elevações até 200 m, com declives fortes.
Montanhoso	45 – 75	Terrenos muito movimentados, com predomínio de formas acidentadas, constituídos por morros, montanhas e maciços montanhosos, com declives fortes ou muito fortes.
Escarpado	> 75	Terrenos com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes.

Fonte: EMBRAPA, 1999 apud LIMA et al., 2010.

O conhecimento da declividade da área é essencial para o planejamento da implantação de práticas conservacionistas e mecanização, entre outros procedimentos, a fim de se obter melhor uso da terra.

Adoção de práticas conservacionistas: as técnicas de conservação de água e solo como terraços são determinadas e calculadas em função da declividade do terreno, com influência nos custos de implantação e na demanda da mão de obra.

Aptidão agrícola: precisa combinar, entre outras características, a inclinação do terreno e o tipo de uso permitido.

Mecanização agrícola: os processos de preparo do solo até a colheita dependem da declividade do terreno, porque o equipamento agrícola não consegue trafegar em determinadas inclinações ou porque os custos da operação são inviáveis.

Cumprimento da legislação ambiental: as áreas com declividade igual ou maior que 45°, que corresponde a 100% de declividade, são consideradas pela Legislação Ambiental como áreas de preservação permanente.

6.1.4. Locação das curvas de nível

As curvas de nível são linhas traçadas na superfície do terreno em pontos de mesma cota. A finalidade de sua demarcação no campo é a conservação do solo e da água (GARCIA; PIEDADE, 1984). É nas curvas de nível que práticas mecânicas como terraços são implantadas, bem como o plantio em nível ou em contorno realizado entre os terraços (Figura 28).

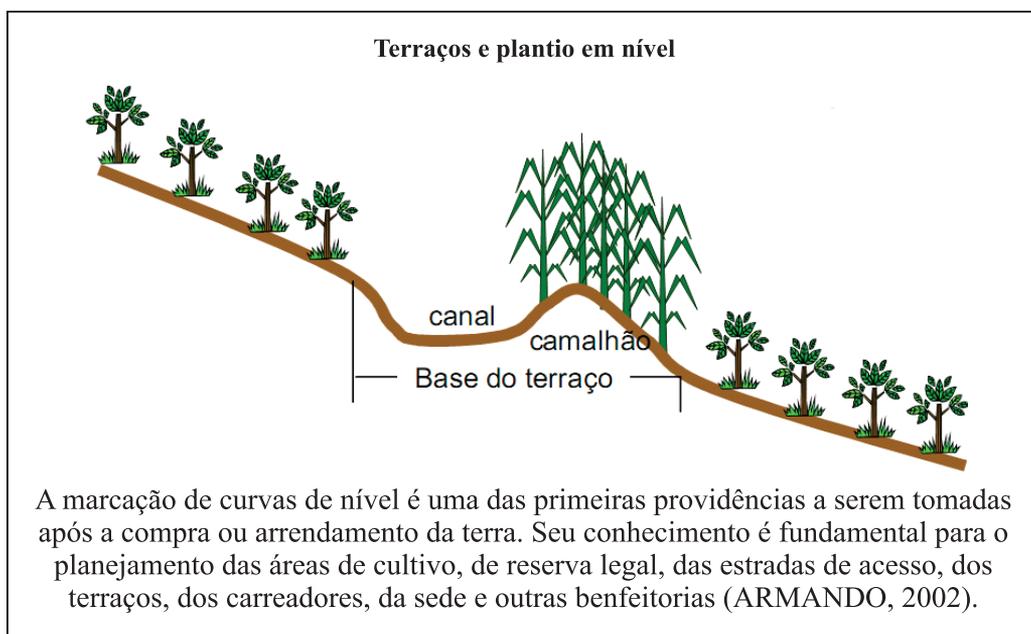


Figura 28 - Terraços e plantio em nível.

Fonte: LIMA et al., 2010.

As curvas de nível são demarcadas no sentido transversal à linha do declive e a partir do ponto mais elevado da área. O espaçamento entre elas pode ser medido tanto pela distância horizontal (EH) como pela vertical (EV) (Figura 29) (BARUQUI; FERNANDES, 1985). EV refere-se à diferença de nível entre as curvas, e EH, à distância entre elas medida em linha reta. O valor do espaçamento se relaciona com a declividade do terreno, com o tipo de solo e com a cultura a ser implantada.

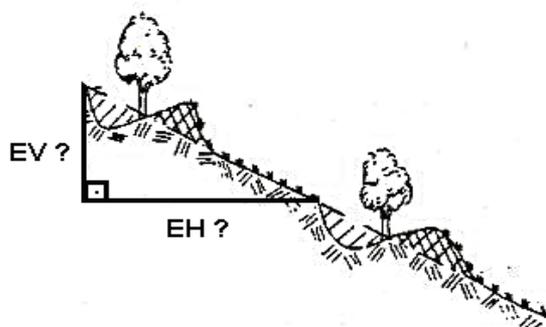


Figura 29 - Terraços e espaçamentos vertical e horizontal entre eles.

Fonte: Adaptado de LIMA et al., 2010.

Para a construção de terraços, o espaçamento pode se consultado em tabelas próprias como a do Quadro 2. De modo geral, para um mesmo tipo de solo, quanto maior a declividade, menor é a distância entre uma curva e outra.

Quadro 2 - Espaçamento entre terraços

Declividade (%)	Solos Argilosos		Solos Médios		Solos Arenosos	
	EV (m)	EH (m)	EV (m)	EH (m)	EV (m)	EH (m)
2	1,00	50,00	0,80	40,00	0,60	30,00
3	1,10	36,70	0,90	30,00	0,70	23,30
4	1,20	30,00	1,00	25,00	0,80	20,00
5	1,30	26,00	1,10	22,00	0,90	18,00
6	1,40	23,40	1,20	20,00	1,00	16,70
7	1,50	21,40	1,30	18,60	1,10	15,70
8	1,60	20,00	1,40	17,50	1,20	15,00
9	1,70	18,90	1,50	16,70	1,30	14,40
10	1,80	18,00	1,60	16,00	1,40	14,00
11	1,90	17,30	1,70	15,50	1,50	13,60
12	2,00	16,70	1,80	15,00	1,60	13,30
13	2,10	16,20	1,90	14,60	1,70	13,00
14	2,20	15,70	2,00	14,30	1,80	12,90
15	2,30	15,30	2,10	14,00	1,90	12,70
16	2,40	15,00	2,20	13,70	2,00	12,50
17	2,50	14,70	2,30	13,50	2,10	12,40
18	2,60	14,40	2,40	13,30	2,20	12,20
19	2,70	14,20	2,50	13,20	2,30	12,10
20	2,80	14,00	2,60	13,00	2,40	12,00
21	2,90	13,80	2,70	12,90	2,50	11,90
22	3,00	13,60	2,80	12,70	2,60	11,80
23	3,10	13,50	2,90	12,60	2,70	11,70
24	3,20	13,30	3,00	12,50	2,80	11,70

EV – Espaçamento vertical (m); EH – espaçamento horizontal (m).

Fonte: BARUQUI; FERNANDES, 1985.

Por conveniência prática, a distância horizontal é medida diretamente sobre o terreno, já que a diferença entre as duas medições é negligenciável (BARUQUI; FERNANDES, 1985), sendo, portanto, a medida mais fácil de ser obtida. Para declividades mais acentuadas, superiores a 24%, a distância será determinada em campo, de acordo com as observações feitas pelos profissionais envolvidos e pela própria vivência do agricultor no local. Para Lima et al. (2010), o espaçamento horizontal mínimo entre terraços, para que a implantação seja viável e permita um trabalho mais eficiente das máquinas agrícolas, deve ser em torno de 12 m. Para ser em nível ou em contorno, o plantio deve acompanhar o sentido das curvas de nível, que podem ser locadas no terreno por meio de instrumento rudimentar ou com aparelhos de precisão. Os mais utilizados são esquadros, nível de mangueira, nível de precisão e teodolito.

Locação com esquadros: a demarcação deve ser iniciada a partir da parte mais elevada da vertente, consistindo na alternância de posições do esquadro, no sentido transversal à linha de declive, conforme as Figuras 30, 31 e 32. O deslocamento deve ser realizado sempre em nível (com o auxílio do nível de bolha preso na parte central do esquadro) (MACEDO et al., 2009). Durante o deslocamento, o ajudante deve ir marcando os pontos ou local onde o pé do esquadro toca. A marcação pode ser realizada com estacas de madeira, bambu, pedras ou cal, como demonstrado na Figura 32. O uso de cal é prático porque a marcação fica evidente no solo ou na vegetação, facilitando o trabalho do operador do equipamento. Além disso, tem baixo custo, reduzida mão de obra e evita o carregamento de estacas e bambus.

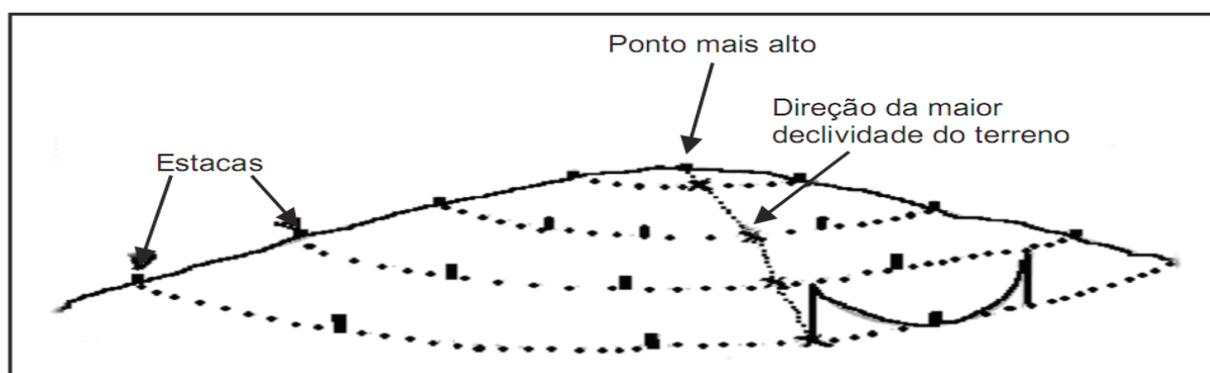


Figura 30 - Marcação das curvas com nível de mangueira.

Fonte: EMATER (PR), 1982 apud OLIVEIRA et al., 2010.

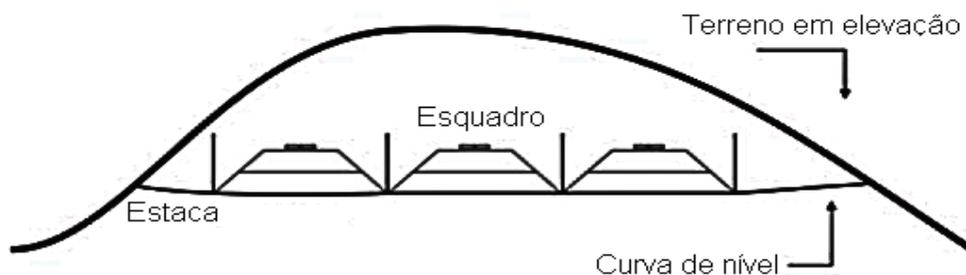


Figura 31 - Localização das curvas de nível com esquadro.

Fonte: SEIXAS, 1984 apud MACEDO et al., 2009



- na direção do declive;
- a partir do ponto mais alto do terreno;
- o espaçamento da primeira curva de nível deve ser reduzido à metade;
- para implantação de culturas entre os terraços, o espaçamento entre eles pode ser igual ou superior a 12 m.

Figura 32 - Marcação de terraço com estacas e cal.

Locação com nível de mangueira: nesse processo utiliza-se uma mangueira e duas réguas como no modelo descrito para obtenção da declividade. As curvas de nível são marcadas alternando-se as réguas graduadas de tal forma que a mangueira fique esticada (Figura 33). Os pontos a serem marcados, de mesma altitude, são identificados por meio da coincidência dos níveis de água em cada uma das réguas graduadas. Para facilitar o trabalho, estacas de madeira e bambu ou cal podem ser utilizadas para a marcação e orientação dos trabalhos mecanizados.

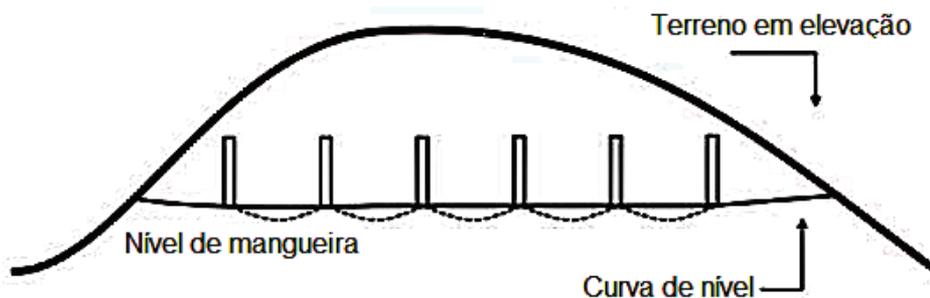


Figura 33 - Locação das curvas de nível com nível de mangueira.

Fonte: SEIXAS, 1984 apud MACEDO et al., 2009.

6.2. Terraços em nível

Os terraços são estruturas artificiais formadas por porções de terra na forma de diques e canais na superfície do solo com o objetivo de parcelar o comprimento de rampa para possibilitar a redução da velocidade do escoamento superficial e favorecer a infiltração da água no solo ou disciplinar o seu escoamento até o leito estável de drenagem natural (Figura 34) (LIMA et al., 2010). Mas, para atingir essas metas, os terraços devem ser dispostos adequadamente em relação ao declive, isto é, construídos na direção das curvas de nível. Os terraços são uma das práticas mais eficientes no controle da erosão dos solos agrícolas (BAHIA et al., 1992).

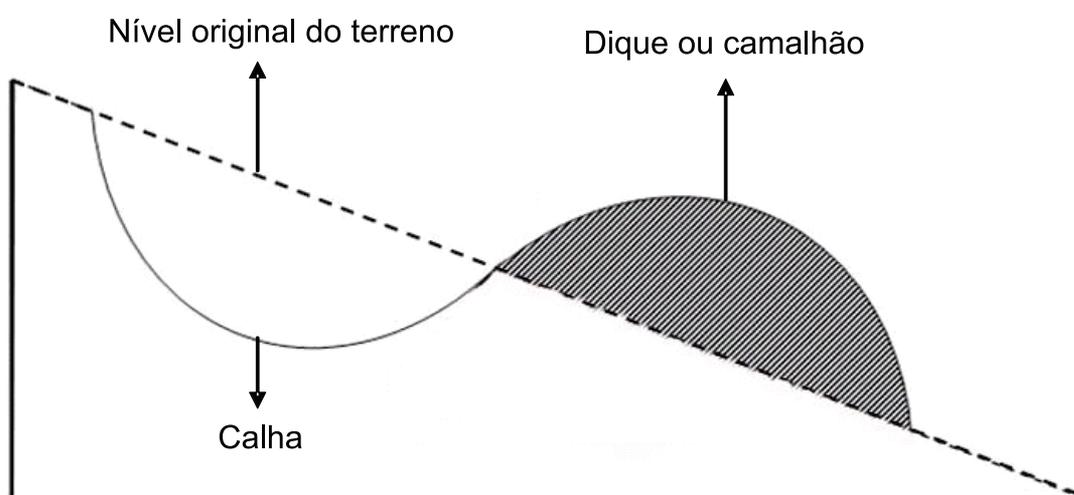


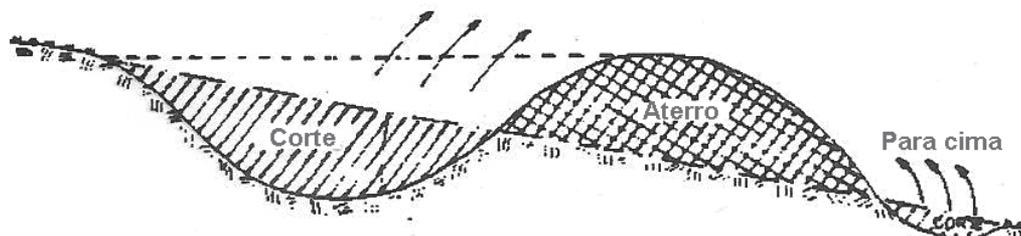
Figura 34 - Seção transversal de um terraço.

Fonte: BARUQUI; FERNANDES, 1985.

Os diferentes valores de profundidade do canal e da largura do dique, ou seja, da largura de movimentação de terra, bem como a forma como os terraços são construídos e a função que desempenham, condicionam a existência de diferentes classificações e tipos de terraços. Em relação à função, eles podem ser em nível ou de absorção e em gradiente ou de drenagem superficial. Quanto à largura, pode ser de base estreita se a movimentação de terra for entre 2 e 3 m, de base média ou cordões de contorno se for entre 3 e 6 m, e de base larga se for entre 6 e 12 m (CURI et al., 1993; LIMA et al., 2010). Quanto à forma de construção, os terraços podem ser de três tipos, em função de um tipo de declividade, conforme Quadro 3.

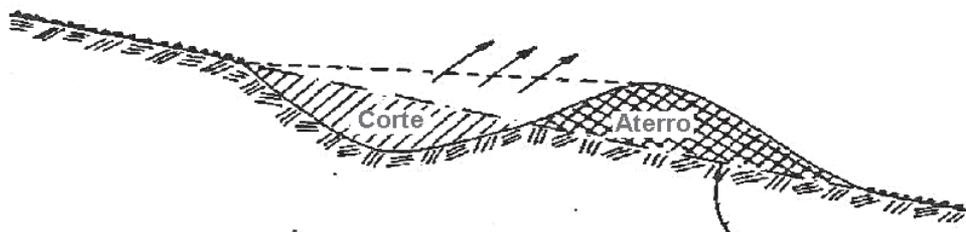
Quadro 3 - Tipos de terraços quanto à forma de construção

a) Tipo mangum ou camalhão para declive até 8%



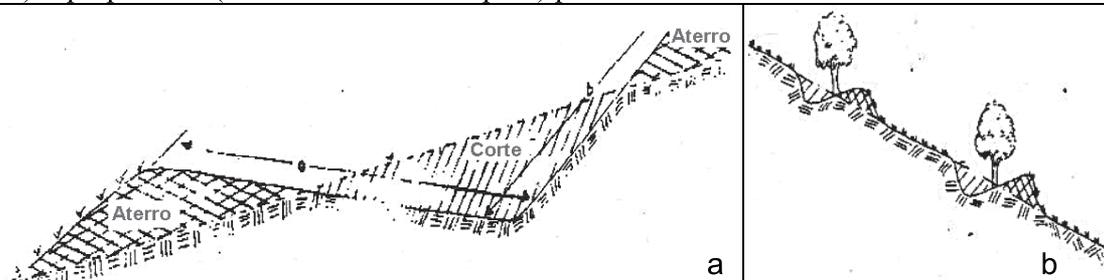
Terraço tipo mangum, construído com arado fixo, tombando à terra alternadamente para baixo e para cima.

b) Tipo nichols ou canal para declive até 20%



Terraço tipo nichols, construído com arado reversível, que permite o tombamento da terra somente para baixo.

c) Tipo patamar (contínuo ou interrompido) para declive > 20%



Terraço patamar contínuo (a); terraço patamar descontínuo (b).

Fonte: LIMA et al., 2010.

Os terraços de infiltração ou em nível são mais recomendados para solos com elevada capacidade de infiltração de água. Esse tipo de terraço, além de maior facilidade de locação e construção, aumenta o aproveitamento de água da chuva, forçando sua infiltração no solo (LIMA et al., 2010). Já em solos com baixa capacidade de infiltração, em geral muito argilosos, o terraço mais recomendado é o de drenagem ou em gradiente, cuja construção, além de ser mais cuidadosa, requer um canal para conduzir, de forma segura, o excesso de água do terraço até pontos mais baixos da encosta (LIMA et al., 2010). Entretanto, com o aumento da demanda hídrica, recomendam-se, mesmo para as regiões com solos mais argilosos, os terraços em nível, sem gradiente, justamente para proporcionar maior infiltração e recarga dos aquíferos subterrâneos.

Os terraços de base estreita são uma ótima opção porque ocasionam pouca alteração na superfície do solo. A largura da faixa de movimentação de terra é de 2 a 3 m. Além disso, suas dimensões e a declividade do canal e dos lados do dique ou camalhão permitem a mecanização. Os taludes do dique são geralmente construídos com declive de 2:1 ou mais e, para maior estabilidade, são mantidos gramados (CURI et al., 1993).

Para conservação de solos, Bertoni e Lombardi (1990) aconselham terraços em encostas com no máximo 24% de declividade, devendo, nesse caso, ser construídos de 18 em 18 m. Para infiltração, ou seja, para fins hidrológicos, Valente e Gomes (2005) admitem construí-los em encostas com até 50-60% de declividade, com espaçamento variado, dependendo das características dos solos, da cobertura vegetal, das análises hidrológicas etc. Resultados positivos disso têm sido obtidos com a construção de terraços em encostas com inclinações próximas a 45%, utilizando-se mecanização animal e, em declividades superiores, utilizando enxada, enxadão ou valeira (Figuras 35, 36 e 37).



Figura 35 - Terraço de base estreita em encosta com declividade acentuada.



Figura 36 - Encosta terraceada após a chuva.



Figura 37 - Terraceamento utilizando tração animal.

Nas áreas mais planas, quando possível, pode-se utilizar a mecanização agrícola (Figuras 38 e 39). Entretanto, é recomendado que se utilize 1 (ou 2) disco no arado, de forma a promover o menor revolvimento de solo. A utilização do implemento agrícola motorizado permite que os trabalhos de terraceamento sejam realizados em qualquer período do ano, independente das condições de umidade e dureza do solo.



Figura 38 - Terraço de base estreita em encosta com declividade suave.



Figura 39 - Terraceamento utilizando implementos agrícolas motorizados.

Os terraços para fins hidrológicos, independente de como são construídos, possuem uma largura de no máximo 1 m. Em geral, a calha apresenta medidas entre 0,30 e 0,50 m de profundidade e de largura, o camalhão tende a acompanhar essas medidas.

Na prática, um terraço com 0,30 por 0,30 m de profundidade e largura, em 100 m de comprimento, é capaz de armazenar 9.000 litros de água. Essa quantidade de água é facilmente alcançada dependendo da cobertura vegetal do terreno, da declividade, da infiltração de água no solo e, principalmente, da distância entre terraços, da intensidade e da quantidade de chuva. Se considerar uma distância de 12 m entre terraços e uma taxa de escoamento superficial de 50%, uma chuva de 15 mm seria o suficiente para encher esses terraços de água. Na ausência dessas estruturas, os terraços, todo o escoamento superficial formado na superfície do solo causa a erosão laminar, um tipo difícil de ser identificado e extremamente prejudicial ao solo, pois a água corre em toda a encosta, “lavando” a superfície do solo, como sementes, matéria orgânica, fertilizantes e os próprios nutrientes naturais do solo.

Embora existam algumas tabelas e programas que auxiliam no cálculo do dimensionamento e da distância entre terraços, eles não abrangem declividades mais acentuadas. Nos terraços para fins hidrológicos, têm-se utilizado distâncias de 8 a 12 m, dependendo das condições da cobertura vegetal do solo. Na grande maioria das áreas, o

espaço entre terraços de 12 m tem sido o suficiente para coletar a água do escoamento superficial e evitar os processos erosivos mesmo com chuvas de maior intensidade.

A marcação dos terraços é uma atividade simples, que demanda equipamentos e materiais disponíveis no mercado, os mesmo utilizados para a determinação da declividade e curva de nível.

A implantação dos terraços, por meio mecanizado ou por tração animal, deve ser feita nas curvas de nível. Nesse caso, o uso da cal é interessante pois deixa marcado a linha onde o implemento irá fazer a abertura da calha do terraço. Isso, por sua vez, gera movimentação de terra, que será utilizada para formação do camalhão por meio de acerto da terra com ferramentas manuais (enxada ou enxadão).

Durante o trabalho de acerto do camalhão, outra atividade que deve ser realizada é a construção de pequenas barreiras de terra dentro de cada terraço (Figura 40). Essas barreiras são construídas com distância aproximada de 5 m para implantar, dentro do terraço, compartimentos de armazenamento de água. Com tal procedimento, evita-se o acúmulo de água em locais que ficaram fora do nível e que podem causar o rompimento do terraço.



O rompimento dos terraços é muito prejudicial, pois o volume de água que se encontra armazenado, ao ser liberado, terá grande capacidade de romper os terraços a jusante e causar erosão em sulcos, devido à formação de canais para escoamento da água.

Figura 40 - Detalhe do terraço com as divisões (septos) feitas com terra.

6.3. Preparo do solo

As atividades relacionadas com o preparo do solo resultam, geralmente, na quebra dos agregados do solo e, conseqüentemente, na diminuição do seu tamanho, no aumento temporário do espaço poroso, na incorporação dos resíduos agrícolas e no aumento da atividade microbiana (MACEDO et al., 2009). Sem o devido manejo, além de o solo ficar descoberto, com o passar do tempo ocorre diminuição da matéria orgânica e da fauna do solo (micro, meso e macrofauna). Isso, aliado à quebra mecânica dos agregados, aumenta a suscetibilidade do solo à erosão, pois, quando as partículas ficam expostas e dispersas, como as das Figuras 41 e 42, elas se tornam mais vulneráveis ao processo de salpicamento e transporte. Em consequência disso, as taxas de escoamento superficial são maiores, o que provoca erosão, empobrecimento do solo, assoreamento dos mananciais hídricos, etc.



Figura 41 - Solo descoberto propenso à erosão.



Figura 42 - Área preparada para reflorestamento.

Além disso, o peso das máquinas e dos implementos pode causar a aproximação das partículas do solo, ou seja, compactar sua camada superficial. Em função dessas alterações físicas, o preparo é a prática que mais induz à erosão do solo agrícola.

O correto preparo do solo precisa considerar:

- os tipos de implementos a serem utilizados;
- as condições de umidade do solo;
- o sentido do preparo do solo; e
- a intensidade e o número de operações do preparo.

Os implementos devem se adaptar às condições do ambiente local (umidade do solo e relevo) e aos tipos de solo (MACEDO et al., 2009). Isso é fundamental para conservar as características físicas e biológicas da camada de preparo do solo. Evitando-se a desagregação excessiva, é possível favorecer a infiltração da água e diminuir, conseqüentemente, as perdas de solo.

A umidade no momento do preparo do solo é um aspecto que deve ser considerado, pois as forças de atração que mantêm as partículas do solo agregadas variam de acordo com o conteúdo de água no solo. Quando o solo está úmido, a força dominante é a adesão e, quando está seco, a coesão (Figura 43). Mas há um ponto relacionado com o teor de umidade em que essas forças se anulam, isto é, a atração entre as partículas é a menor possível. Com isso, a desagregação do solo é facilitada, por isso é o ponto ideal para

receber o preparo do solo. Esse ponto, identificado como a consistência de friabilidade, é ligeiramente úmido.

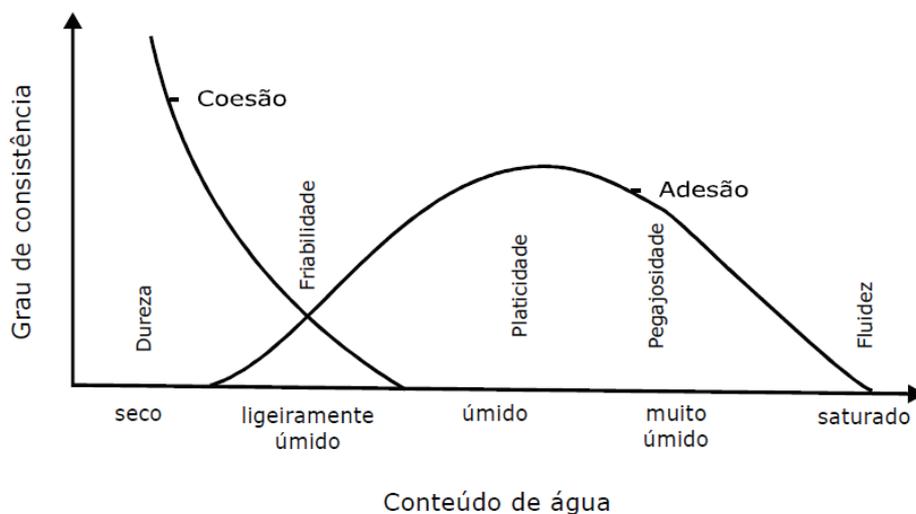


Figura 43 - Relação entre as forças de coesão e de adesão que atuam no solo em diferentes condições de umidade.

Fonte: KOHNKE, 1968 apud MACEDO, 2009.

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 plasticidade). Se estiver muito seco, também haverá maior consumo de energia, devido à maior necessidade de potência do maquinário utilizado, pois os torrões estarão muito duros (MACEDO et al., 2009). Em ambos os casos, ocorrerão prejuízos significativos à estrutura do solo.

O preparo do solo deve ser feito de modo transversal ao sentido do declive. A simples adoção dessa prática representa redução de até 50% nas perdas de solo (MACEDO et al., 2009). O preparo do solo “morro abaixo”, como o apresentado na Figura 44, sempre deve ser evitado, pois nessa condição a erosão é intensificada.

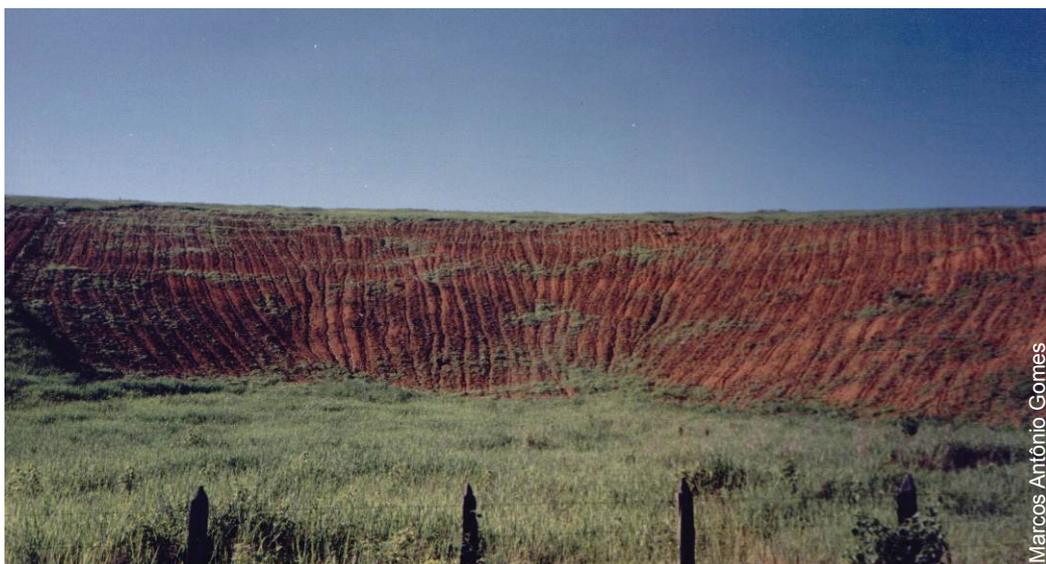


Figura 44 - Preparo do solo com aração no sentido do declive.

Com base no tipo de implemento agrícola, na intensidade de seu uso e na cobertura do solo, podem ser identificados três tipos básicos de preparo do solo (Quadro 4).

Quadro 4 - Tipos básicos de preparo do solo

	Descrição
Convencional	Envolve uma ou mais arações e duas ou mais gradagens.
Plantio direto	Pode ser definido como a técnica de colocação da semente ou muda em sulco ou cova no solo não revolvido, de largura e profundidade suficientes para a adequada cobertura e contato da semente ou muda com a terra. O revolvimento máximo para a abertura do sulco ou cova é de 25 a 30% da área total (CURI et al., 1993). Assim, nesse manejo o aspecto fundamental é a manutenção da cobertura do solo. As entrelinhas devem permanecer cobertas por restos culturais ou por plantas cultivadas para essa finalidade. E o plantio deve ser feito na palhada da lavoura anterior ou sobre as plantas daninhas, previamente dessecadas por herbicidas de contato ou sistêmicos. No plantio direto, ocorrem simultaneamente três princípios básicos: revolvimento mínimo do solo, rotação de culturas e a cobertura do solo (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008).
Mínimo ou Reduzido	É uma técnica intermediária entre o convencional e o direto porque não atende a um dos três princípios básicos do plantio direto (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008) como de cobertura morta do solo suficiente ou revolvimento mínimo, pois pode ocorrer plantio sem palhada ou uso de grade niveladora, por exemplo. De modo geral, os processos convencionais de aração e gradagem devem ser dispensados. E os restos culturais também devem ser mantidos no solo.

O melhor preparo é aquele que envolve o menor número de operações, que minimiza o revolvimento do solo e que deixa o máximo de resíduos culturais sobre a superfície, como o plantio direto (MACEDO et al., 2009). Esses aspectos são fundamentais para proteger os agregados do solo do impacto direto das gotas da chuva. Deve-se considerar, no entanto, que nenhum implemento de preparo do solo promove melhorias na sua estrutura. Isso só é possível através do incremento da atividade biológica de macro e microorganismos e do sistema radicular (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008).

6.4. Caixas de Captação

O objetivo das caixas de captação é armazenar as águas da chuva, evitar enxurradas e atenuar os processos erosivos. Essa tecnologia consiste em construir pequenas barragens ou miniaçudes nos locais da propriedade rural em que ocorre a concentração de águas de chuva e formação de enxurradas com potencial erosivo (Figuras 45, 46 e 47) (SANTANA, 2003). Assim, elas podem ser construídas tanto ao longo das estradas rurais como nas áreas de cultivo.

Os benefícios são significativos visto que a concentração de água em determinado local nas propriedades é a principal responsável pelos processos erosivos e pela formação de voçorocas. Toda a caixa de captação deve ser dimensionada, levando-se em consideração a área de escoamento superficial, a cobertura vegetal do solo, a classe do solo e a quantidade de chuva. O não comprometimento com essas variáveis pode ocasionar maior erosão. No capítulo 7, são apresentadas recomendações gerais para a construção das caixas.



Figura 45 - Caixas de captação inseridas em área com pastagem degradada.



Figura 46 - Caixas de captação após ocorrência de chuvas.



Figura 47 - Caixas de captação em área de plantio de café.

6.5. Paliçadas

As paliçadas são estruturas feitas com material muitas vezes disponível dentro da propriedade rural, como bambu, pedra, estaca de madeira etc. Essas estruturas podem ser implantadas em conjunto com as caixas de captação ao longo das estradas rurais (Figura 48) e nas encostas, onde têm a função de diminuir o potencial energético da água e reter partículas sólidas (solo, rocha, material orgânico etc.) antes de chegarem à caixa de captação.

Em determinados locais das encostas e estradas rurais, não é recomendada a implantação de caixas de captação de água devido à declividade acentuada do terreno, a estrutura física do solo ou outros impedimentos, pois a abertura da caixa pode iniciar a formação de uma voçoroca. Nesses locais, recomenda-se implantar somente as paliçadas.

As paliçadas têm sido utilizadas também dentro de sulcos, ravinas e voçorocas para diminuir o processo erosivo causado pelas enxurradas (Figuras 49 e 50).



As paliçadas são úteis para diminuir o potencial energético da água e para reter partículas sólidas trazidas pela enxurrada. Isso propicia a estabilização do processo erosivo e a posterior recuperação dos sulcos e voçorocas.

Figura 48 - Paliçada dentro de um sulco às margens da estrada, Itabira –MG.



Figura 49 - Paliçada dentro de uma voçoroca, Viçosa –MG.



Figura 50 - Paliçada construída na parte inferior da encosta para contenção do processo erosivo, Viçosa –MG.

7. EROSIÃO NAS ESTRADAS RURAIS

As estradas de terra são estruturas viárias importantes para o desenvolvimento econômico e social do meio rural. No entanto, elas têm sido um problema para os produtores, porque, em geral, foram feitas sem medidas básicas de proteção contra a erosão do solo.

Os problemas oriundos da erosão nas estradas são, além da degradação do solo, a diminuição da infiltração da água no solo, a acumulação de sedimentos e água no seu leito, a formação de buracos e valetas e, conseqüentemente, a diminuição da sua trafegabilidade. Isso causa impacto na propriedade rural tanto em relação à chegada de insumos e escoamento de produtos como no bem estar da família, como no deslocamento

de crianças para escolas. Sendo assim, a disseminação de técnicas adequadas de intervenção e controle da erosão é fundamental. Para favorecer isso, é importante que soluções simples e baratas sejam utilizadas, como material e mão de obra local.

A construção de uma estrada adequada envolve a elaboração de um projeto, em geral executado por um profissional habilitado como engenheiro civil. Mas existem técnicas simples e eficientes de controle da erosão que podem ser executadas nas estradas de propriedades rurais a partir da iniciativa do próprio produtor rural.

7.1. Técnicas de controle da erosão nas estradas rurais

O primeiro aspecto a ser observado na adequação das estradas rurais é a sua localização, bem como dos carregadores, que, nesse contexto, podem ser compreendidos como uma estrada interna porque também são susceptíveis aos processos erosivos. Por exemplo, é fundamental que os caminhos sejam colocados ao máximo do sentido do contorno, funcionando como verdadeiros terraços para defender as culturas contra erosão e que, os mesmos, sejam interligados o mínimo possível, pois isso resulta na abertura de carregadores no sentido do declive. O próximo passo é a implantação dessas vias segundo os princípios de conservação do solo e da água, com práticas mecânicas capazes de interceptar o escoamento superficial formado pela água da chuva.

As técnicas de controle da erosão e de adequação das estradas rurais variam, de modo geral, em função do ambiente onde estão construídas. Estradas localizadas em regiões planas e/ou com relevo suave precisam de um número menor de intervenções que as localizadas em relevo acidentado, por exemplo.

Segundo Demarchi (2003), a conformação ideal das estradas localizadas em relevo plano ou levemente ondulado é aquela em que a pista de rolamento fica elevada, como mostra a Figura 51. A diferença de nível entre o fundo da valeta (dispositivo de drenagem) e o eixo da pista deve ser maior ou igual a 0,60 m. Além disso, a pista deve ter um desnível de 4 a 6% do centro da pista para a área marginal e precisa ter dispositivos de drenagem lateral para captar a água que escoar sobre a superfície da estrada.

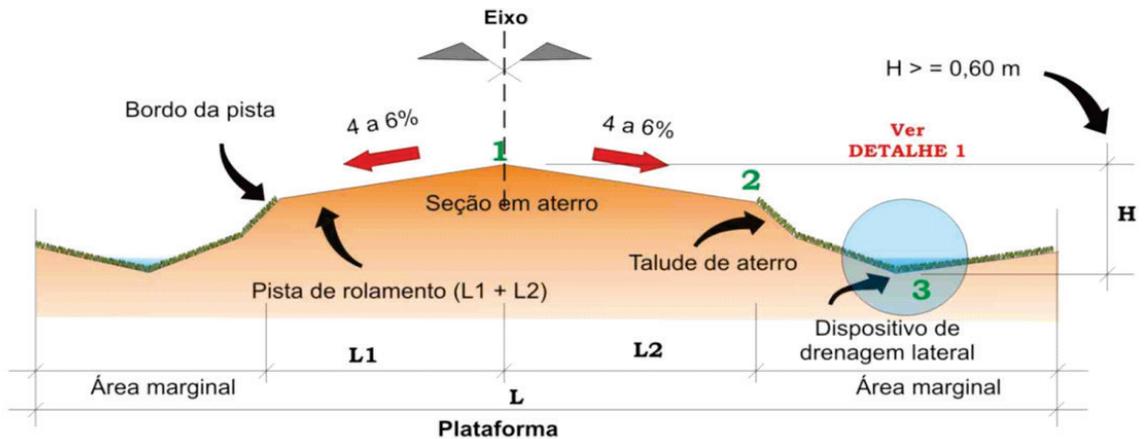


Figura 51 - Conformação de uma estrada ideal para relevo plano ou levemente ondulado.
 Fonte. DEMARCHI, 2003.

No entanto, para estradas já construídas pode ser que não seja possível uma reforma completa para se chegar a uma conformação como a da Figura 51. Nesse caso, é importante que medidas preventivas sejam realizadas em trechos críticos para evitar a degradação das estradas, bem como a identificação e correção dos problemas, sobretudo os relacionados à erosão e ao acúmulo de água. Um exemplo disso pode ser observado na Figura 52: a) uma estrada localizada em uma encosta com acúmulo de sedimentos no leito (setas vermelhas), e b) um ponto localizado na mesma estrada onde ocorre o escoamento da água e dos sedimentos. Nesses trechos, medidas devem ser tomadas para evitar ou atenuar a degradação não só da estrada, mas também do solo e da água.



Figura 52 - Estrada com acúmulo de sedimentos (a); processo erosivo com formação de um canal de escoamento da enxurrada (b).

Estradas localizadas em regiões planas ou levemente onduladas e com solos permeáveis, de modo geral, podem ser reformadas a partir de técnicas baseadas na movimentação de volumes de terraplanagem (DEMARCHI et al., 2003). Já em áreas mais declivosas ou de solos pouco permeáveis, como os argissolos, a movimentação de volumes de terraplanagem precisa ser criteriosa. Outra opção para essas estradas, bem como para as localizadas em meia encosta ou em locais com afloramento de rochas, ou com outro tipo de impedimento, é fazer uso de tecnologias alternativas que considerem, de acordo com Demarchi et al. (2003), os seguintes aspectos:

- o enquadramento da plataforma aos gabaritos de seção transversal estabelecidos pelo respectivo projeto;
- a manutenção do greide de modo geral, nas mesmas condições planialtimétricas encontradas;
- pequenas relocações de traçado, se necessárias;
- a execução de pequenos cortes e/ou aterros em pontos localizados;
- execução de revestimento da pista de rolamento em toda a sua extensão ou parcialmente, abrangendo os trechos mais críticos cujas rampas sejam superiores a 8%;

- utilização de dispositivos de contenção, condução e/ou redução de velocidade das águas superficiais como caixas de captação de água, dissipadores de energia, segmentos de terraço/bigode;
- a execução de obras de arte correntes como bueiros tubulares, entre outros;
- reconformação de taludes, se necessário.

De modo geral, as técnicas de adequação das estradas rurais podem ser agrupadas segundo a sua função: para melhoria de plataforma, drenagem, revestimento, proteção dos taludes e serviços complementares.

7.1.1. Técnicas para melhoria da plataforma

A plataforma é a parte da estrada que inclui, além da pista de rolamento, as áreas marginais com seus dispositivos de drenagem, conforme a Figura 51. A adequação da plataforma, de modo geral, pode ser obtida por meio do abaulamento e da reconformação de taludes (DEMARCHI, 2003).

O abaulamento é uma inclinação da seção transversal da pista de rolamento a partir do eixo da estrada. Sua finalidade é proporcionar o escoamento das águas superficiais para os dispositivos de drenagem. Sua implantação pode ser realizada com motoniveladora, conforme a Figura 53, a partir da borda da estrada para o centro da plataforma. Essa técnica não deve ser aplicada nas curvas, pois nestas a superfície de rolamento deve ter uma inclinação constante (4 a 6%), de borda a borda, com o externo mais elevado que o interno (DEMARCHI, 2003).

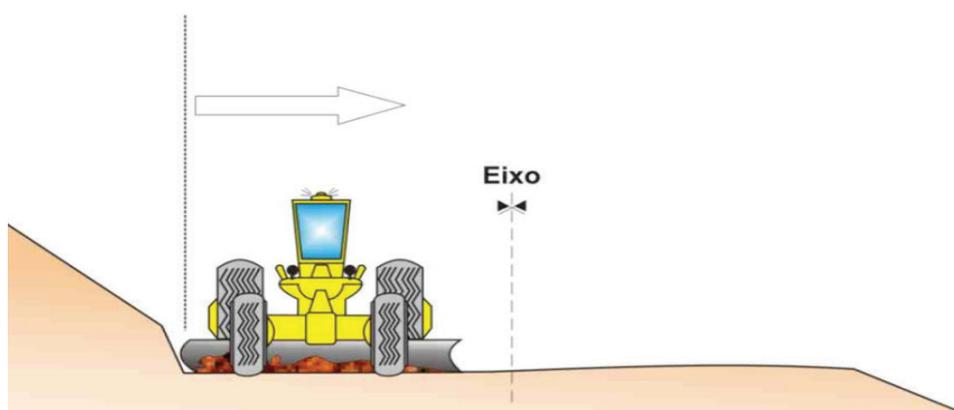


Figura 53 - Execução do abaulamento em estradas rurais.

Fonte: DEMARCHI, 2003.

Um aspecto fundamental na adequação das estradas rurais é a manutenção do nível, pois seu rebaixamento pode direcionar o escoamento da água para a estrada e ocasionar, conseqüentemente, a formação de buracos e valetas (Figura 54). Desse modo, a recuperação e a reforma das estradas rurais com a motoniveladora do tipo patrol precisa considerar o nível em que se encontram a estrada e as áreas marginais. A Figura 54 mostra uma estrada com buracos que evidenciam uma drenagem deficiente da água devido tanto à falta da elevação e do desnível do eixo da pista como à ausência de dispositivos de drenagem.



Figura 54 - Estrada sem desnível e sem dispositivos de drenagem.

Estradas localizadas em relevo acidentado em geral têm talude, isto é, encosta ou corpo da estrada que se estende além das bordas da plataforma. É importante que o talude tenha estabilidade para não desabar sobre a estrada. Para isso, na maioria das vezes, uma encosta precisa se reconformada para que seu traçado e cobertura não favoreçam o processo erosivo e propicie a condução da água para os dispositivos de drenagem, conforme a Figura 55.

Para taludes com mais de 8 m, Demarchi (2003) recomenda que tenham banquetas com largura mínima de 3 m, como mostra a Figura 55. Para taludes menores, a rampa

pode ser contínua. Os sedimentos oriundos da reconformação do talude e da formação das banquetas podem ser utilizados para elevar o leito da pista.

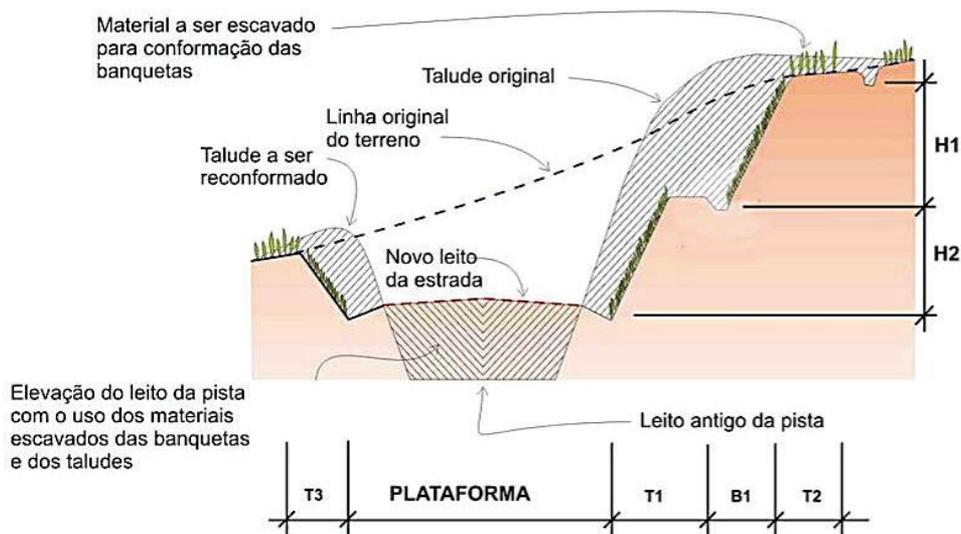


Figura 55 - Reconformação de talude com banquetas.

Fonte: DEMARCHI, 2003.

7.1.2. Técnicas para melhoria da drenagem

A implantação de sistemas adequados de drenagem é importante para evitar a concentração de água ao longo do leito da estrada, atenuar sua velocidade e, conseqüentemente, diminuir os processos erosivos. Além disso, propicia a infiltração da água no solo, o que beneficia as culturas agrícolas e pastagens, pois ocorre maior disponibilidade de água no solo.

A drenagem nas estradas pode ser implantada por meio de lombadas, bigode (segmento de terraço), sarjeta, dissipadores de energia e caixa de captação de água (CAMILO, 2007; DEMARCHI, 2003).

Lombadas: são elevações construídas transversalmente ao longo de toda a largura da plataforma da estrada, objetivando diminuir o comprimento de rampa (Figura 56) e conduzir adequadamente as águas superficiais oriundas das sarjetas ou do leito da estrada para os dispositivos encarregados de absorvê-las e/ou armazená-las, como os segmentos de terraço e caixas de captação de água (DEMARCHI, 2003).



Figura 56 - Exemplo de lombada.

O espaçamento entre as lombadas deve ser, sempre que possível, o mesmo utilizado para a construção dos bigodes (segmentos de terraço), conforme descrição a seguir. Sua altura varia entre 20 e 50 cm, mas, de modo geral, quanto mais intenso e pesado for o tráfego, menor deve ser sua altura a fim de evitar acidentes e danos mecânicos aos veículos. Já sua dimensão deve ser o suficiente para conter as águas do escoamento da plataforma e, ao mesmo tempo, não prejudicar o tráfego (CAMILO, 2007). A necessidade da construção das lombadas diminui na medida em que a estrada apresenta bom abaulamento e leito no nível ou acima do terreno original.

Bigode: são segmentos de terraço laterais construídos com a finalidade de receber o escoamento das águas do leito da estrada. Para aumentar a capacidade de armazenamento e infiltração da água no solo, os segmentos de terraço podem ser associados a caixas de captação de água. Além disso, o ideal é que eles sejam implantados junto com lombadas e tenham início nas bordas delas, com ligeira declividade inicial (1% a 2%) para auxiliar o escoamento da água, evitando o assoreamento do canal e o fluxo da água do terraço para a estrada (CAMILO, 2007) (Figura 57). O canal do terraço deve ficar de 20 a 40 cm abaixo da cota da lombada para facilitar o escoamento das enxurradas (CAMILO, 2007).



Figura 57 - Bigode (segmento de terraços) e lombadas.

Disponível em:

http://www.codasp.sp.gov.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=209&Itemid=127

Na Figura anterior, a estrada não tem sarjeta, a lombada serve para direcionar a água que escoar diretamente do leito da estrada. Embora idealmente seja indicada a construção de sarjetas, essa medida já é muito benéfica e, possivelmente, suficiente para a adequação da drenagem da estrada como a da Figura anterior.

Demarchi (2003) relata que a implantação dos bigodes varia em função da declividade apresentada pelo terreno das áreas marginais à estrada e da susceptibilidade dos solos à erosão, classes A, B, C e D (classe A: potencial de erosão baixo, B: moderado, C alto e D muito alto) (Quadro 5). Essas classes foram definidas em função das seguintes características: profundidade dos solos, índices de permeabilidade, textura e razão textural. De modo geral, quanto maior a susceptibilidade dos solos à erosão, menor deve ser a distância entre os segmentos de terraço para uma mesma declividade. E, para um mesmo tipo de solo, quanto maior a declividade, menor deve ser a distância entre os bigodes. Além disso, para solos muito susceptíveis à erosão (C e D), o uso de bigode deve ser em desnível.

Quadro 5 - Espaçamento entre bigodes (segmentos de terraço)

Declividade média das áreas marginais às estradas	Grupo de solos			
	A	B	C	D
	Distância entre os bigodes em metros			
1	56,5	49,7	40,7	33,9
2	42,2	37,2	30,4	25,3
3	35,6	31,3	25,6	21,4
4	31,3	27,8	22,7	18,9
5	28,7	25,3	20,7	17,2
6	26,6	23,4	19,2	16
7	24,9	22	18	15
8	23,6	20,8	17	14,2
9	22,4	19,8	16,2	13,5
10	21,5	18,9	15,5	12,9
11	20,6	18,2	14,9	12,4
12	19,9	17,5	14,3	11,9
13	19,2	16,9	-	-
14	18,6	16,4	-	-
15	18,1	-	-	-
16	17,6	-	-	-

Fonte: LOMBARDI; DRUGOWICH, 1994.

Sarjeta: é um dispositivo de drenagem superficial implantado nas seções de corte, entre a pista de rolamento e o talude, com o objetivo de coletar as águas de superfície, conduzindo-as para fora do corte (Figura 58) (DEMARCHI, 2003). Sua implantação precisa considerar os seguintes fatores: declividade dos trechos e suscetibilidade dos solos da pista de rolamento à erosão. Com isso, para cada situação pode ter uma dimensão ideal. Os valores mostrados na Figura 58 podem variar de 25 a 30 cm, e a distância de 50 a 75 ou 100 cm. O ideal também é que as sarjetas recebam proteção de grama ou pedra.

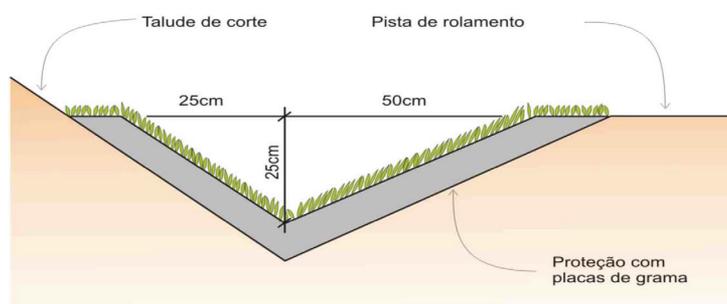


Figura 58 - Exemplo de sarjeta.

Fonte: DEMARCHI, 2003.

Dissipadores de energia: são barreiras vegetais e/ou de pedra construídas para reduzir a velocidade do escoamento superficial como ao longo das sarjetas (Figura 59), principalmente em locais com declividade acentuada, plataformas muito encaixadas e/ou com longo comprimento de rampa (DEMARCHI, 2003). Com isso, espera-se evitar a formação de processos erosivos.

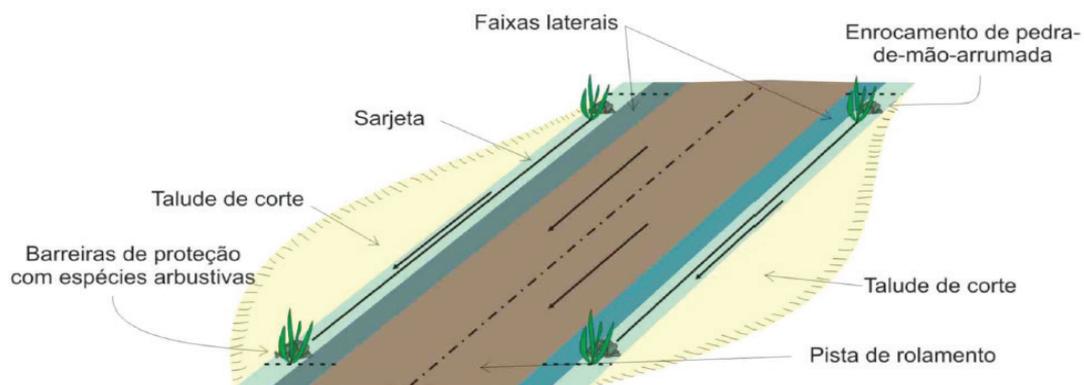


Figura 59 - Exemplo de dissipadores de energia.

Fonte: DEMARCHI, 2003.

Os obstáculos dos dissipadores de energia devem ser agrupados formando barreiras para o amortecimento da velocidade das águas que escoam nos seguimentos de terraço (bigodes), sarjetas, entrada de bueiros, etc. (Figura 60). Isso também é importante para aumentar a vida útil dos dispositivos de drenagem. A estabilidade das barreiras de pedra pode ser feita com argamassa de cimento.

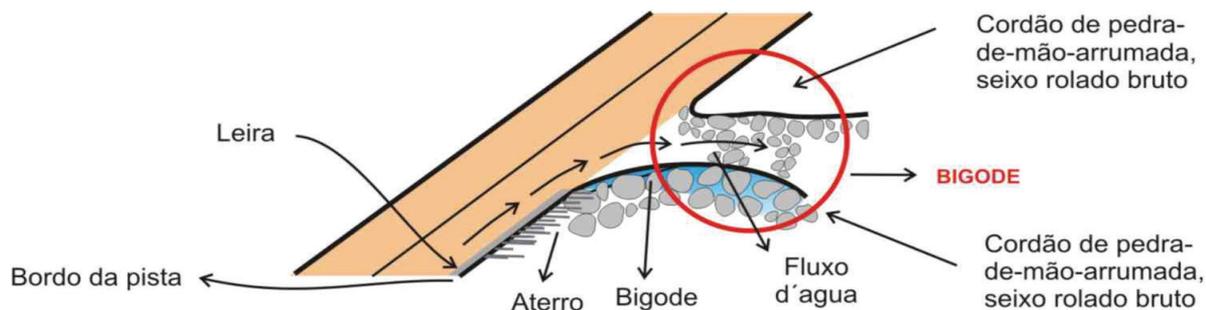


Figura 60- Proteção com pedra de mão arrumada na saída do bigode.

Fonte: DEMARCHI, 2003.

Outra utilização dos dissipadores de energia é a sua implantação para reduzir a velocidade da água em locais onde já existem processos erosivos como apresenta a Figura 61, onde paliçadas de bambu foram implantadas nas valetas do processo erosivo para diminuir potencial energético da água e reter as partículas sólidas carregadas pela água. Essa técnica pode ser instalada com caixas de captação de água ao longo das estradas e nas encostas. Dessa forma, tem-se a contenção dos sedimentos nas paliçadas e o armazenamento da água nas caixas, com aumento da vida útil e/ou redução da necessidade de manutenção (Figura 62).



Figura 61 - Paliçadas de bambu ao longo da estrada em Itabira, MG.



Figura 62 - Caixa de captação cheia de sedimentos sólidos após ocorrência de chuvas.

Caixas de captação de água: são estruturas para conter e armazenar a água da chuva e da enxurrada para diminuir os processos erosivos e propiciar a infiltração da água no solo. O ideal é que elas sejam associadas e implantadas no final de cordões de contorno em desnível e bigodes (segmentos de terraços), pois esses não têm a capacidade e nem a função de reter toda a água escoada, mas sim de transportá-la em segurança. Sendo assim, o uso de caixas de captação em suas extremidades torna-se necessário.

As caixas podem ser implantadas também em margens de estradas e carreadores de forma única ou conjugada (Figura 63). A forma conjugada, como no exemplo a seguir, é recomendada para as estradas com maior distanciamento entre os pontos de desvio e captação de enxurrada. Entre os fatores que distanciam esses pontos, podem-se citar: solo - o profissional deve levar em consideração a classe de solo e sua estruturação física antes de abrir uma vala ou sulco devido à susceptibilidade ao processo erosivo. É necessário escolher o local onde o solo apresente boa estrutura física e infiltração de água; altura do barranco às margens das estradas - é comum a estrada se localizar entre barrancos altos que impedem a construção das caixas de captação; declividade do terreno - nesse aspecto, dois pontos devem ser observados: a declividade acentuada da estrada, que dificulta a retirada da água do carreador, pois devido à sua maior velocidade e seu potencial energético, a água tende a passar reto pelo carreador ou no ponto de captação; a declividade do terreno marginal à estrada é importante em relação à possibilidade ou viabilidade de se construir a caixa de captação. Para ambas as situações, a classe de solo deve ser evidenciada durante o processo de planejamento e execução.

No sistema de caixas conjugadas, a primeira tem como função a redução do potencial energético da água e a retenção de partícula sólidas (solo, fragmentos de rocha, material orgânico etc.) e a segunda funciona exclusivamente para o processo de armazenamento e infiltração de água.



Figura 63 – Caixa de captação e recepção.

É importante que as caixas de captação e recepção sejam visualizadas e utilizadas como uma estratégia para a conservação da água em bacias hidrográficas. Dessa forma, é interessante que todas as propriedades rurais inseridas em uma bacia sejam dotadas com essas caixas, principalmente nos locais que ocorrem enxurradas volumosas e erosivas (SANTANA, 2003).

A localização e a dimensão das caixas variam em função de diversos fatores como precipitação local, solo, declividade, área de contribuição da bacia hidrográfica etc. Entretanto, como roteiro básico para locais com pouca declividade, podem-se citar os seguintes passos:

- Identificar na estrada os locais de maior concentração de água e os pontos sem e/ou com barranco baixo, em torno de 50 cm. Esses pontos serão provavelmente o local de construção das caixas de captação.
- Em seguida, medir a distância entre os possíveis locais de construção das caixas.
- Medir a largura da estrada.
- Com esses dados, é possível calcular a área de contribuição e a área de formação de enxurrada para cada caixa. Exemplo: se entre dois pontos a distância for de 50 m e a estrada tiver 4 m de largura, a área de contribuição e formação de enxurrada é de 200 m² (50 m x 4 m).
- Na atualidade, informações sobre a quantidade de chuva que chega em determinada região é de fácil acesso pela internet (http://www.inmet.gov.br/sim/gera_graficos.php?) ou por postos meteorológicos das cidades. Sabendo-se da precipitação média de

maior ocorrência na região, é possível fazer os cálculos para determinar o tamanho das caixas de captação. Por exemplo, se a maior parte das chuvas na região é, em média, de 20 mm, pode-se calcular o dimensionamento da caixa:

- Área de contribuição e formação de enxurrada = 200 m²
- Precipitação: 20 mm, em metros = 0,02 m (20 mm / 1000)
- Volume de água formado na estrada: 200 m² x 0,02 m = 4 m³ ou 4 mil litros de água.
- Pelos cálculos anteriores, é necessária uma caixa de captação com dimensões de 4 m x 1 m x 1 m (comprimento, profundidade e largura), ou duas caixas com 2 m x 1 m x 1 m. As dimensões e quantidades das caixas devem ser estipuladas de acordo com as características do local, como declividade, solo, vegetação etc.
- O volume de chuva que chega não é constante o ano todo, portanto é de se esperar que ocorram precipitações maiores do que 20 mm diários.

Nas ocasiões em que ocorrer volumes de chuva acima de 20 mm, a água excedente escoará para o entorno da caixa, dissipando-se no terreno. A construção de outras caixas para auxiliar na retenção de água deve ser avaliada implantada sempre que necessário.

7.1.3. Técnica para proteção dos taludes

Um caminho para proteger os taludes é realizar um aterro adequado e protegê-los com cobertura vegetal. A vegetação arbórea, arbustiva e gramínea nas suas superfícies de corte é fundamental para diminuir o efeito do processo erosivo (Figura 64). Isso ocorre porque a cobertura vegetal atua como um sistema de amortecimento e direcionamento da água da chuva de forma que o impacto e a velocidade com que as gotas da chuva atingem a superfície do solo são reduzidos. Além disso, a recomposição da vegetação melhora o aspecto paisagístico e reduz o efeito da fragmentação da paisagem.

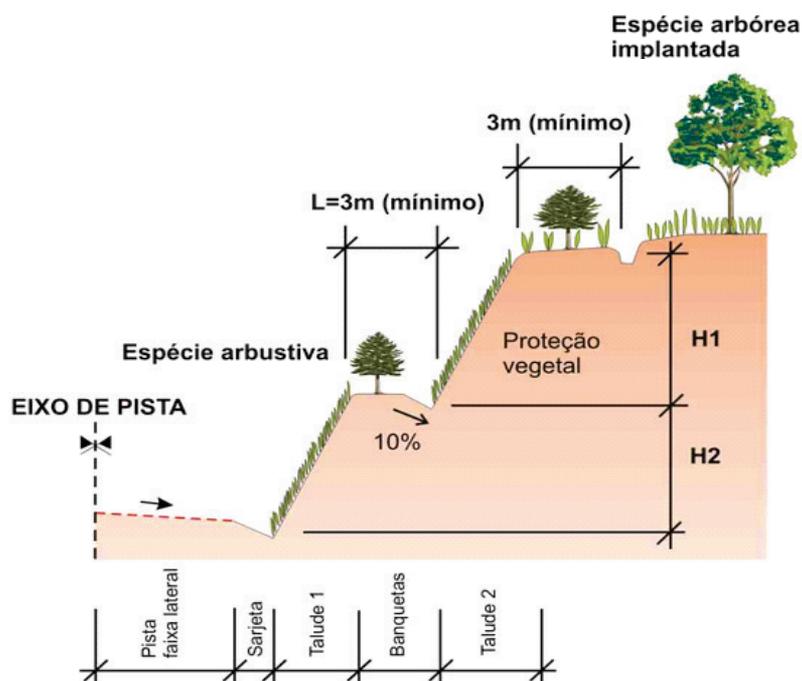


Figura 64 - Proteção vegetal de taludes.

Fonte: DEMARCHI, 2003.

A proteção vegetal dos taludes é uma prática que deverá ser adotada imediatamente após a abertura da estrada, visando impedir o início de processos erosivos. Para se ter sucesso na implantação, é importante considerar a fertilidade mínima dos solos e seguir recomendações de adubação e correção. (DEMARCHI, 2003).

7.1.4. Serviços complementares para a conservação das estradas

São serviços que precisam ser realizados para auxiliar o controle do processo erosivo, como cercas de proteção, passa-gado e roçada mecanizada (DEMARCHI, 2003).

8. TÉCNICAS VEGETATIVAS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

A exposição do solo à água da chuva favorece a erosão. Isso ocorre, principalmente, nas etapas de preparo do solo, implantação de culturas e também em práticas que resultam na destruição da biomassa vegetal e na mineralização da matéria orgânica, como uso do fogo em pastagens.

Técnicas vegetativas de conservação do solo e da água atenuam os processos erosivos porque formam uma cobertura vegetal sobre o solo e barreiras que retardam o avanço da erosão. A cobertura vegetal diminui a velocidade de escoamento superficial e o impacto da queda das gotas da água da chuva sobre a superfície do solo. A disposição delas formando barreiras também reduz a velocidade do escoamento superficial, mas com contenção de sedimentos.

Apresentam-se a seguir grupos de técnicas vegetativas para controle da erosão: cobertura morta e plantas de cobertura; sistema agroflorestal; manejo do mato e alternância de capinas quebra-vento, reflorestamento, e formação e manejo de pastagem.

8.1. Cobertura morta e plantas de cobertura

A permanência de palhadas de colheitas anteriores ou o uso de plantas de cobertura fornecem proteção contra o impacto das gotas da chuva e também reduzem a velocidade do escoamento superficial. Além disso, promovem maior agrobiodiversidade no sistema produtivo, enriquecem o solo por meio da ciclagem de nutrientes e evitam que o solo fique exposto à insolação, reduzindo a evaporação da água e a incidência de plantas invasoras (DENARDIN, 2009).

Para manter o solo protegido com cobertura morta e/ou viva é importante adotar o correto manejo do mato e alguns dos seguintes sistemas: adubação verde, rotação de culturas, cultura consorciada, culturas intercalares e cordões de vegetação permanente. Essas técnicas auxiliam o controle da erosão porque deixam o solo coberto e, ao mesmo tempo, enriquecem o solo com matéria orgânica, que é um componente fundamental para manter a estrutura do solo estável.

Cobertura morta

A cobertura morta pode ser formada por camada de palha que se forma decorrente do controle de plantas daninhas; dos restos vegetais de cultivos anteriores, consorciados e/ou plantados para cobertura; de importação de palhada de outra área, e dos resíduos provenientes do beneficiamento de produtos (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008). Por exemplo, a casca do café é uma boa alternativa para cobertura do solo, pois confere proteção e retorno de nutrientes como potássio ao solo. A casca do café pode ser depositada diretamente no solo porque sua relação carbono/nitrogênio é baixa, ao contrário de outros produtos, como bagaço de cana, que precisam passar pelo processo de compostagem. Outro efeito positivo da casca do café é o controle de plantas daninhas por ação física e

química. A interferência química, chamada de efeito alelopático, ocorre devido à presença de substâncias que, ao serem lixiviadas para o solo, exercem influência na germinação de sementes e/ou no desenvolvimento de plântulas de outras espécies (SEBRAE, 2011).

No sistema de cultivo convencional, os resíduos e materiais orgânicos são incorporados no solo. Isso deve ser evitado, pois, dentro do solo, os resíduos alimentam microrganismos que competem com as plantas por nutrientes essenciais e que produzem gases tóxicos às raízes. Quando são deixados sobre a superfície do solo, além de proteção contra processos erosivos, alimentam microrganismos úteis como bactérias fotossintetizantes (ARMANDO, 2002). Por isso, a adoção do sistema de plantio direto ou pelo menos cultivo mínimo (reduzido), conforme descrito no capítulo 6, item 6.1, é fundamental. Nesses sistemas, a palhada é disposta sobre o solo, para a implantação da cultura (Figura 65).



Cobertura morta
insuficiente – caso o
plantio seja feito em
sulcos será em sistema de
cultivo reduzido.

Cobertura morta
suficiente – adequada
para implantação de
culturas no sistema de
plantio direto.

Figura 65 – Cobertura do solo com palhada.

Outro benefício da palhada, quando é produzida no local onde será utilizada, é o efeito de estruturação do solo promovido pela “aração biológica”. Esta consiste na decomposição do sistema radicular das culturas precedentes, tornando o solo leve e poroso, além de aumentar seu teor de matéria orgânica (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008).

Adubação verde

Consiste no cultivo de uma cultura, geralmente leguminosa, para ser incorporada ao solo verde, ou logo após a sua maturação (CURI et al., 1993). A massa vegetal do adubo verde incorporada no solo sofre decomposição e mineralização. Nesse processo, ocorre liberação de nutrientes como nitrogênio e, portanto, melhora da fertilidade do solo. Quando o objetivo principal for o fornecimento de nutrientes para a cultura sucessora, esta é a melhor alternativa de manejo (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008). No entanto, os adubos verdes podem também ser cortados e deixados sobre a superfície do solo. A decomposição é mais lentamente, mas é a melhor alternativa quando o objetivo é proteger o solo contra a erosão e contra o surgimento de plantas espontâneas problemáticas. Neste caso, os adubos verdes são utilizados como cobertura vegetal. Se esta cobertura vegetal for realizada visando à produção de palhada para o sistema de plantio direto ou cultivo mínimo, dará origem à cobertura morta (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008).

Rotação de culturas

É o uso de uma área agrícola com culturas implantadas em sucessão regular de tempo, evitando-se, assim, o cultivo contínuo de uma única cultura na área (CURI et al., 1993). É importante que o critério para a escolha das espécies seja tanto comercial quanto de recuperação do solo. O ideal é que as espécies tenham sistemas radiculares, hábitos de crescimento e exigências nutricionais diferentes, pois essas características interrompem ciclos de pragas e doenças, formam uma matéria orgânica mais rica e, conseqüentemente, uma microbiota do solo mais diversificada quando os resíduos são deixados sobre o solo, reduzem custos e aumentam o rendimento da cultura principal (ARMANDO, 2002).

Esse sistema é ideal porque gera palhada e, portanto, viabiliza o plantio direto.

Culturas consorciadas

É o cultivo de duas ou mais espécies anuais e/ou perenes em uma mesma área em sistema de policultivo. O plantio nesse sistema deve ser feito procurando distribuir o espaço da lavoura o mais conveniente possível, buscando uma baixa competição entre plantas pelos fatores de produção, como luz, água e nutrientes. O ideal é que o ciclo vegetativo e a época de cultivo das culturas sejam diferentes. Outro aspecto é a necessidade de planejamento da distribuição das culturas nas linhas de plantio em função dos seus respectivos portes (altura) (SOUZA; FIALHO, 2003). Para maior cobertura do solo, é

importante que as culturas perenes sejam manejadas por meio de poda e que as anuais deixem resíduos após a colheita.

Culturas intercalares

São cultivos, comerciais ou não, implantados em faixas alternadas com a cultura principal. O plantio de culturas de porte, ciclo e comportamento agrônomico diferentes é benéfico, pois, além do aumento da biodiversidade, possibilita melhor aproveitamento do solo, aumenta o retorno de matéria orgânica por podas e resíduos de culturas, serve de base à rotação de culturas e produz biomassa para o plantio direto ou forragem (ARMANDO, 2002). Esse autor sugere os seguintes sistemas:

- a) mandioca, milho e feijão-de-porco.
- b) napier, guandu e arroz.
- c) mamona, gergelim e feijão.
- d) soja, flor-do-mel e cana-de-açúcar.
- e) café, mamão e crotalária.

Cordões de vegetação permanente

São faixas com largura constante de plantas perenes de crescimento denso e baixo, implantadas em contorno e niveladas entre faixas de rotação (Figura 66) (CURI et al., 1993). As plantas mais utilizadas são a cana-de-açúcar, capim-vetiver, erva-cidreira, capim-gordura, capim-elefante, etc. Podem variar em função do ambiente e da cultura local.

A implantação desse sistema é recomendada para qualquer tipo de cultivo localizado em áreas com inclinação acentuada e de difícil uso de técnicas mecânicas de conservação do solo.



Figura 66 - Encosta com cultivo de café onde foram implantados cordões vegetativos, Paula Cândido – MG.

8.2. Sistema agroflorestal

Agrofloresta é a denominação do sistema de produção onde são introduzidas árvores em áreas de produção agrícola ou pecuária. Nesse sistema, estão reunidas diversas das técnicas citadas antes, como rotação de culturas, culturas intercalares e culturas consorciadas (Figura 67). Além das vantagens específicas de cada uma dessas técnicas, o uso mais amplo de espécies arbóreas otimiza o uso do espaço vertical do agrossistema, reciclando nutrientes absorvidos pelas raízes profundas através da queda de suas folhas, de podas e resíduos de culturas anuais (ARMANDO, 2002).



Figura 67 - Exemplo de sistema agroflorestal com café, Araponga – MG.

8.3. Manejo do mato e alternância de capinas

As plantas espontâneas (mato) são fontes de biomassa (palhada) para a cobertura do solo. O volume de palha e sua amplitude de cobertura são dependentes das espécies de plantas predominantes, do nível de infestação e da época do controle (SEBRAE, 2011). Para funcionarem como cobertura, o manejo precisa ser feito com herbicida ou roçadeira. O ideal é a adoção do sistema de alternância de capinas. Nesse sistema, capina-se uma faixa, deixando uma ou duas faixas abaixo sem capinar, pois estas funcionarão como barreiras de contenção de sedimentos.

8.4. Quebra-ventos

Essa prática consiste no plantio de árvores em intervalos regulares, ao redor da lavoura, em direção perpendicular aos ventos dominantes. Para criar um ambiente mais úmido e sombreado desde o primeiro ano, as plantas escolhidas devem ser rústicas e crescer rápido (ARMANDO, 2002).

A implantação de quebra-vento proporciona diminuição da velocidade do vento e, conseqüentemente, controle da erosão eólica (DURIGAN; SIMÕES, 1987), estabelecimento de um microclima mais favorável e de diversidade funcional na atividade agrícola, quando as árvores e/ou arbustos atraem a fauna, principalmente pássaros (ARMANDO, 2002).

8.5. Florestamento e reflorestamento

Áreas muito susceptíveis à erosão e de baixa capacidade de produção devem ser mantidas recobertas com vegetação permanente. Isso permite seu uso econômico, de forma sustentável, e proporciona sua conservação. Este cuidado deve ser adotado em locais estratégicos, que podem ser em nascentes de rios, topos de morros e/ou margem dos cursos d'água (ARAÚJO et al., 20 - -).

O plantio de espécies florestais para fins comerciais também deve ser estimulado, uma vez que a vegetação promoverá a cobertura do solo sem estar sendo submetido ao processo de pisoteio, como no caso da pastagem. Nesse tipo de exploração, tem-se a aliança entre os fatores ambiental, hidrológico e socioeconômico. Porém, devemos lembrar que alguns critérios devem ser seguidos: a) a área a ser reflorestada deve ser analisada para que as raízes das espécies florestais não tenham acesso ao lençol freático, causando o rebaixamento do lençol e conseqüentemente a diminuição significativa na vazão das nascentes; b) o sistema de plantio deve ser o direto ou pelo menos reduzido (mínimo), com limpeza apenas na rua que receberá as mudas (Figura 68).



Figura 68 - Detalhe do reflorestamento com plantio direto. Sistema integrado de árvores (eucalipto) e pastagem (brachiaria).

A alternância de plantas entre fileiras é para fazer com que sejam interpostos obstáculos ao escoamento superficial, dando oportunidade (tempo) para que a água infiltre no solo.

Em encostas mais problemáticas, com urgência de controle de escoamentos superficiais, podem-se construir terraços para ajudar a reter os escoamentos até as florestas se desenvolverem. A partir daí, eles não precisarão mais de manutenção.

Outro fator importante é que, durante a implantação e ao longo dos primeiros anos, as covas devem ser apenas “coroadas”, mantendo o máximo possível de cobertura vegetal. Se o mato crescer muito entre as fileiras, ele pode ser roçado, até que a floresta vença esse obstáculo.

Até que as plantas se desenvolvam, o reflorestamento deve receber manutenção de forma que o controle de invasoras afete o mínimo possível o solo e permita o desenvolvimento das plantas. Devem-se também realizar a reposição das mudas mortas e o controle inicial e de manutenção de formigas cortadeiras, utilizando-se iscas formicidas.

8.6. Melhoria de Pastagens

A maior parte dos estabelecimentos pecuários usa ainda o chamado “pastoreio contínuo”. Este sistema é o principal fator que contribui para a baixa produtividade (baixa capacidade de lotação) e a degradação das pastagens (Figuras 69 e 70). Entende-se por pastoreio contínuo o sistema em que o gado fica um período prolongado sobre a mesma área de pastagem (MELADO, 2007). Há casos em que o gado fica permanentemente no mesmo pasto.



Figura 69 - Área de pastagem com sinais de degradação e exposição do solo.



Figura 70 - Área de pastagem degradada, Itabira – MG.

O gado, após alguns dias de permanência na mesma área, passa a consumir o capim antes que ele complete o seu desenvolvimento, não permitindo que as plantas refaçam

periodicamente suas reservas. Isso exaure a pastagem, diminuindo progressivamente a sua produtividade e vigor, com reflexos também na cobertura do solo, que, ficando desprotegido, fica mais suscetível aos efeitos da erosão (MELADO, 2007). Nesse sistema, em alguns anos a pastagem fica degradada, necessitando de que se promova uma reforma para que ela recupere sua capacidade produtiva.

O elevado grau de degradação, com baixa capacidade-suporte, provoca o aparecimento de solos desnudos em proporção crescente. Tais solos passam a apresentar baixa capacidade de infiltração, o que faz com que as nascentes apresentem quedas de vazão nas épocas secas, ou mesmo cheguem a desaparecer.

No intuito de mudar esse cenário de degradação, duas atitudes são importantes: a substituição ou reforma das pastagens e a implantação de um modo de exploração com sistema de piquetes, em que determinada área é explorada e depois fica em repouso para a regeneração da vegetação. Podem também ser implantadas árvores nas áreas ocupadas por pastagem, denominado Sistema Silvipastoril (SSP).

Esse sistema é a combinação intencional de árvores, pastagem e gado (Figura 71) numa mesma área, ao mesmo tempo, e manejados de forma integrada, com o objetivo de incrementar a produtividade por unidade de área. Esse sistema apresenta benefícios econômicos e ambientais para os produtores e para a sociedade. É um sistema multifuncional, com a possibilidade de intensificar a produção pelo manejo integrado dos recursos naturais, evitando sua degradação, além de recuperar sua capacidade produtiva (SILVA, 2004). Isso ocorre porque o SSP auxilia o controle da erosão, melhora a conservação da água, incrementa a fertilidade do solo por meio da ciclagem de nutrientes e da matéria orgânica, diversifica a produção agrícola, proporciona conforto aos animais e aumenta a renda.



Figura 71 - Sistema silvipastoril com faixas de eucalipto e acácia alternadas por faixas de pasto (brachiaria).

Fonte: <http://repileite.ning.com/photo/pastagem-arborizada>

A reforma ou implantação da pastagem, com ênfase em áreas declivosas, devem ser preparadas com abertura de sulcos em nível ou aração em faixas, também em nível. As faixas devem ser aradas alternadamente. As que ficarem sem arar só poderão ser preparadas e semeadas quando a gramínea já estiver bem desenvolvida nas anteriores, para não expor toda a encosta ao processo erosivo. No caso das encostas, onde for possível o trator operar em nível, o trabalho deverá ser feito sempre com alternância de faixas.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUAN, R. E; VILELA, M. F; REIS JÚNIOR, F. B. Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 25p. (Documentos 119). Disponível em: <www.cpac.embrapa.br/download/339/t>. Acessado em: 23 out. 2012.

ALCÂNTARA, F. A; MADEIRA, N. R. **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 12p. (Circular técnica 64). Disponível em:

<http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2008/ct_64.pdf>. Acessado em 23 out. 2012.

ARAÚJO, Q. R.; MARROCOS, P. C. L.; SERÔDIO, M. H. C. F. **Conservação do solo e da água**. [20 - -]. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar.htm>>. Acesso em: 23 out. 2011.

ARMANDO, M. S. **Agrodiversidade: Ferramenta para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 22p. (Documentos 75) Disponível em:

<<http://redeagroecologia.cnptia.embrapa.br/biblioteca/agroecologia/doc075.pdf/view>>. Acesso em: 23 out. 2012.

BAHIA, V. G; CURI, N. CARMO, D. N; SÁ, J. J. G; MARQUES, M. Fundamentos de erosão do solo (tipos, formas, mecanismos, fatores determinantes e controle). **Informe Agropecuário**. Conservação do solo e meio ambiente, Belo horizonte, v.6, n.176, p. 25-31. 1992.

BARUQUI, A. M; FERNANDES, M. R. Práticas de conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n.128. p. 55-69. 1985.

BERTONI, J; LOMBARDI, F.N. **Conservação do Solo**. 2. Ed. São Paulo: Ícones, 1990. 355p.

BRASIL. Lei nº 7.876, de 13 de novembro de 1989. Institui o Dia Nacional da Conservação do Solo a ser comemorado, em todo o País, no dia 15 de abril de cada ano. Brasília, 13 nov. 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7876.htm. Acessado em: 06 de agosto de 2012.

CALHEIROS, R. de O. et. al. **Preservação e Recuperação das Nascentes (de água e de vida)**. 1. ed. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ - CTRN, 2004. 40p. Disponível em:

<http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/CartilhaNascentes.PDF>. Acessado em: 23 out. 2012.

CAMILO, I. B. **Recomendações técnicas para adequação de estradas rurais**. Cuiabá: EMPAER-MT, 2007. 34 p. (Série Documentos, 36). Disponível em: <http://www.ufmt.br/gemt/especializacao/manejo_cons/adequacao_estradas.pdf>. Acessado em: 23 out 2012.

CAPECHE, C. L. **Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 6p. (Comunicado Técnico, 51). Disponível em: http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/comtec51_2008_nocoos_estrutura_solo.pdf. Acessado em: 01 de agosto de 2012.

CURI, N.; CARMO, D. N.; BAHIA, V. G.; FERREIRA, M. M.; SANTANA, D. P. Problemas relativos ao uso, manejo e conservação do solo em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**. Conservação do solo e meio ambiente, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 5-16, 1992.

CURI, N; LARACH, J. O. I; KÄMPF; N; MONIZ, A. C; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90p.

DEMARCHI, L. C; et al. **Adequação de estradas rurais**. Campinas: CATI, 2003. 64p. (Manual Técnico, 77). Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/manejo_conservacao_solo/AdequacaodeEstradasRurais.pdf>. Acessado em 10 de julho de 2012.

DENARDIN, J. L.; SANTI, A.; WIETHOLTER, S.; FAGANELLO, A. **Manejo e conservação do solo**. Embrapa Trigo, 2009. (Sistemas de Produção, 4). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Trigo/CultivodeTrigo/solo.htm>>Acesso em: 18 mai. 2010.

DURIGAN, G.; SIMÕES, J. W. **Quebra-ventos de Grevillea robusta**: efeitos sobre a velocidade do vento, umidade do solo e produção do café. Piracicaba: IPEF, 1987, n.36, p. 27-34.

FERNANDES, A. R.; LIMA, H. V. de. **Módulo introdução ao estudo da conservação do solo**. Belém: Instituto de Ciências Agrárias - UFRA, 2009. 23p. (Disciplina de Manejo e conservação do solo e da água). Disponível em: <http://www.portal.ufra.edu.br/attachments/586_Introdu%C3%A7%C3%A3o%20a%20conserva%C3%A7%C3%A3o%20do%20solo.pdf>. Acessado em: 23 out. 2012.

FERRARI, E. A., et al; O caso da água que sobe: monitoramento participativo das águas em sistemas agroecológicos. **Revista Agriculturas**. Água nos agroecossistemas: aproveitando todas as gotas, Rio de Janeiro, v. 7, n. 3, p. 30 – 34. 2010.

GARCIA, G. J; PIEDADE, G. C. R. **Topografia: aplicada às ciências agrárias**. São Paulo: NOBEL, 1984. 256p.

KARMANN, I. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA et. al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. Cap. 7, p.113 – 127p.

LIMA, J. M; OLIVEIRA, G. C; MELO, C. **Conservação do solo e da água notas de aulas práticas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2010. 62p. (Disciplina GCS 104). Disponível em: http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/slides/matdispo/geraldo_cesar/NOTAS%20DE%20AULAS%20-%20PR%3%81TICA.pdf. Acessado em: 30 de jul. 2012.

LOMBARDI NETO, F; DRUGOWICH, M. I. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994.168p. (Manual Técnico nº39). Disponível em: http://www.cati.sp.gov.br/new/acervo/recursos_naturais/manualAguaSolo.pdf. Acessado em: 12 de maio de 2012.

MACEDO, J. R. de; CAPECHE, C. L.; MELO, A. da S. **Recomendações de manejo e conservação de solo e água**. Niterói: Programa Rio Rural, 2009. 45p. (Programa Rio Rural. Manual Técnico, 20). Disponível em:<<http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/20%20Conservacao%20de%20solo.pdf>>. Acessado em: 23 out 2012.

MELADO, J. Manejo Sustentável de Pastagens: Pastagem Ecológica uma alternativa para a pecuária da Amazônia. 2007. Disponível em: <http://www.fazendaecologica.com.br/www/lt_produto/lt_view.asp?id_lt_produto=51>. Acessado em: 23 out 2012.

MUGGLER, C. C. O Programa de Educação em Solos e Meio Ambiente do Museu de Ciências da Terra da Universidade Federal de Viçosa. In: I Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra. III Simpósio Nacional sobre Ensino de Geologia no Brasil, 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2007. 275 – 279p.

OLIVEIRA, J. B; ALVES, J. J; FRANÇA, F. M. C. **Práticas de manejo e conservação de solo e água no semiárido do ceará.** Fortaleza: PRODHAM, 2010. (Cartilhas temáticas: tecnologias e práticas hidroambientais para convivência com o Semiárido, v. 4). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/880848/1/Cartilhavol4Praticasmanejoconservacaosoloagua.pdf>>. Acessado em: 06 de agosto de 2012.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Documentos, 30). Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2003/documento/Doc_30.pdf>Acesso em: 20 mai. 2010.

Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE. Manejo e conservação do solo e da água. São Paulo, 2011. 35p. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/E90577E8E24C3B38832578D100518CC0/\\$File/NT000462A2.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/E90577E8E24C3B38832578D100518CC0/$File/NT000462A2.pdf)>. Acessado em: 23 out 2012.

SILVA, V. P. **Sistemas Silvipastoris.** Colombo: Embrapa Florestas, 2004. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/safs/index.htm>>. Acessado em: 23 out 2012.

SOUZA. L. S; FIALHO, J. F. **Cultivo da Mandioca para a Região do Cerrado:** Consorciação e rotação de culturas. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. (Sistemas de Produção, 8). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/Rotacao.htm>. Acesso em: 20 mai. 2010.

TEIXEIRA, M. I. **Indicadores Pedoambientais do Planalto de Viçosa como auxílio à Educação Ambiental.** 2005. 85p. Tese (mestrado em solos e Nutrição de Plantas) – Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TEIXEIRA, W; TOLEDO, M. C. M; FAIRCHILD, T. R; et. al., **Decifrando a Terra.** 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 558p.

ZOCCAL, J. C. **Soluções cadernos de estudos em conservação do solo e água.** Presidente Prudente: CODASP, 2007, v. 1, n.1. 2007.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras.** 1. ed. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2005. 210p.

Apoio



**AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO**

