

# INFORME AGROPECUARIO

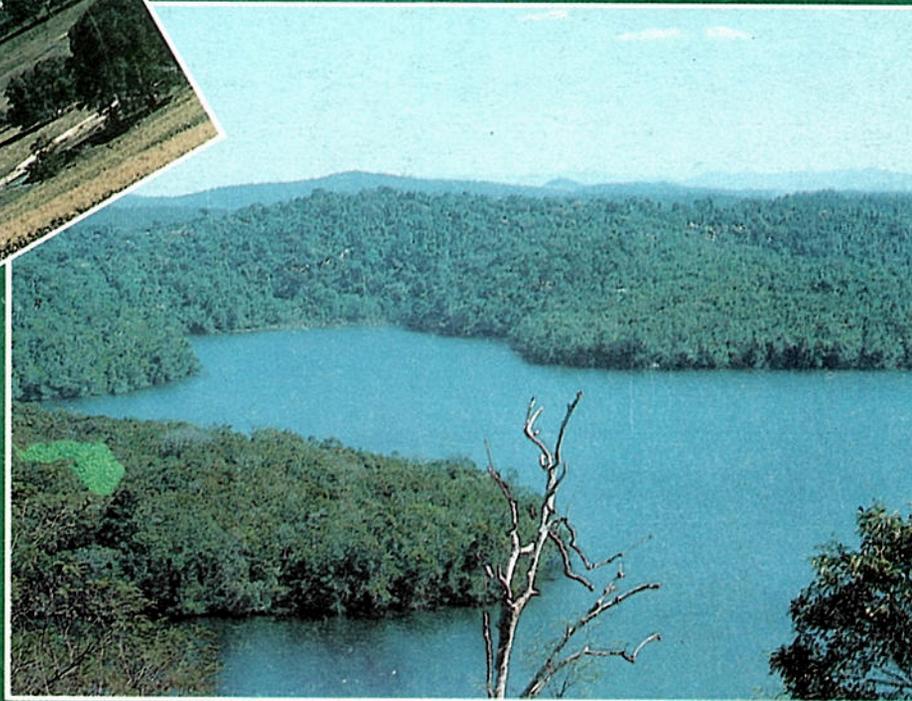
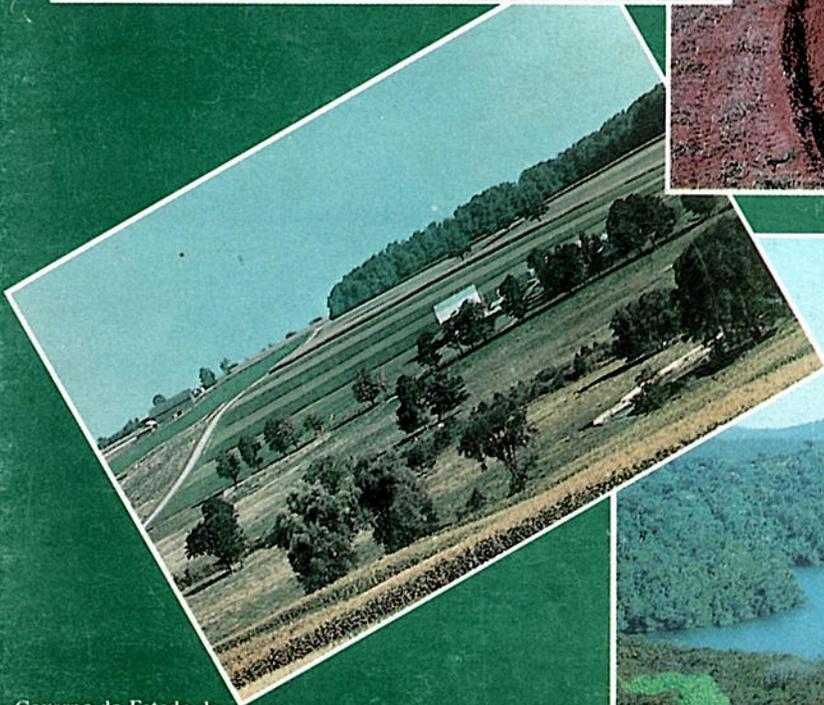
Uma publicação bimestral da  
Empresa de Pesquisa  
Agropecuária de Minas Gerais



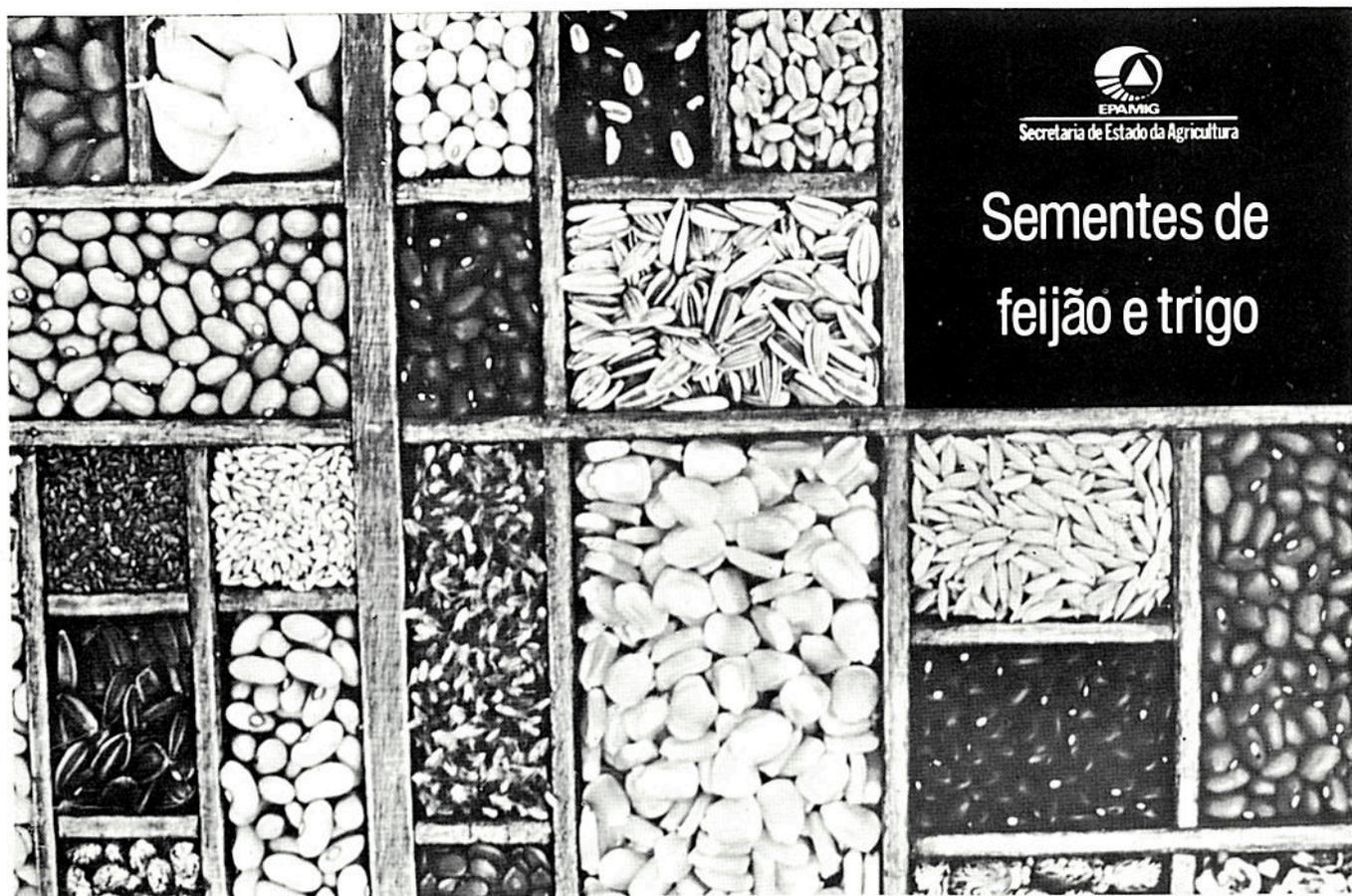
EPAMIG

v. 16 - nº 176 - 1992

## CONSERVAÇÃO DE SOLO E MEIO AMBIENTE



Governo do Estado de  
Minas Gerais  
Secretaria de Estado da  
Agricultura,  
Pecuária e  
Abastecimento  
Sistema Estadual  
de Pesquisa  
Agropecuária:  
EPAMIG, ESAL,  
UFMG, UFV



Secretaria de Estado da Agricultura

## Sementes de feijão e trigo

**Alta produtividade. Qualidade. Bons lucros.  
Semente Básica da EPAMIG é isto.**

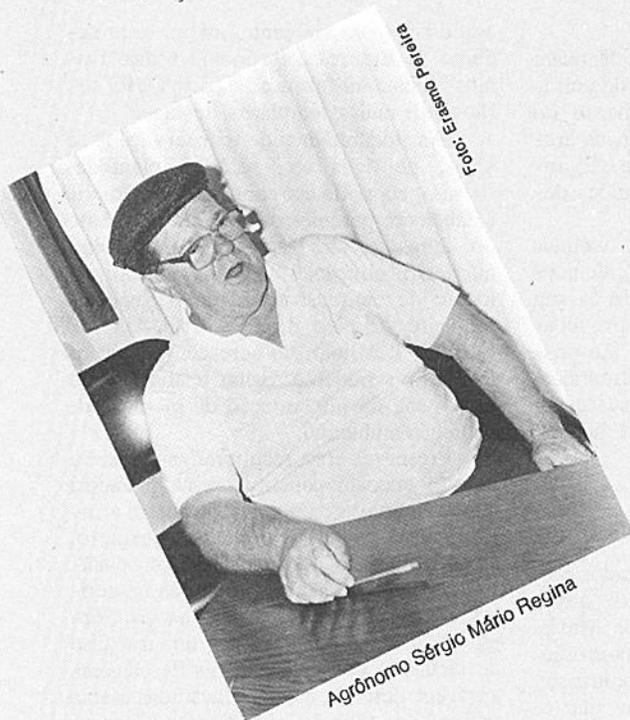
A cada ano, a EPAMIG vem aprimorando o seu sistema de produção de sementes básicas. Isto quer dizer que, dos campos de produção, saem sementes recomendadas para as diversas regiões de Minas Gerais e com qualidade superior, que vão permitir aos produtores aumentar a produtividade e a rentabilidade das suas lavouras. A alta tecnologia agrícola utilizada pela EPAMIG garante isto.

**Sementes básicas de feijão disponíveis:**

Jalo - Carioca - Carioca 80 - Rico 1735  
Negrito 897 - Milionário 1732 - Eriparsa 1

**Sementes básicas de trigo disponíveis:**

Candeias - BR - 8



# FAZENDAS SERÃO VITRINES

As fazendas experimentais da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, que hoje funcionam como fazendas-modelo, no que se refere à adoção de tecnologias modernas, para demonstrar aos produtores alternativas de aumento da produtividade, tornar-se-ão ainda mais exemplares, afirma o presidente da Empresa, Mário Ramos Vilela.

Numa ação conjunta entre a EPAMIG e a Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais - Seapa, em convênio com a iniciativa privada e prefeituras municipais, as fazendas experimentais implantarão projetos simples, porém funcionais, que contribuirão para a preservação do meio ambiente, conservação de solos e água, para demonstrar a eficácia de tecnologias que permitam produzir sem destruir, garante o Consultor da EPAMIG/Seapa, agrônomo Sérgio Mário Regina. O presidente da EPAMIG acrescenta que o que se pretende é monitorar o impacto das atividades agropecuárias sobre os recursos naturais - solo, água, planta e animais - de forma a estabelecer parâmetros de uso racional desses recursos. Ele destaca, no entanto, que, a conservação dos recursos naturais, associada à produção cada vez maior de alimentos - uma necessidade - só será alcançada através de uma ação solidária entre os que exercem a atividade agropecuária, que, portanto, se utilizam dos recursos naturais, e aqueles que serão beneficiados com o uso de um meio ambiente sustentável, isto é, de boa qualidade.

O primeiro passo para tornar as fazendas experimentais ainda mais exemplares, segundo Sérgio Regina, um dos

ideólogos do projeto, é promover vários seminários nos centros regionais de pesquisa da EPAMIG, com o objetivo de circular os profissionais de agropecuária para desenvolverem, paralelamente as suas atividades, aquelas que garantam a preservação ambiental. O conceito básico de produção agropecuária sustentada não pode tomar a propriedade rural como unidade estanque, mas como parte de um contexto maior que englobe, no mínimo, uma microbacia hidrográfica, destaca Sérgio Regina. Para ele, os profissionais de ciências agrárias - praticamente só eles - têm condições de "fazer água" e, mais que isso, de boa qualidade. O que se tem feito nos últimos anos ou décadas, para se conseguir, por exemplo, água potável, é buscá-la cada vez mais distante, o que naturalmente encarece seus custos para o consumidor urbano, diz o agrônomo. Esse processo, quando sabemos que a água é um recurso natural esgotável, constitui-se num erro e ao mesmo tempo demonstra a necessidade de manter e recuperar os mananciais d'água mais próximos aos centros urbanos. Os custos dessa manutenção e recuperação de mananciais, além de mais baratos para a sociedade, trazem no seu bojo uma nova mentalidade em termos ambientais: recuperar o que já foi danificado e impedir a destruição do que ainda está intacto, diz Sérgio Regina. Ao contrário disso, a sociedade urbana principalmente, vai pagar mais caro pela água que consome.

O consultor da EPAMIG/Seapa, com sua longa e combativa experiência na direção de comitês de defesa de microbacias hidrográficas, especialmente o da Microbacia Hidrográfica do Rio Verde, na

Serra da Mantiqueira, aponta como saída contemporânea e adequada aos tempos atuais a soma de esforços entre a sociedade urbana, que se beneficia do que é produzido no setor rural e, sobretudo, da sua necessidade em consumir cada vez maiores quantidades de água de boa qualidade, e o setor rural, que explora os recursos naturais, visando à produção agropecuária.

## QUEDA DA LÂMINA DE ÁGUA

As observações fluviométricas feitas pelo Departamento Nacional de Água e Energia - DENAE, e pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, órgãos pertencentes ao Ministério das Minas e Energia e que monitoram a quantidade de água dos mananciais mineiros e brasileiros, são, em várias situações, muito preocupantes, afirma Sérgio Regina. Ele cita como exemplo assustador a irregularidade da lâmina d'água de vários mananciais no mês que mais chove - fevereiro. Na região de Itanhandu, Serra da Mantiqueira, na Microbacia Hidrográfica do Rio Verde, durante o mês de fevereiro, a lâmina d'água atinge 2,20 metros e cai para 0,60 a 0,80 metro, o que é muito grave, diz Regina, ao destacar que durante a seca essa lâmina chega a 0,40 m, permitindo a uma garça atravessar o rio molhando-se apenas até o joelho.

Partindo-se do princípio de que na Serra da Mantiqueira a precipitação é relativamente maior - 1.300 a 1.400 mm de chuva por ano - constata-se que os mananciais já não armazenam a quantidade de água suficiente para abastecer com tranquilidade aquela região. Pior que isso, diz o agrônomo, é aplicar esse mesmo raciocínio para as regiões do Norte de Minas, Vale do Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce, etc., onde os índices pluviométricos são bem inferiores. A causa básica da redução da capacidade de armazenamento de água pelos mananciais, de acordo com Sérgio Regina, é a interferência desordenada e irracional do homem na natureza. Quanto à produção agropecuária, também interferem, dentre outros problemas, a falta de conservação adequada do solo, a destruição das matas de topo, encostas e ciliares, estradas vicinais malconstruídas e em locais impróprios, queimadas, excesso de pisoteio nas pastagens e até mesmo espécies forrageiras pouco apropriadas usadas na formação dos pastos.

A maior contribuição à preservação ambiental que o setor agropecuário e principalmente os profissionais das ciências agrárias podem dar é recuperar a capacidade de armazenamento de água dos mananciais. Esta é também a tarefa mais nobre, diz Sérgio Regina. Para isso, torna-se absolutamente necessária a implantação de todas as práticas mecânicas de

conservação de solo nas áreas cultivadas, a manutenção ou recuperação das matas de topo, encostas ou ciliares, quase sempre com a vegetação original. — É lá que a vegetação natural estava e para lá deve retornar, resume o consultor.

O excesso de pastejo deve ser evitado e várias tecnologias, para impedir a erosão, devem ser adotadas. As queimadas, geralmente criminosas, provocadas pela inexistência de aceiros nas margens das estradas e rodovias, merecem leis que obriguem o poder público a construí-los, principalmente na época da seca. Implantar programas amplos, profundos e globais para preservar os recursos naturais não se resume em gastos, mas sim em investimentos, ressalta Regina, ao destacar que sozinho o homem do campo não consegue implantá-los. É indispensável a contrapartida daqueles que vivem nos centros urbanos, embora o setor rural cubra aproximadamente 80% da área a ser utilizada racionalmente, enquanto o setor urbano apenas 20%. As condições de vida já são piores no campo, o que demonstra a incapacidade do produtor de arcar individualmente com estes investimentos.

### MATAS DE TOPO E ENCOSTAS

As toposequências precisam ser corrigidas em Minas Gerais e no Brasil, o que significa recuperar o que se destruiu e passar a ocupar racionalmente o solo. A situação atual é simplesmente irregular e não existem preocupações maiores e concretas, principalmente por parte da iniciativa privada, diz Sérgio Regina, ao destacar que as matas de topo e de encostas, localizadas nas partes mais altas, precisam ser reflorestadas. São elas as responsáveis pela infiltração de água e abastecimento dos lençóis freáticos, que, por sua vez, abastecerão os mananciais. Abaixo das encostas, os produtores devem implantar culturas permanentes, que, além de garantir a produção de alimentos, ajudam a preservar o solo, melhoram sua fertilidade e evitam a erosão. Frutas e essências florestais funcionam bem como culturas permanentes, recomenda.

Para fugir da geada, a cultura do café ocupou o alto dos morros, contribuindo para a depilação deles, critica o consultor, ao dar nota zero à formação dessa cultura, e ao ressaltar que, necessariamente, não precisaria ser uma ocupação irregular, mas de forma planejada e que garantisse até mesmo a diversificação de produção.

As pastagens do Estado, segundo Sérgio Regina, precisam ser conservadas. Hoje é raro observar sequer uma pastagem que possua cordões de contorno ou terrações, plantio de gramíneas de maior porte nos terrações. O capim-guatemala é ideal para esse fim, por não ser consumido pelo gado enquanto jovem, por ser

amargo.

Nas culturas anuais não se praticam as capinas alternadas, a rotação de culturas, culturas em faixas, ceifamento do mato, aração em nível e utilizam-se arados de discos, que quase sempre são impróprios, especialmente para regiões declivosas.

A construção de estradas vicinais demanda, atualmente, critérios técnicos mais rígidos, o mesmo ocorrendo na sua conservação. Elas chegam a provocar "voçorocas rodoviárias". Ficam tão profundas que cortam os lençóis freáticos, desviando as reservas de águas subterrâneas do seu caminho natural, os mananciais, afirma Sérgio Regina.

### ARADO DE DISCO PROVOCA EROSÃO

De acordo com dados levantados por Sérgio Regina, o uso do arado de disco nas regiões declivosas do Sul de Minas é responsável por mais de 80% da erosão existente nessa região. "É uma idiotisse, resume o consultor, ao destacar que o arado de disco não ara, apenas corta. Portanto, além de causa do processo erosivo, não contribui para a melhoria da fertilidade do solo. Este tipo de arado deve ser substituído pelo arado de aiveca, comprovadamente mais adequado, segundo trabalhos desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — Embrapa. O arado de aiveca permite o tombamento da terra, cujas consequências são mais vantajosas: controla pragas subterrâneas, ao expô-las à superfície, quando são consumidas por predadores, sobretudo aves; permite a incorporação da matéria orgânica a uma profundidade maior, obrigando maior desenvolvimento das raízes das plantas e consequentemente tornando a planta mais resistente à escassez de água nos veranicos. O resultado final desse processo de uso do arado de aiveca é o aumento da produtividade, sem, portanto, aumentar os custos de produção, conclui Sérgio Regina. Ele cita como exemplo de bons resultados a utilização do arado de aiveca no município de Paraguaçu. Numa mesma gleba, onde a aração foi feita com arado de aiveca, os índices de produtividade da batata tiveram um incremento de mais de 40%, quando comparados à área cuja aração foi feita com arado de disco. Isto, sem nenhum custo adicional. Com certeza, apesar desse aumento de produtividade, o maior ganho é não facilitar o processo erosivo, diz.

As unidades experimentais da EPAMIG, hoje fazendas-modelo no que se refere à produção e adoção de modernas tecnologias, vão também implantar projetos de conservação de recursos naturais, de modo a viabilizar o aumento de produtividade nas diversas atividades econômicas do setor agropecuário, sem

agredir o meio ambiente, afirma o presidente da Empresa, agrônomo Mário Ramos Vilela. As fazendas da EPAMIG serão ainda mais exemplares, destaca.

As tecnologias de conservação de solos, de água etc. serão implantadas nessas propriedades com os objetivos de estabelecer parâmetros de monitoramento do impacto das atividades agrícolas, manter produção sustentada e naturalmente de demonstração, diz o Superintendente Técnico da EPAMIG, Gabriel Ferreira Bártholo, ao acrescentar que os produtores poderão visitar e observar as vantagens da implantação de medidas de proteção ambiental.

Preservar e/ou recuperar as matas do topo e encosta constitui-se na primeira medida, uma vez que elas garantem a infiltração de água das chuvas e, portanto, abastecem os lençóis freáticos, responsáveis pela quantidade de água das nascentes. O consultor da EPAMIG/Seapa, Sérgio Regina, responsável por um trabalho de ciclagem dos profissionais de ciências agrárias, defende a manutenção das matas nativas nos topos e, quando elas já foram destruídas, o reflorestamento com espécies apropriadas, o que se constitui no primeiro passo para a ocupação racional do solo. Abaixo da mata de encosta, onde o terreno geralmente apresenta menor declividade, o melhor é a implantação de culturas permanentes, especialmente frutas, embora as essências florestais também sejam capazes de garantir lucro e proteção. Projetos de formação de pastagens são adequados para as faixas seguintes àquela destinada às culturas permanentes, uma vez que os animais fazem trilhas que posteriormente dão origem a voçorocas, se não forem construídos terraços em níveis, principalmente quando há excesso de gado por área.

O terreno destinado ao plantio de culturas anuais, que geralmente exige um volume maior de máquinas as quais, por sua vez, desgasta-se mais o solo, deve ser aquele situado próximo às baixadas, já quase plano. Além disso, é mais fértil e de fácil manejo, ressalta Sérgio Regina. Esta área adequada ao cultivo de espécies anuais estende-se até a margem dos mananciais d'água, em cuja margem se encontram as matas ciliares, que têm as funções básicas de proteger manancial e servir de abrigo aos animais silvestres, diz Sérgio Regina.

Estas tecnologias, já conhecidas mas ainda não implantadas em grande escala, são capazes de mudar consideravelmente os aspectos relativos à preservação ambiental e produção agropecuária sustentada. Ao mesmo tempo, os projetos de pesquisa desenvolvidos pela EPAMIG vão buscar também novas tecnologias compatíveis com um conceito mais amplo de conservação do solo e de bacias hidrográficas.

## COMISSÃO EDITORIAL

Mário Ramos Vilela  
Gabriel Ferreira Bártholo  
Marcelo Franco  
Reginaldo Amaral  
Geraldo Magela Carozzi de Miranda

## EDITORES

Geraldo Magela Carozzi de Miranda  
Samuel Guimarães Vargas  
Vicente Paulo dos Anjos

## COORDENAÇÃO EDITORIAL

Marlene Antonieta Ribeiro Gomide

## COORDENAÇÃO TÉCNICA

Victor Gonçalves Bahia e Joaquim Rosa de Almeida.

## AUTORIA DOS ARTIGOS

Déborah Guerra Barroso, Deoclécio Nazareno do Carmo, Derli Prudente Santana, Djalil Santos, Geraldo César de Oliveira, João José Granate Sá e Melo Marques, Joel Carlos Pereira, Maria da Glória Bastos de Freitas Mesquita, Maria do Socorro da Silva Lemos, Marx Leandro Naves Silva, Mozart Martins Ferreira, Nilton Curi, Paulo Marcos de Paula Lima, Victor Gonçalves Bahia e Wenceslau Geraldes Teixeira.

## REVISÃO

**Linguística e gráfica:** Maria Lourdes de Aguiar Machado (coordenadora), Marlene Antonieta Ribeiro Gomide, Rosely A.R. Battista Pereira e Teresa Cristina Pessoa Brandão  
**Bibliográfica:** Fátima Rocha Gomes e Maria Lúcia de Melo

## PRODUÇÃO E ARTE

**Coordenação:** Euler França do Nascimento  
**Composição:** Dulce de Melo Oliveira, Maria Alice Vieira, Maria de Fátima Ferreira e Rosângela Maria Mota Ennes  
**Diagramação:** Euler França do Nascimento  
**Desenho e montagem:** Reinaldo Maia Valério

**Capa:** Euler França do Nascimento (arte).

**Fotos:** Arquivo/Emater-MG.

## IMPRESSÃO

Editora Lferra Maciel - Julho/93

## PUBLICIDADE

**Belo Horizonte:** Assessoria de Comunicação e Publicações - Av. Amazonas, 115 - Fone: PABX (031) 273-3544 e 224-7621

**São Paulo:** Revesp Representações Ltda. - Rua 24 de Maio, 247 Conj. 92 - CEP 01041 - Fone: (011) 222-9122

**Rio de Janeiro:** Revesp - Rua Evaristo da Veiga, 16 - Conj. 501/502 - Fones: (021) 220-3770 e 220-3820

**Porto Alegre:** EBAP - Rua dos Andradas, 1.560 - 2º andar - Conj. 2003/2004 - Ed. Galeria Malcon - Fones: (0512) 21-0260 e 26-4091

**Brasília:** Revesp - SCS - Ed. Jockey Club - 2º andar - Conj. 209 - Fone: (061) 225-0641

Copyright © - EPAMIG - 1987

É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização escrita do editor. Todos os direitos são reservados à EPAMIG.

Informe Agropecuário v. 1 - 1975 - Belo Horizonte.

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 1975.  
Até 1976 publicado com o título Informe Agropecuário Conjuntura e Estatística.

1. Agropecuária - Periódicos. 2. Agricultura - Aspectos Econômicos - Periódicos.

CDD 388.1305

## ASSINATURAS

SETA/EPAMIG  
CGC (MF) 17.138.140/00004-76 - Inscr. Est.: 062.150.146.004  
Av. Amazonas, 115 - 6º andar - Caixa Postal 515 - Fone: (031) 273-3544 - Ramais 137 e 149 - Telex: 313906 EPMG - FAX: (031) 273-3884 - CEP 30180-902 Belo Horizonte, MG - Brasil

# DESENVOLVER-SE, MAS COM SUSTENTAÇÃO

A abordagem do tema preservação do meio ambiente, de que a conservação dos solos é um componente fundamental, até pouco tempo, tinha por viés principal a componente técnica. Isso quer dizer que a degradação de recursos naturais era vista como um problema técnico, que demandava, pois, uma solução técnica.

Hoje, descolou-se o eixo de enfoque da questão. A degradação ou, em termos mais amplos, a insustentabilidade do desenvolvimento, deriva principalmente da pobreza e da falta de recursos a ela indissociavelmente ligados. No setor rural, a insustentabilidade do desenvolvimento tem por causa básica a falta de recursos do homem rural - pobre, sem saúde, educação, entre outros.

Assim, a solução do problema da insustentabilidade do desenvolvimento rural, em especial, o da conservação dos solos, precisa contemplar também os problemas do homem rural. Conservação de solos não diz respeito apenas a uma tecnologia de manejo adequado do solo, mas sim e também a uma engenharia social que dê conta da falta de escolas, de serviços de saúde, preços justos, enfim, de alternativas viáveis para a população rural. Sem um tratamento adequado das questões que afligem as populações pobres, miseráveis, do meio rural, não há tecnologia que dê conta da conservação dos solos.

A terra é um dos fatores essenciais à produção agrícola. Grande parte das terras férteis do mundo estão já ocupadas e em produção. No Brasil, pode-se afirmar que ainda existem reservas de terras agricultáveis, que podem ser incorporadas ao processo de produção. Trata-se de terras, até há pouco, consideradas marginais, que precisam ser recuperadas. Os solos sob Cerrado são um bom exemplo da questão.

Também no Brasil, perdem-se toneladas de solos por ano, por causa da erosão e outros fatores, tecnologias inadequadas ou pelo uso inadequado de práticas culturais e falta de cuidados mínimos, como cultivo em curva de nível, conservação inadequada de estradas vicinais etc.

Uma das conseqüências mais graves do uso indevido do solo é o assoreamento e contaminação de mananciais, aspecto que, se negligenciado, pode inviabilizar a agropecuária em extensas áreas do Estado, comprometendo, por último, a segurança alimentar da população urbana e o equilíbrio da balança comercial do país.

Dessa maneira, as tarefas principais dos órgãos de pesquisa agrícola, nesse momento, são não só desenvolver tecnologias, mas também apontar medidas econômicas adequadas para incorporar os solos marginais ao processo de produção, para recuperar solos outrora férteis e hoje comprometidos por aplicação incorreta de tecnologias, muitas delas já inadequadas, para controlar a degradação do solo e, ainda, aumentar a produtividade das terras férteis, através do melhoramento da estrutura do solo e aplicação de compostos orgânicos e inorgânicos e de nutrientes vegetais apropriados para sustentar a fertilidade do solo.

Porém, é necessário atentar para a questão de que as soluções econômicas e aplicáveis necessitam estar inseridas em uma política nacional de conservação, que contemple, além das soluções técnicas, soluções sociais para o problema da miséria e pobreza das populações rurais.

MÁRIO RAMOS VILELA  
Presidente da EPAMIG

# NESTA

---



---

# EDIÇÃO



Foto: Erasmo Pereira

Solo, uma riqueza a ser preservada e garantida às futuras gerações

O INFORME AGROPECUÁRIO, na presente edição, aborda de forma profunda os desafios em relação à conservação dos solos, especialmente as causas da sua destruição. A adoção de práticas mecânicas de maneira estanque já não atende ao novo conceito de produção agropecuária, que tem como princípio básico a preservação da microbacia hidrográfica, que, por sua vez, não se concentra dentro de uma mesma propriedade agrícola. O controle da erosão em terras não cultivadas, as queimadas e suas graves conseqüências, a cobertura vegetal, o espaçamento de terraços, a perda de solos em sistema de preparo convencional, o plantio direto, e a erosividade da chuva são alguns dos temas trabalhados nesta revista.

## SUMÁRIO

Problemas Relativos ao Uso, Manejo e Conservação do Solo em Minas Gerais – <i>Nilton Curi, Deoclécio Nazareno do Carmo, Victor Gonçalves Bahia, Mozart Martins Ferreira e Derli Prudente Santana</i> . . . . .	5
Poluição e Conservação dos Recursos Naturais-Solo e Água – <i>Deborah Guerra Barroso e Marx Leandro Naves Silva</i> . . . . .	17
Fundamentos de Erosão do Solo (Tipos, Formas, Mecanismos, Fatores Determinantes e Controle) – <i>Victor Gonçalves Bahia, Nilton Curi, Deoclécio Nazareno do Carmo e João José Granate Sá e Melo Marques</i> . . . . .	25
Erosividade da Chuva – <i>Maria do Socorro da Silva Lemos e Victor Gonçalves Bahia</i> . . . . .	31
Princípios de Erodibilidade do Solo – <i>Paulo Marcos de Paula Lima, Victor Gonçalves Bahia, Nilton Curi e Marx Leandro Naves Silva</i> . . . . .	38
Perdas de Solo em Sistemas de Preparo Convencional e Plantio Direto – <i>Marx Leandro Naves Silva, Victor Gonçalves Bahia e Deborah Guerra Barroso</i> . . . . .	44
Espaçamento de Terraços em Função dos Fatores que Afetam as Perdas por Erosão – <i>Geraldo César de Oliveira, Joel Carlos Pereira e Maria da Glória B. de F. Mesquita</i> . . . . .	50
Cobertura Vegetal x Erosão – <i>Maria da Glória B. de F. Mesquita, Geraldo César de Oliveira e Joel Carlos Pereira</i> . . . . .	57
Queimadas e Erosão do Solo – <i>Djail Santos, Victor Gonçalves Bahia e Wenceslau Gerales Teixeira</i> . . . . .	62
Controle da Erosão em Terras Não Cultivadas – <i>Joel Carlos Pereira, Geraldo César de Oliveira e Maria da Glória B. de F. Mesquita</i> . . . . .	69

**CAPA:** Erosão, demarcação de curvas de nível, construção de terraços, preservação da vegetação e dos animais.

**FOTOS:** Arquivo/Emater/MG.

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v.16	nº 176	p.1-72	1992
----------------------	----------------	------	--------	--------	------

Os nomes comerciais apresentados nesta revista são citados apenas para conveniência do leitor, não havendo preferência, por parte da EPAMIG, por este ou aquele produto comercial. A citação de termos técnicos seguiu a nomenclatura proposta pelos autores de cada artigo.

# PROBLEMAS RELATIVOS AO USO, MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO EM MINAS GERAIS

Nilton Curi<sup>1</sup>

Deoclécio Nazareno do Carmo<sup>2</sup>

Victor Gonçalves Bahia<sup>3</sup>

Mozart Martins Ferreira<sup>4</sup>

Derli Prudente Santana<sup>5</sup>

## INTRODUÇÃO

Minas Gerais apresenta um quadro ecológico de nítidos e variados contrastes fisiográficos e bióticos, constituindo um mosaico rico de ambientes, onde os mais diversos estratos naturais podem ser identificados através das diferenciações de clima, topografia, vegetação natural, solos e uso agrícola.

A agricultura, desta maneira, está estreitamente determinada por condicionantes de ordem agroecológica e sócio-econômica, que interagem de forma específica em espaço agrícola. Todo e qualquer estudo realizado em nível de produtor, por mais completo e sofisticado que seja na sua concepção e execução, não se poderá furtar ao determinismo provocado pela estreita interação entre o homem e seu meio ambiente. Torna-se, assim, fácil entender que a situação relativa ao manejo e à conservação do solo e da água, em Minas Gerais, varia acentuadamente face à diversidade das condições antes mencionadas.

Frete à multiplicidade de ambientes que compõem o estado de Minas Gerais, faz-se necessária uma estratificação, visando agrupar as Zonas Fisiográficas do Estado (Fig. 1) em conjuntos de ambien-

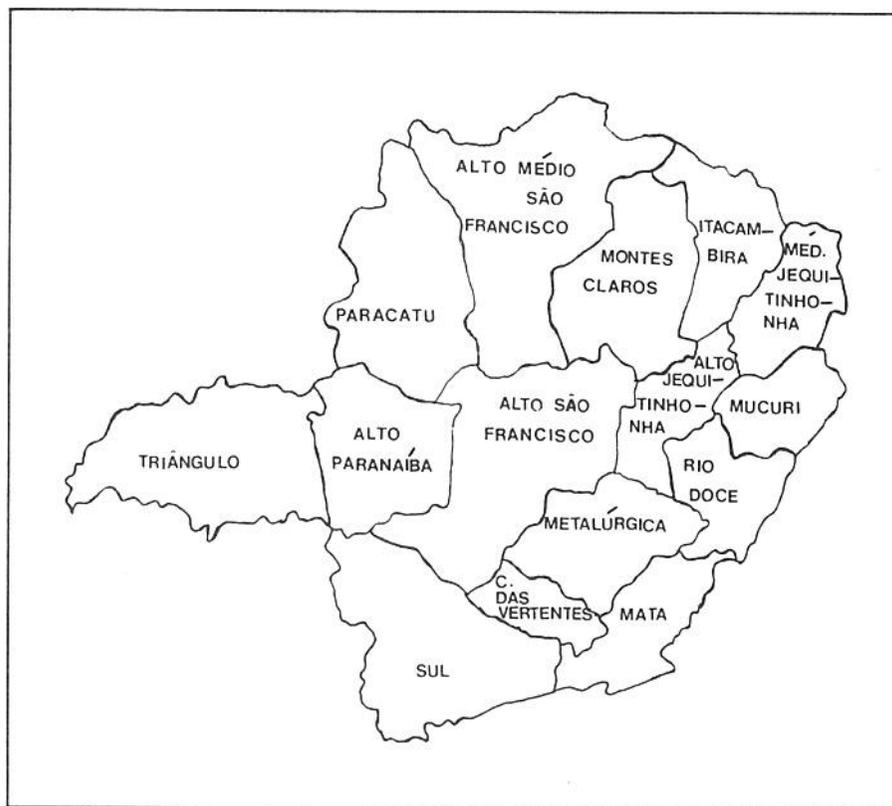


Figura 1 — Zonas Fisiográficas de Minas Gerais.

tes naturais mais homogêneos. Desse modo, tendo por critério as variações gerais no clima, relevo regional, vegetação natural, solos predominantes e aspectos de uso agrícola, identificaram-se seis regiões que servirão como moldura para os grandes estratos de ambientes naturais a serem aqui abordados.

Para cada região será feita uma ava-

liação crítica, em que serão analisadas as principais interações entre o homem e o ambiente, através das diferentes modalidades e intensidades de utilização agrícola, atendo-se principalmente às relações entre causa e efeito. No decorrer deste artigo, são apresentadas ilustrações objetivando facilitar a identificação de algumas dessas inter-relações em nível de

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D. — Prof. Titular/DCS/ESAL — Caixa Postal 37 — CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.S. — Asses. Assuntos Agronômicos/Merck — Estrada dos Bandeirantes, 1.099 — CEP 22710-113 Rio de Janeiro, RJ.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S. — Prof. Titular/DCS/ESAL — Caixa Postal 37 — CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S. — Prof. Adjunto/ESAL — Caixa Postal 37 — CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>5</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D. — Pesq./EMBRAPA/CNPMS — Caixa Postal 151 — CEP 35701-970 — Sete Lagoas, MG.

campo.

Não se pretende, aqui, propor soluções para problemas regionais específicos, mas sim ressaltar a importância de se conhecerem os principais problemas de uso e manejo agrícolas de cada região, para que o esforço despendido na busca de soluções não se desvança em estudos de caráter geral que, muitas vezes, não atingem as verdadeiras necessidades inerentes às diferentes regiões. Cada agrossistema apresenta um conjunto próprio de características que se reflete em determinadas alterações, que, por sua vez, requerem estudos e soluções específicas para aquele ambiente distinto.

### REGIÃO 1

Abrangendo praticamente toda a região Centro-oeste do Estado, a Região 1 é uma extensa área, originalmente sob vegetação predominante de cerrado, que engloba as Zonas Fisiográficas do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba, Paracatu, Alto e Alto Médio São Francisco, Alto Jequitinhonha e grande parte da Zona Metalúrgica. Devido à grande expressão geográfica desta Região e às diferenças de clima e relevo dos seus diversos segmentos, serão utilizadas como referências as Zonas Fisiográficas que a compõem, com o objetivo de possibilitar uma melhor visualização das características inerentes a cada estrato mais homogêneo dentro da região geral.

### Triângulo Mineiro

Com relevo geral aplainado, o Triângulo Mineiro é uma região com predominância de Latossolos (Fig. 2), originalmente sob vegetação com predomínio de cerrado, e hoje, em sua maior parte, ocupada por pastagens e agricultura intensiva. Apesar de a maioria dos solos da região apresentarem textura média e baixa fertilidade natural, o Triângulo Mineiro é uma das regiões de maior desenvolvimento agrícola do Estado. O avançado nível tecnológico aplicado à agricultura, favorecido pelo relevo plano ou suave ondulado, propicia a mecanização em todas as fases do processo agrícola.

O uso intensivo de máquinas, principalmente o apurado preparo de solo, acarreta uma acentuada pulverização, processo facilitado pelo caráter mais arenoso da maioria dos solos da região. A mobilização do material desses solos, no período de ventos de relativa intensidade (julho a setembro), os torna propensos a um lento, porém persistente, processo de erosão eólica.

A extrema pulverização dos solos por ocasião do preparo, associada ao impacto direto das gotas de chuva, provoca o processo de endurecimento da camada superficial, processo este agravado pelos frequentes veranicos, comuns na região no decorrer do período chuvoso. Os ciclos alternados de umedecimento e secagem acabam por transformar a camada solta do solo onde foi realizado o semeio

numa camada endurecida, com sérios reflexos no desenvolvimento radicular das culturas, na dinâmica da água do solo e, conseqüentemente, no processo erosivo, pois a redução na infiltração propiciará um maior escoamento superficial das águas de chuva.

A compactação abaixo da camada arável pode ser considerada hoje um dos maiores problemas na utilização agrícola em regiões de agricultura intensiva, notadamente sob cultivo de soja. Este processo é tanto mais drástico quanto mais intensas forem as operações de preparo do solo com grade.

A menor permeabilidade tanto da camada superficial quanto da subsuperficial acentua demasiadamente o deflúvio. O sistema de terraceamento muitas vezes passa a não mais suportar o volume d'água no decorrer de chuvas mais intensas, o que resulta no seu rompimento, com graves conseqüências. É cada vez mais comum o aparecimento de imensas voçorocas em áreas agrícolas do Triângulo Mineiro, formadas em curtos espaços de tempo.

Ao longo dos rios principais ocorrem os Latossolos Roxos, desenvolvidos a partir de basalto (Fig. 2). São solos mais férteis, mas que, por outro lado, apresentam maior susceptibilidade ao fenômeno de encrostamento. A erosão, inicialmente laminar, depois em sulcos rasos, acaba por romper a camada encrostada. O horizonte B, com grânulos muito pequenos e pouco

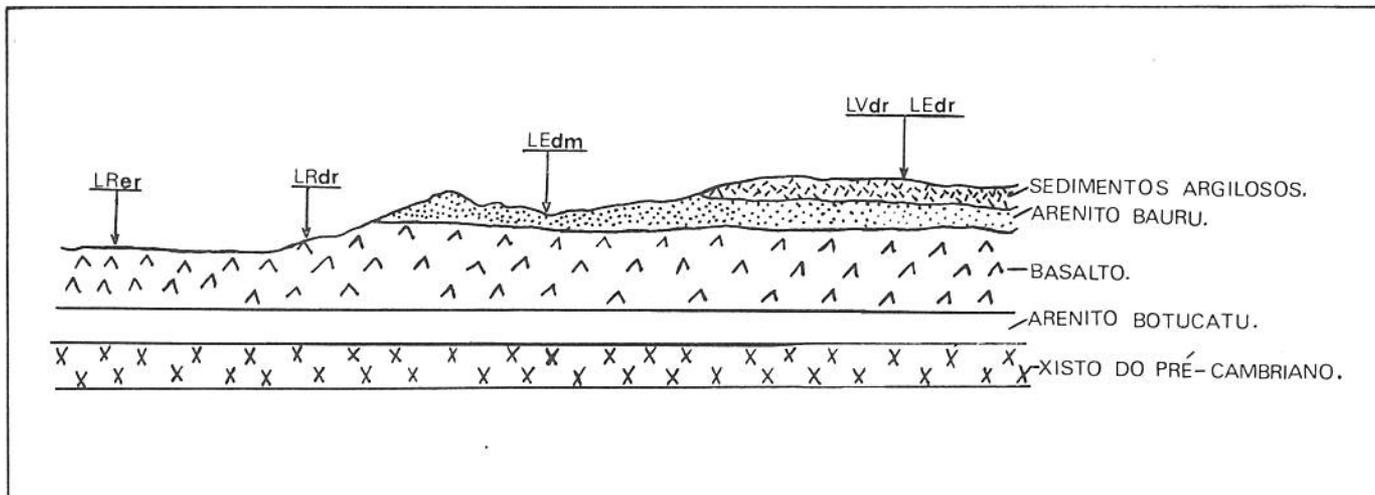


Figura 2 — Distribuição Esquemática dos Solos na Paisagem do Triângulo Mineiro.

FONTE: Dados básicos: Resende (1976).

NOTA: LRer — Latossolo Roxo eutrófico muito argiloso; LRdr — Latossolo Roxo distrófico muito argiloso; LEdm — Latossolo Vermelho-Escuro distrófico textura média; LVdr e LEdr — Latossolos Vermelho-Amarelos e Vermelho-Escuros distróficos muito argilosos.

coerentes, é arrastado com facilidade, iniciando com isso o processo de voçorocamento.

### Alto Paranaíba

Merecem destaque nesta região os chapadões de Latossolos argilosos da área sob influência do Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP) e as áreas mais acidentadas que compõem a encosta ocidental deste planalto, onde ocorre Latossolo Roxo desenvolvido de tufito. Este tipo de Latossolo estende-se para a região de Patos de Minas, apresentando um relevo mais acidentado do que os Latossolos de basalto e abrange uma área muito restrita em relação às áreas basálticas do Brasil (Fig. 3). O restante dos solos das chapadas desta região são afins aos do Triângulo Mineiro. Áreas de Cambissolos, de baixa fertilidade natural e de elevada erodibilidade, são também comuns nesta região.

Os solos argilosos das chapadas da região do PADAP, sob intensa atividade agrícola, principalmente nas áreas sob rotação de soja-trigo e sob a cultura de milho, estão sujeitos a um constante retrabalhamento decorrente das atividades de preparo do solo. Estas operações re-

presentadas por fases intermitentes de pulverização – reorganização (Resende, 1985), estão resultando num crescente processo de degradação física. Isto se reflete num gradativo aumento do empacotamento das partículas do solo e conseqüente endurecimento da camada superficial, semelhante ao que ocorre em Latossolos sob cultivo sucessivo de soja no Triângulo Mineiro, São Paulo, Mato Grosso do Sul e outras regiões, (Costa et al., 1984), além do problema de compactação nas camadas subsuperficiais.

Nas áreas de tufitos, o Latossolo Roxo, por seu relevo mais acidentado, associado ao desmatamento e manejo inadequado de pastagens e lavouras, está sofrendo um constante processo erosivo, já com formação de inúmeros sulcos e voçorocas localizadas, além da erosão laminar, que é de difícil constatação nas suas formas iniciais.

### Paracatu

Paracatu é uma região formada por extensas chapadas, em diferentes níveis (cotas), onde predominam solos extremamente pobres do ponto de vista químico e, no geral, arenosos, mais especificamente Latossolos Vermelho-Amarelos e Ver-

melho-Escuros de textura média e Areias Quartzosas. Esta região está sendo rapidamente transformada em um dos maiores maciços florestais de Minas Gerais. Apesar da topografia favorável à mecanização, o período seco prolongado e a natureza arenosa dos solos da região têm apresentado uma certa limitação à expansão de lavouras não irrigadas.

Não obstante o relevo aplainado predominante em Paracatu, já existe em algumas áreas reflorestadas um intenso processo erosivo, decorrente de um preparo de solo inadequado e principalmente de um talhamento quase sempre no sentido do declive. Os lançantes muito longos, apesar de suaves, a baixa agregação das partículas do solo, estradas e aceiros (com alto nível de compactação) no sentido do declive resultam em freqüentes voçorocamentos, com perdas de grandes quantidades de solo e, o que é mais crítico, grande perda de água do sistema, fato que apresenta sérios reflexos negativos no desenvolvimento dos povoamentos florestais e das culturas.

### Alto São Francisco

A região do Alto São Francisco apresenta um quadro pedológico peculiar,

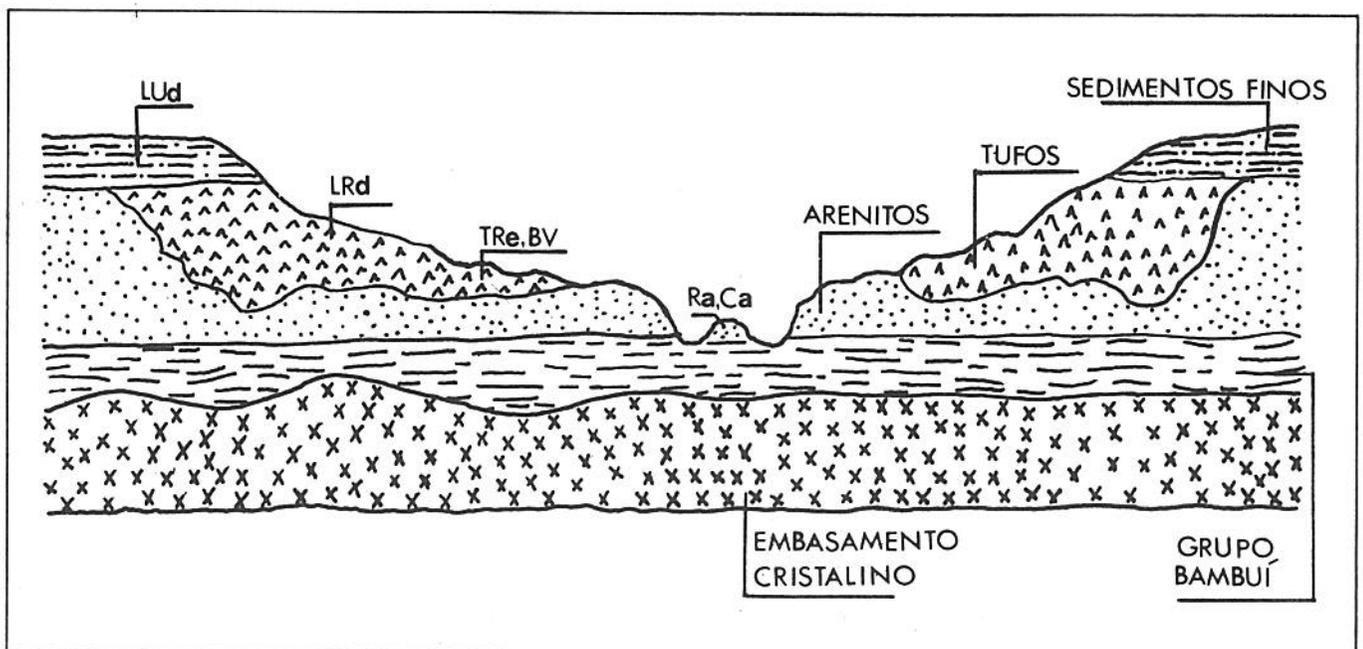


Figura 3 – Distribuição Esquemática dos Solos na Paisagem do Alto Paranaíba (MG).

FONTE: Carmo et al. (1984).

NOTA: LUd – Latossolo variação Una distrófico; LRd – Latossolo Roxo distrófico; TRe – Terra Roxa Estruturada eutrófica; BV – Brunizem Avermelhado; Ra – Solo Litólico álico; Ca – Cambissolo álico.

tanto no que se refere à fertilidade do solo, quanto à erosão e mecanização. É comum deparar-se nesta região com solos eutróficos (saturação por bases trocáveis igual ou maior que 50%), desenvolvidos de calcário, ao lado de solos álicos (saturação por alumínio trocável igual ou maior que 50%), originados de rochas pobres em nutrientes e de textura fina.

Os Cambissolos e Solos Litólicos, associados à vegetação campestre ou campo cerrado, em relevo mais acidentado e muitas vezes com afloramentos de rochas (regionalmente conhecidos pela denominação de toás), são solos extremamente susceptíveis à erosão, a qual, aliada à acentuada pobreza química destes solos, constitui um sistema com sérias limitações, tanto no que se refere à fertilidade quanto à erosão. A pouca profundidade desses solos e o relevo acidentado implicam sérias limitações também no aspecto de mecanização e disponibilidade d'água.

Os solos mais velhos da região (Latosolos) desenvolvidos de rochas pobres em bases, são menos limitantes nos aspectos de água, mecanização e erosão,

além de, paradoxalmente, apresentarem menor limitação quanto à fertilidade, pois, apesar do distrofismo acentuado (saturação por bases trocáveis < 50%) possuem menores teores de alumínio trocável.

A retirada quase que total do cerrado natural para carvoejamento na área de Latossolos propicia um aumento da intensidade erosiva nestes solos, pois, com a exposição deles forma-se uma camada superficial encrostada, que reduz a infiltração e aumenta o escoamento superficial e, conseqüentemente, a erosão. Este fato, associado à ocorrência de grandes extensões de Cambissolos e Solos Litólicos, extremamente susceptíveis à erosão, fazem dessa região uma das mais críticas do Estado. Desse modo, a represa de Três Marias, que capta uma ampla rede de drenagem infiltrada em uma área típica de solos anteriormente mencionados deve receber continuamente uma substancial carga de sedimentos (Fig. 4). Uma taxa erosiva regional tão intensa refletirá obrigatoriamente numa capacidade efetiva cada vez menor do reservatório que poderá, a longo prazo, acarretar sérios

transtornos a um empreendimento de tal magnitude e importância sócio-econômica.

#### Alto Médio São Francisco

Na zona do Alto Médio São Francisco ocorrem extensas áreas de Areias Quartzosas (classes texturais areia e areia franca), onde se constata a presença de sulcos e voçorocas localizadas em decorrência da grande susceptibilidade desses solos à erosão (EMBRAPA, 1979). Com a ocupação de grandes extensões de terra por empresas reflorestadoras, está havendo um agravamento substancial do processo erosivo, à medida que o cerrado nativo está sendo retirado para dar lugar a povoamentos florestais. A fase é mais crítica no período entre a retirada do cerrado e a implantação dos povoamentos, quando é feito o preparo da área. Nessa fase, processa-se uma perda muitas vezes assustadora de solo, cujos reflexos podem ser notados pelo rápido assoreamento dos rios drenadores da região. Nestas áreas principalmente, mas também na região de cerrado como um

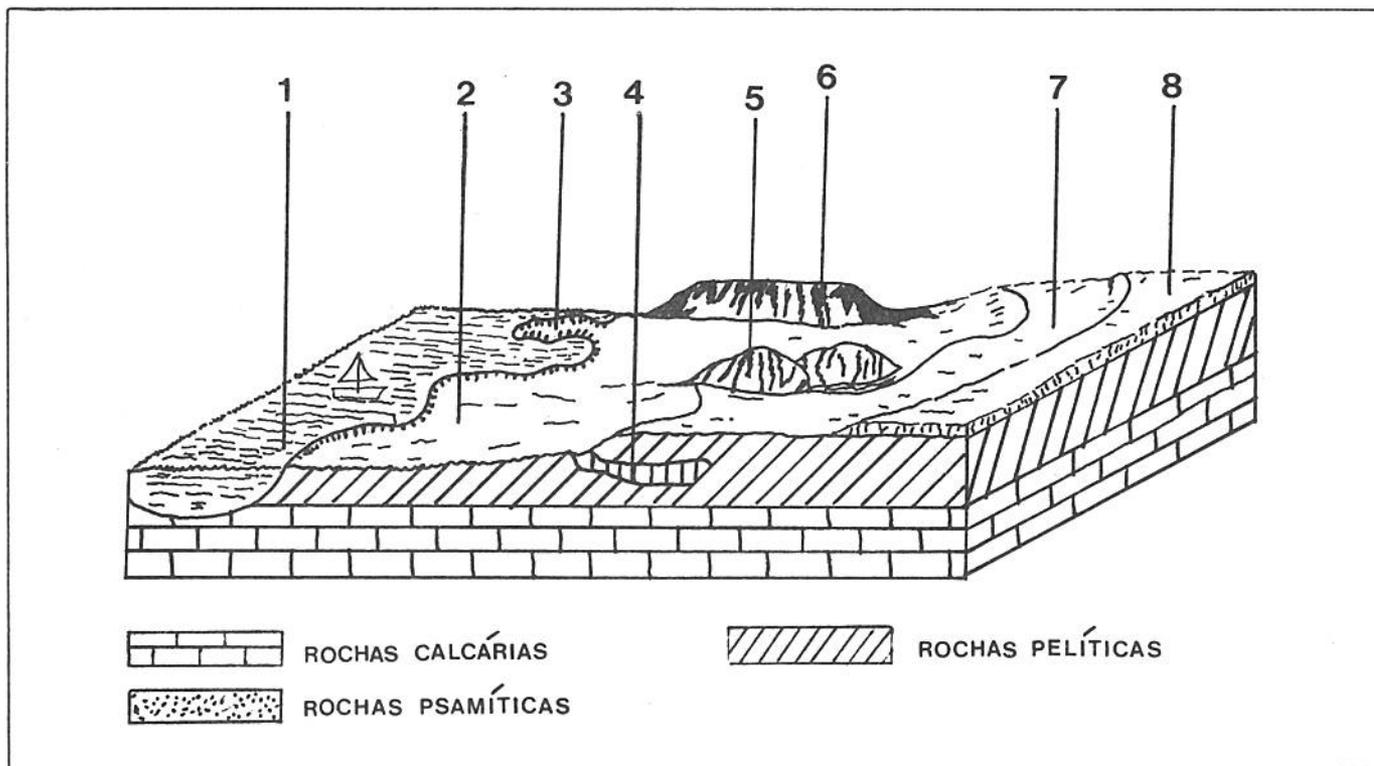


Figura 4 – Bloco-diagrama da Área sob Influência do Reservatório de Três Marias (MG).

FONTE: Almeida (1979).

NOTA: 1 – Represa de Três Marias; 2 – Latossolo Vermelho-Escuro; 3 – Latossolo Vermelho-Amarelo câmbico; 4 – Podzólico eutrófico; 5 – Cambissolo álico; 6 – Solo Litólico álico; 7 – Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo; 8 – Latossolos Vermelho-Escuro e Vermelho-Amarelo, textura média, e Areias Quartzosas.

todo, a perda de água do sistema, talvez mais do que a perda de solo, pode ser um dos fatores mais limitantes ao uso agrícola, considerando-se a natureza dos solos, naturalmente pouco propícios à retenção d'água.

### Alto Jequitinhonha

A região do Alto Jequitinhonha possui um contraste marcante de solos e topografia, apresentando uma nítida separação entre as extensas chapadas, com cotas entre 800 e 900 m, e as áreas dissecadas com relevo muito movimentado e vales profundos, geralmente sem a presença de terraços fluviais.

Os solos das chapadas, com vegetação primitiva de cerrado, são representados por Latossolos Vermelho-Amarelos com textura argilosa, atualmente, recobertas, em quase sua totalidade, por eucaliptais, formando extensos maciços reflorestados. Semelhantemente ao que ocorre no Noroeste mineiro, os solos das abas das chapadas do Alto Jequitinhonha apresentam muitas vezes elevada erodibilidade. Diferenciam-se daqueles, no entanto, pela tendência de formação de sulcos rasos que evoluem rapidamente, o que leva à decaptação total da camada superficial, alterada pelas operações de preparo e cultivos. É comum observar-se o afloramento de uma camada subsuperficial adensada, que implica sérios danos, principalmente por reduzir a infiltração d'água e, conseqüentemente, a efetividade das chuvas, fato de inestimável importância numa região considerada marginal, no que se refere à disponibilidade d'água para as plantas (inclusive no Polígono das Secas).

As encostas íngremes das chapadas e as elevações que compõem as áreas dissecadas embutidas entre estas chapadas são constituídas, em parte, por solos menos evoluídos, com horizonte B textural, às vezes eutróficos, e por Solos Litólicos, mais próximos à calha dos rios. Grande parte dessas elevações, no entanto, são formadas por Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos latossólicos, ambos distróficos.

É nos solos eutróficos e pouco permeáveis das partes dissecadas que se ins-

tala a parca agricultura da região. O seu uso é condicionado pelo clima regional já não muito propício, fato agravado pelo relevo muito acidentado, que, aliado ao elevado índice de erodibilidade, dificulta sobremaneira a implantação das lavouras e torna muito curto o tempo de aproveitamento das pastagens no decorrer do ano.

### Metalúrgica

Ainda se enquadra na extensa área dos cerrados mineiros uma grande parte da Zona Metalúrgica de Minas Gerais, mais especificamente as regiões que abrangem o alto curso do Rio das Velhas e Paraopeba. É uma região constituída por solos quimicamente pobres, com relevo geral muito acidentado, principalmente em uma faixa central montanhosa, que se inicia na base da Serra do Espinhaço, na região de Ouro Preto, e se prolonga para o norte, em direção à Serra do Cipó. Nesta faixa, os solos são rasos, geralmente originados de rochas psamíticas (ricas em quartzo), não apresentando condições mínimas necessárias à implantação de atividades agropecuárias. É interessante observar que o número de núcleos populacionais desta área é relativamente elevado e surgiu exclusivamente do interesse despertado pelas jazidas mineiras abundantes e variadas na região.

Além dos problemas de erosão típicos dos Solos Litólicos de regiões acidentadas, esta parte da Zona Metalúrgica, por seu rico subsolo, apresenta vários pólos de prospecção de minérios. As atividades mineradoras implicam geralmente total desestabilização da paisagem, com remanejamento de enormes quantidades de material de solo e subsolo. Nestas áreas, volumosas quantidades de detritos são acumuladas, geralmente sem os cuidados conservacionistas mínimos necessários. Desse modo, as áreas de mineração, desprovidas de um conjunto de medidas necessárias ao condicionamento ambiental, transformam-se em gigantescas e pródigas fontes de sedimentos. Córregos, rios e represas da região estão passando por um intenso processo de assoreamento, que, por sua vez, acarreta mudanças drásticas na capacidade de vazão dos

cursos d'água, ocasionando enchentes muitas vezes catastróficas e reduzindo drasticamente a capacidade de armazenamento dos reservatórios. Além disso, estes sedimentos, acrescentados às águas utilizadas na manipulação de minérios, muitas vezes lançadas diretamente aos fluxos d'água da região sem os devidos tratamentos, comprometem ainda mais a qualidade da água. Este fato ainda se torna mais grave, quando se considera a grande densidade populacional da região e a crescente quantidade de efluentes industriais, já normalmente lançados nos cursos d'água.

Cumpramos ressaltar que da cidade de Conselheiro Lafaiete, uma das principais produtoras de batata (cultura em que geralmente se utiliza um grande número de agrotóxicos) do Estado, análises de resíduos dos inseticidas aldicarbe (Temik) e forato (Granutox) em amostras de água realizadas nos laboratórios de Toxicologia de Pesticidas da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), revelaram valores abaixo do limite de tolerância<sup>6</sup>, conforme estabelecido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, ou seja, 10 µg/l. entretanto, por se tratar de compostos extremamente tóxicos ao ser humano e que têm sido detectados em concentrações relativamente altas em água de minas e de poços em várias regiões agrícolas dos Estados Unidos (Matsumura, 1975), iniciou-se um programa de monitoramento dos resíduos desses compostos (programa piloto nessa área), envolvendo a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e a ESAL, o que deveria ser estendido a outras áreas onde problemas potenciais de poluição ambiental existem.

## REGIÃO 2

Representada pelas Zonas Fisiográficas do Sul de Minas e Campos das Vertentes, a Região 2 é tida pedologicamente como muito heterogênea (como ilustração é mostrado na Figura 5 um bloco-diagrama da região de Lavras, Sul de Minas), e apresenta variada atividade agrícola, ressaltando-se a cafeicultura e a pecuária leiteira.

<sup>6</sup> Informação verbal fornecida pelo Professor da ESAL, R.L.G. Rigitano em junho de 1992.

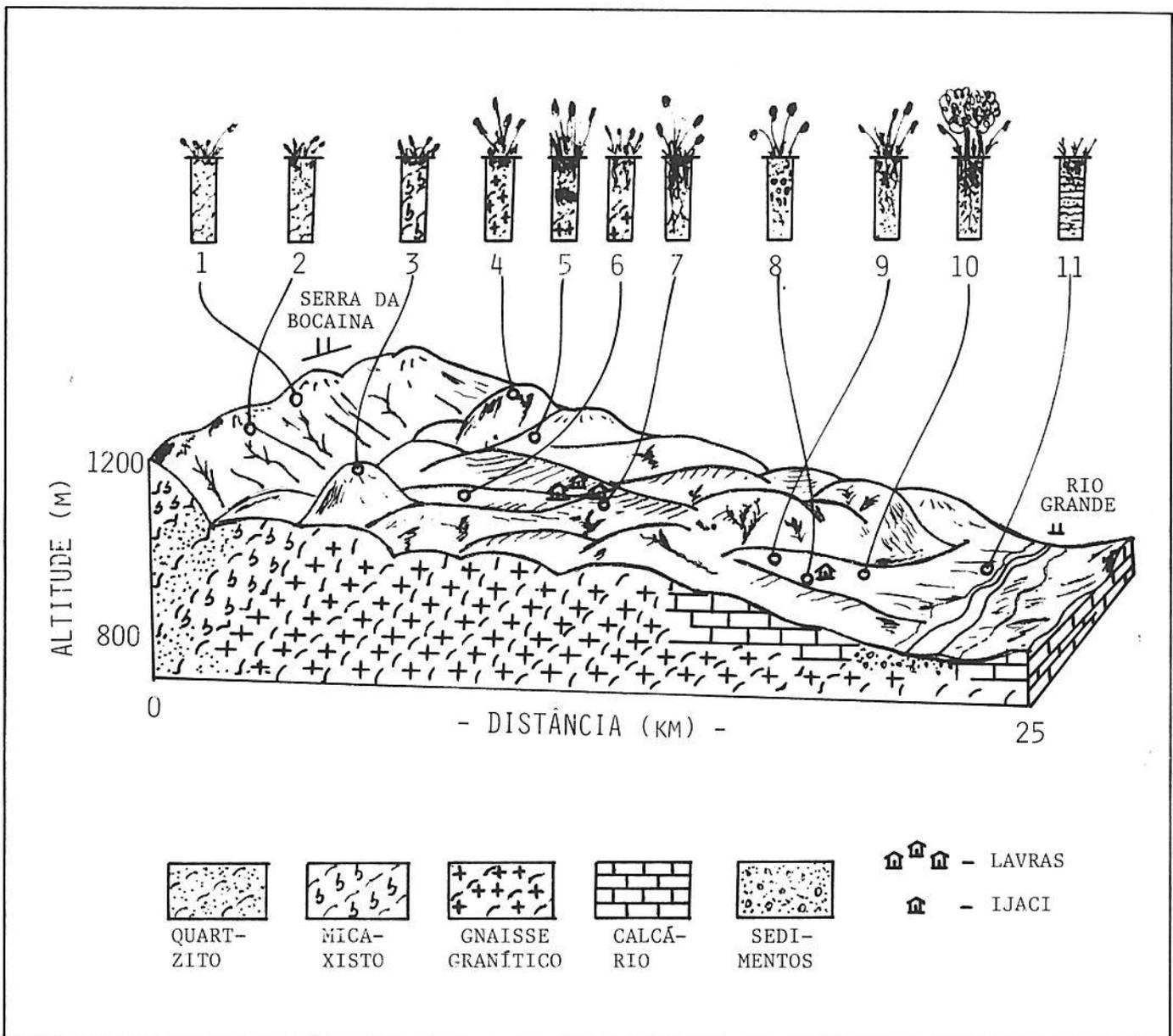


Figura 5 — Distribuição dos Solos na Paisagem Regional de Lavras (MG).

FONTE: Curi et al. (1990).

NOTA: 1 e 3 — Solo Litólico álico; 2 — Cambissolo álico; 4 — Solo Litólico distrófico; 5 — Podzólico Vermelho-Amarelo distrófico; 6 e 8 — Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico; 7 — Latossolo Vermelho-Escuro distrófico; 9 e 10 — Latossolo Vermelho-Escuro álico; 11 — Solo Aluvial eutrófico.

Os maiores problemas de erosão, em termos de extensão territorial, estão ligados aos Cambissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos com baixo teor de Fe. No primeiro caso, os Cambissolos são solos que apresentam propensão à erosão, em decorrência do relevo acidentado (declividade média em torno de 30%), de propriedades físicas desfavoráveis (entre elas, a presença de uma zona adensada e de maior coesão na camada subsuperficial), espessura relativamente reduzida dos perfis e permeabilidade restringida

das rochas subjacentes, circunstâncias conjuntas que favorecem o escoamento superficial das águas (Brasil, 1962). O desgaste superficial destes solos por erosão laminar é comum, sendo que a erosão varia desde ligeira até severa, verificando-se ainda a ocorrência de voçorocas esparsas na paisagem.

Alguns municípios dos Campos das Vertentes e mesmo do Sul de Minas apresentam significativa parcela de sua pecuária leiteira calcada em áreas de pastagens nativas de campo, que representam

a vegetação típica dos Cambissolos e Solos Litólicos regionais (Fig. 6). O manejo inadequado dessas pastagens, quase sempre com o uso do fogo para favorecer a rebrota do pasto, associado às propriedades intrínsecas dos solos e ao relevo mais acidentado, reúne condições extremamente favoráveis a um agravamento, cada vez mais intenso, do processo erosivo (Quadro 1). Santos et al. (1992) mostraram que a simples manutenção da vegetação de campo nativo reduziu as perdas de solo em 85%, em relação ao solo desco-

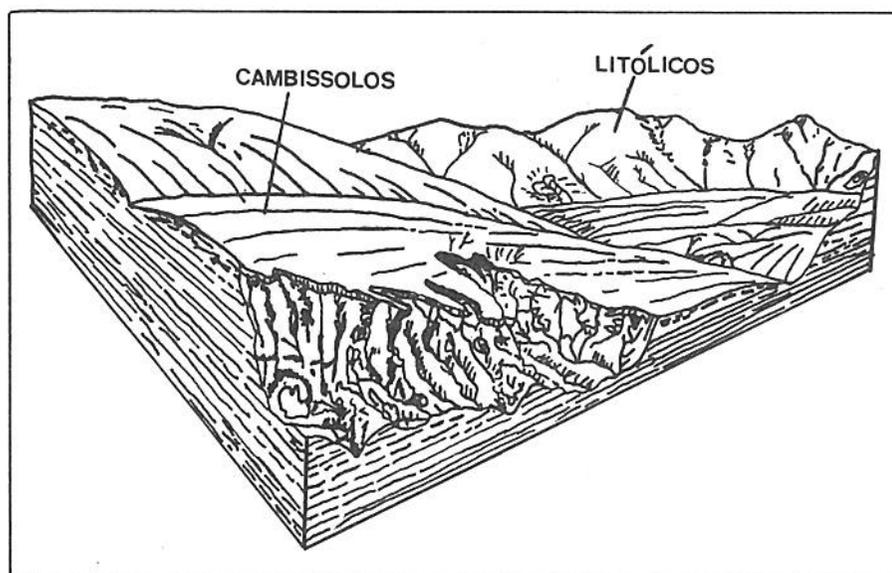


Figura 6 – Solos Litólicos Álicos, Vegetação Campestre, Geralmente Associados com Cambissolos Álicos.

FONTE: Resende; Rezende (1983).

teção do solo contra a erosão. A exposição, principalmente dos horizontes subsuperficiais desses solos rasos, possibilita a instalação de formas drásticas de erosão em espaço de tempo relativamente curto. Neste aspecto, o horizonte A funciona como protetor do horizonte B e, principalmente, do C contra a erosão.

No tocante aos Latossolos Vermelho-Amarelos, a natureza da rocha de origem (principalmente gnaisse granítico leucocrático – baixo teor de Fe) faz com que haja, aliada a uma vegetação não muito exuberante, uma baixa infiltrabilidade d'água no solo. A tendência ao voçorocamento está relacionada à diminuição da espessura do solum (horizontes A + B) no terço inferior das encostas, onde a erosão é mais intensa e o horizonte C é rapidamente atingido. Este horizonte é muito erodível, devido aos elevados teores de silte + areia fina (65%) e à permeabilidade muito baixa (0,5 cm/h) (Silva, 1990). Segundo Parzanese (1991), uma vez que o sulco atinge o horizonte C, a taxa de aprofundamento aumenta rapidamente, conduzindo ao solapamento das cabeceiras, até a voçoroca evoluir por toda a encosta (Fig. 7).

Problemas sérios também ocorrem nas áreas de exploração de cenoura e batata, em glebas com declives superiores a 25%. O manejo dessas culturas provoca intensa pulverização do solo, o que facilita o transporte deste material vertente abaixo, através do escoamento superficial (enxurradas). O emprego de pesticidas de elevado potencial de contaminação ambiental vem comprometendo a qualidade da água, inclusive para consumo humano, uma vez que estes materiais são arrastados pelas enxurradas, juntamente com o material de solo, e lançados nos cursos d'água.

Trabalhos realizados no Brasil sobre o destino de pesticidas em solos são raros, e a maioria deles restringe-se a estudos sobre a persistência (resultante de todas as reações, movimentos e degradação) desses compostos. Piffer (1989), trabalhando com movimento e degradação de inseticidas em solos localizados no terço superior de encostas no Sul de Minas Gerais, concluiu que não seria esperada a contaminação da água do lençol freático (localizado a muitos metros de profundidade) nas dosagens normalmente recomendadas, sendo fundamental, nesse

QUADRO 1 – Perdas de Solo, Produção de Matéria Seca e Cobertura do Solo em Cambissolo Álico, com 15% de Declive, na Microrregião Campos da Mantiqueira, Zona dos Campos das Vertentes (MG)			
Tratamento	Perdas de Solo <sup>(1)</sup> (t/ha)	Produção de Matéria Seca (kg/ha)	Cobertura Vegetal (%)
A – Parcelas mantidas sem vegetação e sem nenhuma prática de manejo	151,2	0,0	0
B – Campo nativo sem nenhuma prática de manejo	22,4	995,5	6 – 25
C – Campo nativo com escarificação, calagem e adubação	3,4	1561,3	26 – 50

FONTE: Santos et al. (1992).  
(1) Período: de novembro/90 a fevereiro/92.

berto, o que demonstra o potencial de perda de solo no período entre a queimada (prática comum nestas áreas) e a rebrota do pasto.

Trabalho sobre avaliação indireta da erodibilidade, por camadas, de Cambissolo, derivado da alteração de gnaisse granítico leucocrático, foi realizado no Sul de Minas (região de Lavras) por Silva et al. (1990), sendo que alguns resultados

são apresentados no Quadro 2. Os índices de erodibilidade apontam as primeiras camadas (horizontes A e B) como de bem maior resistência à erosão, em comparação ao horizonte C. A estimativa da perda total de solo permite uma avaliação da aplicabilidade desses índices. A adoção dos fatores de uso e manejo e práticas conservacionistas, como valor unitário, refere-se a uma situação de total despro-

QUADRO 2 – Índices de Erodibilidade Avaliados Segundo o Nomograma de Wischmeier et al. (1971) e Estimativa de Perdas de Solo em Cambissolo do Sul de Minas Gerais

Parâmetro	Cambissolo		
	Horizonte A	Horizonte Bi	Horizonte C
Espessura (cm)	0 – 14	14 – 35	66 – 113+
Índice de erodibilidade (K) (t.ha.h/ha.MJ.mm) <sup>(1)</sup>	0,039	0,047	0,092
Perdas de solo (t/ha.ano) <sup>(2)</sup>	253	305	596

FONTE: Silva et al. (1990).

(1)  $K = 0,1317$  (Foster et al., 1981). (2) Calculada com base na equação universal de perdas de solo ( $A = RKLSCP$ ), considerando-se os índices de erodibilidade (K) de cada horizonte do solo e a erosividade das chuvas (R) da região (6,483 MJ.mm/ha.h.ano). Os demais fatores da equação são considerados unitários ( $A = KR$ ).

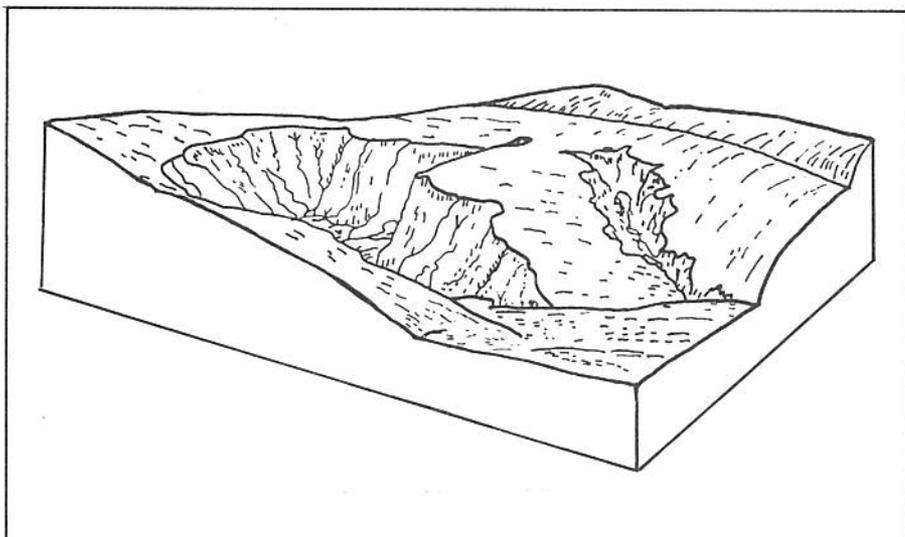


Figura 7 – As Voçorocas Progridem Rapidamente, Encosta Acima, depois que a Erosão Atinge o Horizonte C Profundo, Comum nos Latossolos Desenvolvidos de Rochas Graníticas e Gnáissicas Leucocráticas.

FONTE: Resende (1985).

contexto, a posição do solo na paisagem. Isto quer dizer que solos nos quais são aplicados defensivos agrícolas, situados no terço inferior de encostas e nas várzeas apresentam maior potencial de poluição do ambiente do que aqueles situados em cotas mais elevadas.

### REGIÃO 3

A Região 3 compreende a região fisiográfica conhecida como Zona da Mata, abrangendo a porção Sudeste do estado de Minas Gerais. Com relevo acidentado, semelhante ao do Vale do Rio Doce (Região 4), a Região 3 apresenta, no entanto, menor erodibilidade do que aquela região,

por se constituir, predominantemente, de solos bem permeáveis, porém ainda razoavelmente coerentes (Fig. 8). Tal fato, associado à presença do capim-gordura nas pastagens (boa proteção do solo), resulta em menores problemas de erosão.

As áreas canavieiras da região, em geral de solos predominantemente com horizonte B textural, já apresentam, nas partes mais acidentadas, um processo erosivo bem acentuado, sendo comum encontrarem-se encostas com decaptação total do horizonte A original. Apesar do controle natural da erosão proporcionado pela cultura da cana, o preparo inadequado de solo, muitas vezes com grade pesa-

da arrastada morro abaixo, e o uso do fogo cada vez mais arraigado por ocasião do corte da cana têm ocasionado um intenso processo de perda de solo. Com isso, é comum encontrar-se superficialmente nas encostas um material de solo avermelhado, evidência clara do afloramento do horizonte B dos Solos Podzólicos.

É oportuno recordar que a Zona da Mata, outrora uma das regiões de maior expressão em cafeicultura do país graças à reserva nutricional acumulada e mantida na camada superficial dos solos pela floresta primitiva, teve em poucas décadas, pelo processo de exaustão e erosão, seus cafezais depauperados e substituídos por pastagens de baixa capacidade de suporte.

### REGIÃO 4

Abrangendo a porção oeste da Zona Metalúrgica e todo o Médio Rio Doce, a Região 4 pode ser estratificada em dois conjuntos de ambientes bastante distintos, tanto no que se refere a solos quanto a condições bioclimáticas, o que implica diferentes problemas de utilização agrícola e de manejo e conservação do solo e da água.

Próximo à calha do Rio Doce e seus afluentes (alguns quilômetros), ocorrem elevações geralmente em forma de meia laranja, onde predominam os Podzólicos eutróficos, recobertos por pastagens de colômbio e jaraguá. Nas margens dos rios e córregos, é comum a presença dos terraços fluviais, muitas vezes com solos eutróficos, utilizados com pastagens ou

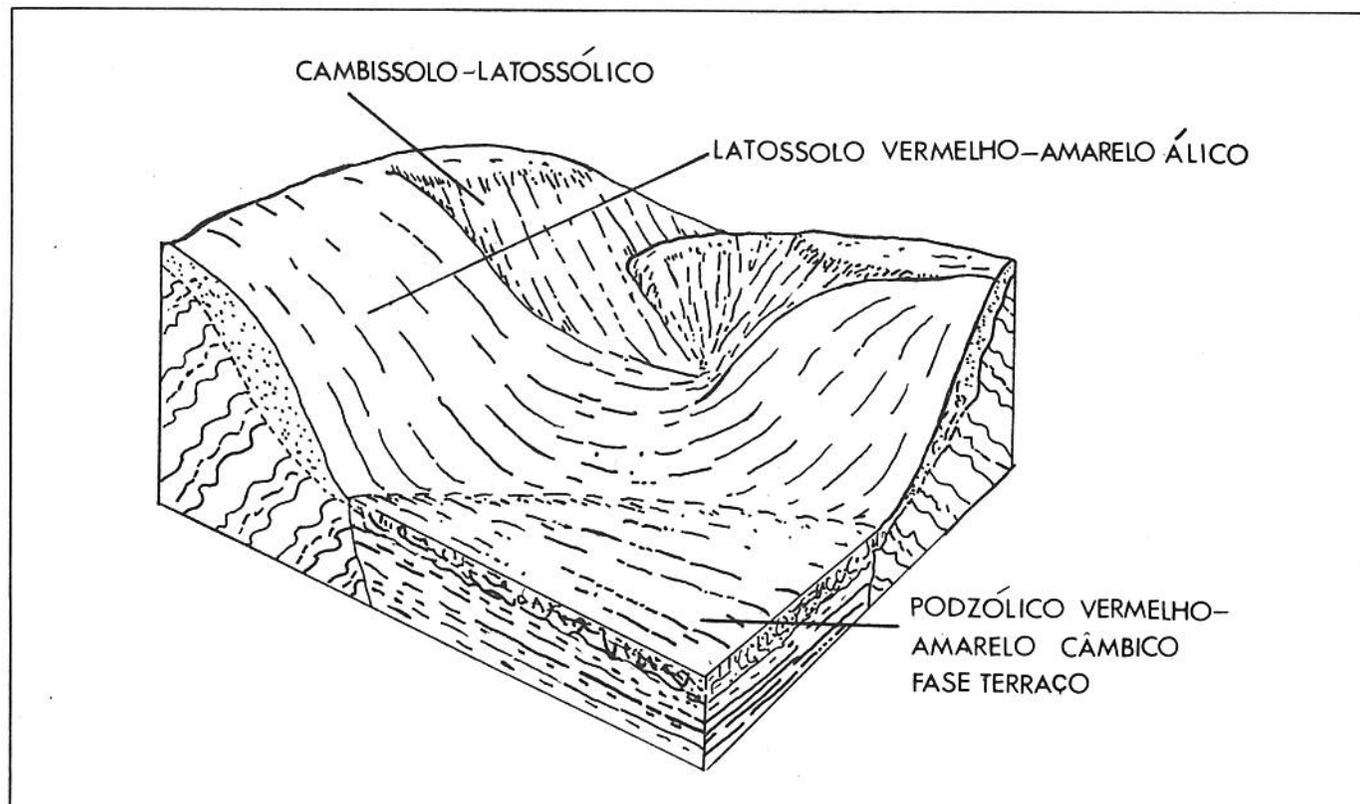


Figura 8 — Bloco-diagrama, Vendo-se os Diferentes Solos, Facilmente Identificáveis na Paisagem, no Planalto de Viçosa (MG).

FONTE: Corrêa (1984).

cultivo de milho e feijão. Esta faixa de terreno marginal aos rios é constituída por uma seqüência de solos. Tal seqüência começa às margens dos fluxos d'água pelos terraços fluviais que se fundem com as encostas das elevações, que, por sua vez, apresentam solos com horizonte B textural no terço médio e inferior, e Latossolos nos topos. É comum a presença de Latossolos com elevados teores de matéria orgânica (Latossolo Vermelho-Amarelo A húmico) nos topos mais elevados e achatados.

À medida que se afasta dos rios, o relevo torna-se cada vez mais movimentado, aumentando o domínio dos Latossolos, até dar lugar a uma espécie de planalto ondulado. Tal planalto estende-se principalmente para oeste do Rio Doce, conhecido regionalmente como "terra fria". Aí dominam as pastagens de capim-gordura, muitas vezes infestadas com sapé, sendo que nas partes mais elevadas a samambaia torna-se a espécie vegetal predominante.

As faixas marginais aos rios, principalmente as do Rio Doce, são atualmente utilizadas com pastagens extensivas (pecuária de corte) e mais recentemente por

reflorestamentos de eucalipto. As pastagens da região que apresentavam há algumas décadas uma capacidade de suporte de até 2,0 UA/ha, hoje se encontram enfraquecidas e em elevado grau de depauperação, declinando para 0,8 UA/ha sua capacidade de suporte (Baruqui et al., 1985).

O uso indiscriminado do fogo no manejo das pastagens, a natureza pouco permeável dos solos com horizonte B textural, o elevado distrofismo dos Latossolos dos topos das elevações, aliados ao período seco prolongado e com elevado déficit hídrico, resultaram em um intenso processo erosivo, um dos maiores do Estado, e com sérios problemas e prejuízos para a agricultura e pecuária da região. É notoriamente conhecida a erosão dos topos de morros do Rio Doce, onde a ausência de vegetação originou os sítios conhecidos como "pelados". Nestes topos desnudos, muitas vezes em adiantado processo de voçorocamento, há pouca estabilidade das sementes, que são arrastadas pelas primeiras chuvas. Além disso, a baixa fertilidade limita praticamente a colonização do solo com colônias e jaraguá. O próprio capim-gordura, mais adaptado

a terras fracas, é seriamente limitado pelo uso do fogo (Baruqui et al., 1985) e pelo déficit hídrico peculiarmente crítico naquela posição da paisagem.

Nas partes inferiores das encostas, os solos com horizonte B textural estão sujeitos a uma intensa erosão laminar decorrente da baixa permeabilidade do horizonte B, do elevado teor de argila dispersa em água e da baixa proteção oferecida pelo hábito cespitoso do colônias, tudo isso agravado pelo uso do fogo e outras práticas inadequadas de manejo de pastagens.

Com a expansão dos reflorestamentos na região, o processo erosivo se agravou ainda mais, pois as práticas utilizadas, principalmente no preparo do solo e na exploração florestal, estão causando sérios danos aos solos da região.

A idéia de que o reflorestamento é uma prática conservacionista não se aplica ao Rio Doce, onde, pelo contrário, existem incontáveis evidências de drásticos desgastes provocados pela erosão em matizes florestais da região, em especial nos mais recentes.

O emprego de lâminas KG na destoca, a gradagem pesada morro abaixo, a

direção das linhas de plantio e conseqüentemente das capinas também no sentido do declive, a ausência de sub-bosques nos maciços florestais e o arraste de madeira encosta abaixo até os pontos de baldeio têm deixado indeléveis marcas nas elevações da região. Tais fatores irão refletir-se em uma capacidade produtiva cada vez menor dos solos do Médio Rio Doce.

Já nas partes mais elevadas da região, as pastagens de capim-gordura em Latossolos profundos e porosos, à semelhança do que ocorre na Zona da Mata, não apresentam muitos problemas de erosão, a não ser deslizamentos de encostas mais íngremes nos anos muito chuvosos. Por outro lado, os solos desta região apresentam extrema pobreza química, o que, associado a um relevo acidentado, com baixa taxa de áreas planas, torna muito difícil o desenvolvimento agrícola da região.

O intenso processo erosivo que afeta principalmente as áreas mais próximas do Rio Doce tem reflexos diretos no curso do rio, onde se torna cada vez mais evidente a presença de bancos de areia obstruindo grandes secções da calha do rio. Com a decaptação do horizonte A das elevações e o afloramento de camadas adensadas e menos permeáveis, há uma drástica redução na efetividade das chuvas, com substancial aumento das águas de escoamento superficial o que, associado ao parcial preenchimento do leito do rio com sedimentos, tem resultado em grandes inundações, com sérios reflexos na sócio-economia regional.

### REGIÃO 5

Formada pelo Mucuri e Médio Jequitinhonha, a Região 5 apresenta relevo geral ondulado e forte ondulado, tendo a pecuária de corte como atividade básica.

A presença de solos Podzólicos sob pastagens de capim-colonião, à semelhança das áreas de pastos da região de Governador Valadares, propicia intenso desgaste dos solos. Tal desgaste, associado, às vezes, ao uso do fogo e chuvas torrenciais comuns naquela área do Estado no decorrer dos poucos meses chuvosos, permite um arraste contínuo de partículas da camada superficial. Com o passar dos anos, o piso das pastagens torna-se cada vez mais endurecido, processo, em parte

também favorecido pelo pisoteio, principalmente em pastagens com lotação excessiva de animais. As sementes de gramíneas encontram a cada ano maiores dificuldades para se fixar, as touceiras de colonião tornam-se cada vez mais espaçadas, o piso do pasto cada vez mais exposto e a capacidade de suporte das pastagens, é claro, continua diminuindo gradativamente.

### REGIÃO 6

A Região 6 equivale à região Norte do Estado de Minas Gerais, mais precisamente às Zonas Fisiográficas de Montes Claros e Itacambira, e apresenta situação peculiar, por se situar na faixa climaticamente mais seca do Estado. Desse modo, há ocorrência de extensas áreas de caatinga, com inclusões de florestas caducifólia e subcaducifólia e mesmo vegetação de cerrado nas faixas marginais mais para o sul e oeste.

É comum, a ocorrência de solos jovens e rasos (principalmente Solos Litólicos), desenvolvidos de calcário em relevo acidentado e com presença quase constante de rochiosidade e pedregosidade. O uso agrícola destes solos, apesar da elevada fertilidade natural, apresenta-se condicionado pelo déficit hídrico acentuado. O emprego de práticas de convivência com o problema de déficit hídrico ou de um manejo mais adequado às condições locais de topografia, através de tração animal ou cultivo manual, pode, ao modo como se faz no sertão nordestino, tornar viável a utilização desses sistemas.

Nas áreas mais suaves, em geral onde a mecanização é utilizada na formação de pastagens e preparo de solo para reflorestamento e lavoura, pode ocorrer acentuado arraste da camada arada, devido às chuvas torrenciais, muito comuns nesta região, principalmente no início do período chuvoso.

### USO ATUAL VERSUS APTIDÃO AGRÍCOLA

O uso atual de uma determinada área muitas vezes não é compatível com sua real aptidão agrícola, determinada por um conjunto de fatores pedológicos, climáticos e bióticos, que se interagem naturalmente resultando em um maior ou menor grau de limitação quanto aos aspectos de

deficiência de fertilidade, de água, de oxigênio, susceptibilidade à erosão, impedimentos à mecanização e outros.

A inter-relação entre o homem e o ambiente tem resultado, principalmente nas regiões tropicais, em desastrosas conseqüências, traduzidas por uma rápida e constante degradação dos sistemas ecológicos através das atividades agrossilvopastoris. São raros os casos em que se observa a utilização de um ecossistema dentro de sua aptidão natural. Quando tal se verifica, o processo de depauperação é o menor possível, de modo que aquela área permanece inalterada em suas principais características, o que permite o uso constante do ecossistema sem redução de seu padrão de produtividade.

O efeito nocivo do uso inadequado dos agrossistemas pode ser creditado, em sua maior parte, ao intenso processo erosivo que advém de tipos de utilização agrícola pouco apropriados aos pedossistemas, e de um conjunto de práticas edáficas não ajustadas às necessidades e peculiaridades de cada ambiente.

Quando se visa direcionar o uso das terras dentro de sua vocação agrícola, faz-se necessária uma estratificação de ambientes através do levantamento de suas características e propriedades que, por sua vez, permitirá uma avaliação do seu potencial e de suas limitações. Para realizar o primeiro passo deste processo, isto é, a caracterização dos ecossistemas, é necessário identificar os diversos ambientes, agrupando-os em estratos homogêneos que serão então classificados de acordo com sua aptidão agrícola.

Os mapas de aptidão agrícola que abrangem o estado de Minas Gerais ou algumas de suas regiões específicas, por seu caráter generalizado, pelas limitações de ordem cartográfica e pela carência de informações em certas regiões, representam apenas classes de aptidão para estratos regionais mais homogêneos, não se atendo a segmentos específicos da paisagem. Para os técnicos que lidam no campo, no entanto, é muito importante a identificação das inclusões de classes de solos de pior ou melhor aptidão agrícola que possam ocorrer em sua área de trabalho.

Como exemplo, dentro dessa linha de pensamento, e que deveria ser considerado em cada situação particular, deve ser ressaltado que algumas regiões do estado

de Minas Gerais, como a Zona da Mata e Rio Doce, em que as elevações latossólicas representam quase a totalidade da área, têm, por outro lado, sua base agrícola implantada nos fundos dos vales (Podzólicos cámbicos nos terraços fluviais e solos Aluviais nos leitos maiores dos cursos d'água). Estes solos, apesar de representarem menos de 10% da área regional, têm expressiva importância sócio-econômica e é neles que se desenvolve a quase totalidade das atividades agrícolas. Neste contexto, é muito importante para os técnicos da região um conhecimento mais profundo dos problemas que afetam o uso agrícola destes segmentos da paisagem, através da avaliação das limitações (deltas) (Fig. 9).

Os principais entraves à solução dos problemas levantados, na atual conjuntura, são: falta de utilização das informações concernentes à aptidão agrícola, carência de estudos de problemas regionais

em determinadas áreas; falta de integração das várias áreas de estudo de forma a dar uma resposta conjunta aos problemas – enfoques unilaterais produzem resultados unilaterais; tradicionalismo reinante em certas regiões do Estado com relação ao uso inadequado do solo, de pesticidas, de fertilizantes e de implementos agrícolas; e carência de uma ação agressiva e sistêmica dos organismos governamentais, em termos de forçar o uso da melhor vocação agrícola das terras.

### REGIONALIZAÇÃO DOS PROBLEMAS

É preciso, primeiro, conhecer bem cada região, seu clima, relevo, vegetação natural, solos, uso e manejo agrícolas para que seja possível diagnosticar os proble-

mas principais e só depois recomendar práticas que possam minimizá-los ou controlá-los. Nesse contexto, a experiência do técnico regional constitui fator importante.

A título de exemplo, será utilizada a microrregião Campos da Mantiqueira, Zona dos Campos das Vertentes (parte da Região 2). Cambissolos em relevo acidentado e Latossolos em relevo suavizado são os solos dominantes. Com base nas observações e medições de campo, nos resultados das análises de laboratório e nas entrevistas informais com os agricultores, foi elaborado o Quadro 3.

Convém ressaltar que trata-se de áreas onde o sistema de agricultura é tradicionalmente de baixos insumos, o que implica uma adequação das propostas para a solução dos problemas encontrados. A vocação agrícola natural da maioria dessas áreas é intimamente ligada às pastagens (pecuária leiteira).

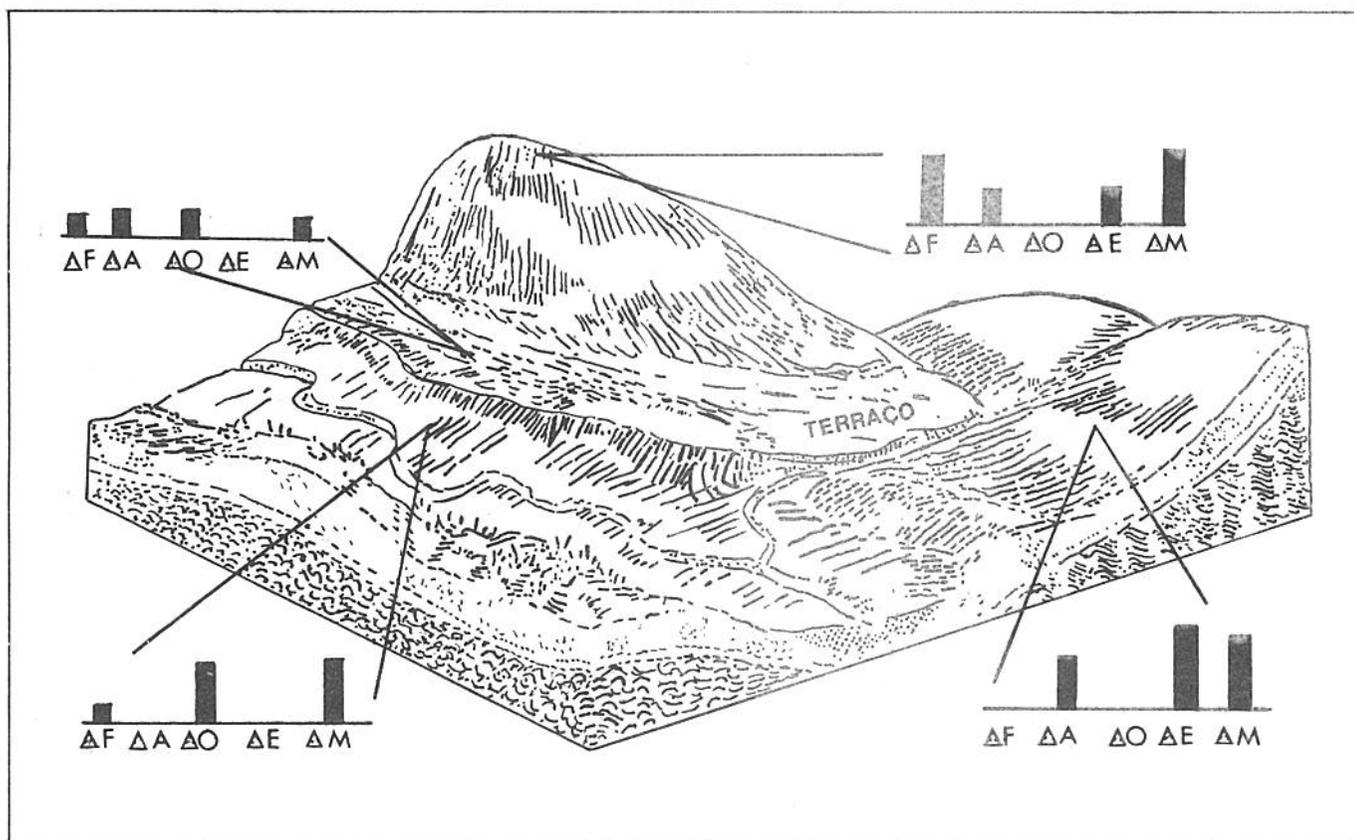


Figura 9 — Distribuição Esquemática dos Solos na Paisagem da Zona da Mata e Rio Doce (MG) e Estimativa dos Fatores de Limitação de Cada Ambiente.

NOTA: ΔF — Deficiência de fertilidade; ΔA — Deficiência de água, ΔO — Deficiência de oxigênio, ΔE — Susceptibilidade à erosão; ΔM — Impedimentos à mecanização.

As barras verticais representam a magnitude relativa da limitação.

QUADRO 3 – Principais Problemas Diagnosticados nas Áreas de Cambissolos dos Campos da Mantiqueira, Zona dos Campos das Vertentes (MG), e Sugestões para Uso e Manejo em Sistema de Agricultura de Baixos Insumos

Principais Problemas	Sugestões para Uso e Manejo
Baixa infiltração de água no solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Preparo adequado (mínimo) do solo e revegetação, procurando aumentar a atividade biológica, a infiltração de água e a penetração de raízes</li> </ul>
Alta estimativa das perdas de solo (415 t/ha.ano), numa situação de total desproteção do solo contra a erosão)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Introdução de gramíneas tolerantes (andropógon ou brachiarião) a esse ambiente (melhorando a pastagem nativa de campo), que possam cobrir melhor o terreno e propiciem uma boa produção de forragem, dentro de um sistema de manejo adequado</li> </ul>
Baixa fertilidade natural <sup>(1)</sup> (Ca <sup>2+</sup> = 0,24 meq/100g; Mg <sup>2+</sup> = 0,1 meq/100g; K disponível = 14,3ppm; Al <sup>3+</sup> = 0,42 meq/100g; P disponível = 1ppm e matéria orgânica = 1,43%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Calagem e adubação mínimas e uso de gramíneas tolerantes</li> </ul>

FONTE: Curi (1991).

(1) Também é problema nos Latossolos, porém em menor intensidade (menores valores de saturação por Al).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.R. de. **Cronocromossequência de solos originários de rochas pelíticas do grupo Bambuf.** Viçosa: UFV, 1979. 150p. Tese Mestrado.

BARUQUI, F.M.; RESENDE, M.; FIGUEIREDO, M.S. Causas da degradação e possibilidades de recuperação das pastagens em Minas (Zona da Mata e Rio Doce). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.8, p.27-37, ago. 1985.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. **Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de Furnas.** Rio de Janeiro, 1962. 462p. (SNPA. Boletim, 13).

CARMO, D.N.; CURI, N.; RESENDE, M. Caracterização e gênese de latossolos da região do Alto Paranaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.2, p.235-240, maio/ago. 1984.

CORRÊA, G.F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do Planalto de Viçosa, MG.** Viçosa: UFV, 1984. 87p. Tese Mestrado.

COSTA, L.M. et al. Conservação do solo. In: ENCONTRO TÉCNICO SOBRE A CULTURA DE SOJA, 1984, Ponta Porã. [Anais...] Ponta Porã, [s.n.], 1984. p.111-112.

CURI, N. **Relações solo-pastagens na região dos Campos das Vertentes (MG).** Lavras: ESAL, 1991. 24p. Relatório apresentado à EMBRAPA-CNPGL. Datilografado.

EMBRAPA - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Norte de Minas Gerais (área de atuação da SUDENE).** Recife, 1979. 407p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim Técnico, 60).

FOSTER, G. R.; MCCOOL, D. K.; MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.36, p.355-359, 1981.

MATSUMURA, F. **Toxicology of inseticides.** New York: Plenum Press, 1975. cap.8, p.305-324: Movement of inseticides in the environment.

PARZANESE, G.A.C. **Gênese e desenvolvimento de voçorocas em solos originados de rochas granitoides na região de Cachoeira do Campo, Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1991. 117p. Tese Mestrado.

PIFFER, R. **Movimento e degradação de aldicarbe e sulfona de aldicarbe em dois diferentes solos.** Lavras: ESAL, 1989. 99p. Tese Mestrado.

RESENDE, M. **Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.3-18, ago. 1985.

RESENDE, M. **Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of the Central Plateau of Brazil.** West Lafayette: Purdue University, 1976. 237p. Tese Doutorado.

RESENDE, M.; RESENDE, S.B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, n.105, p.3-25, set. 1983.

SANTOS, D. et al. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas em Cambissolo, com diferentes práticas de manejo, nos Campos da Mantiqueira (MG). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992, Lavras. **Resumos...** Lavras: ESAL, 1992. p.45.

SILVA, A.C. **Relação entre voçorocas e solos na região de Lavras (MG).** Lavras: ESAL, 1990. 124p. Tese Mestrado.

SILVA, M.L.N.; LIMA, J.M.; CURI, N. Erodibilidade de Cambissolos e Podzólicos Vermelho-Amarelos da região de Lavras (MG). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 10, 1990, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: UFCE, 1990. p.38.

WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. A soil erodibility nomogram for farmland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.26, p.189-193, 1971.

# POLUIÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS-SOLO E ÁGUA

Deborah Guerra Barroso<sup>1</sup>  
Marx Leandro Naves Silva<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

O termo *poluição* é dirigido usualmente à presença de substâncias tóxicas introduzidas pelo homem no meio ambiente. Porém, muitas vezes, esta ocorre de maneira natural, independente da atividade humana, podendo ser causada inclusive por substâncias não-tóxicas.

A erosão pode ser considerada uma parte do problema poluição, o que faz com que os conservacionistas aceitem a prevenção da poluição como outra razão para melhor conservar o solo.

Esta estreita relação entre *erosão* e *poluição* é nitidamente observada quando constatamos os efeitos poluidores da erosão, como produção de sedimentos e arraste de pesticidas e fertilizantes químicos, entre outros. Entretanto, não podemos pensar em erosão unicamente como uma das causas da poluição, pois são comuns as situações em que aquela surge como resultante desta. Este é o caso do lançamento de resíduos tóxicos na atmosfera, solo e cursos d'água, capazes de dizimar espécies vegetais, provocando erosão severa.

A conservação do solo é uma das armas que podemos lançar mão no combate à poluição. No entanto, há uma questão que colabora com a recusa das práticas conservacionistas pelos exploradores do solo: na maioria das vezes elas geram um custo imediato em troca de um benefício a longo prazo.

Mas este não é o único motivo da não-adoção de um sistema de conservação do solo em seus diversos campos de

exploração. Abstraindo aspectos financeiros, econômicos ou sociais, deparamo-nos com o grande problema de caráter educativo.

A proteção do solo, bem como de outros recursos dos quais o homem depende direta e/ou indiretamente, vincula-se a um amadurecimento social, de forma que tais necessidades se imponham naturalmente e seus argumentos concretos sejam suficientes para alterar o procedimento da comunidade.

## POLUIÇÃO DO SOLO

### • Agentes Biológicos

Redes de esgoto e instalações sanitárias são praticamente inexistentes em zonas suburbanas e rurais, e quando o contrário se dá, são extremamente precárias e pouco utilizadas. Esta deposição de fezes diretamente sobre o solo favorece a disseminação de verminoses que atingem a quase totalidade da população dessas regiões.

Mas este não é um problema restrito a tais zonas. Ainda hoje podemos observá-lo nas periferias de grandes cidades.

O controle deste tipo de poluição depende de medidas de educação sanitária e promoção social, com realização de um trabalho de base adequado a cada comunidade, como também das iniciativas de saneamento básico fundamentais.

### • Agentes Químicos

#### Aduos ou Fertilizantes

Os fertilizantes são substâncias químicas geralmente de baixa toxicidade e não acarretam problemas de poluição do solo, quando empregados dentro das

normas que regem a boa prática agrícola. Os nitratos, porém, constituem caso especial, visto que quando ingeridos em maiores quantidades comprometem o sistema circulatório e ao passarem a nitritos irão ainda combinar com aminas no tubo digestivo, formando substâncias cancerígenas.

Apesar de não constituírem importante fator de poluição dos solos, os fertilizantes poderão se depositar em cursos d'água através da erosão em terras cultivadas, ou mesmo nas partes mais baixas da área, causando excesso nessas faixas de solo. Os nutrientes solúveis como os nitratos estão mais ligados às águas das enxurradas e lixiviação, e os fosfatos aos sólidos arrastados, já que o fósforo é bastante adsorvido pelas partículas mais finas do solo.

Segundo Gledining et al. (1989), no campo experimental de Broadbalk, o solo que recebeu 144 kg/ha de fertilizantes todos os anos, desde 1852, contém 20% mais N orgânico que lotes não fertilizados desde 1852. A diferença em nitrato é muito maior, podendo significar maiores riscos de lixiviação. Pode-se então concluir que, apesar de os fertilizantes nitrogenados não contribuírem diretamente para a lixiviação do nitrato, repetidas aplicações ao longo do tempo podem indiretamente aumentar o risco de que grandes campos cultivados deixem mais resíduos no solo.

Para controlar este tipo de poluição, devem-se aplicar fertilizantes na quantidade mínima necessária à produção das culturas, isto é, aquela utilizada pelas plantas, evitando-se excessos que seriam levados pela enxurrada, e, ainda, reduzir ao mínimo esta enxurrada e perdas de solo pela erosão através de práticas ade-

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Pós-Graduanda em Fitotecnia/ESAL - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Pós-Graduando em Solos e Nutrição de Plantas/DCS/ESAL - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

quadas de conservação do solo.

### Defensivos Agrícolas

Os defensivos são, na maioria, produtos químicos com propriedades diversas, que se aplicam sobre as plantas para controlar doenças, pragas ou ervas daninhas, minimizando prejuízos e aumentando a produtividade e rentabilidade da exploração agrícola. Eles podem, porém, permanecer nos produtos vegetais que alimentam homens ou animais, bem como no solo ou junto a restos de cultura. A ocorrência ou não de tais fatores é mais uma questão de uso apropriado dos insumos que de suas propriedades intrínsecas (Almeida, 1977ab e Alves, 1977).

Os defensivos agrícolas podem ser persistentes ou se metabolizarem em outros produtos. Nos casos de poluição do solo, os não persistentes, mesmo que apresentem elevado teor de toxicidade aguda, não serão importantes, a exemplo do Parathion (organofosforado). Já os mais persistentes, como os organoclorados, não apresentam praticamente perigo durante a aplicação, mas, com o correr dos anos e dosagens sucessivas, poderão se acumular no solo, poluindo produtos vegetais dali obtidos.

Deve-se considerar que a persistência dos defensivos no solo não está ligada somente às características do produto em si, mas também àquelas inerentes ao solo, como estrutura, quantidade de argila, matéria orgânica, acidez e presença de microorganismos, entre outras. Podemos observar no trabalho de Edwards (1966), citado por Paschoal (1979), que o DDT aplicado em solo estéril teve apenas 2% de degradação em 20 h, ao passo que, aplicado em solo normal, apresentou degradação de 10% no mesmo período, e o Parathion teve 90% de degradação em solo normal e pequena porcentagem em solo estéril.

Um dos problemas graves no aumento de resíduos e conseqüências ambientais é o fator *resistência*. A resposta usual a ela é pulverizar mais, e, quando isso falha, o próximo passo é a substituição do pesticida. Tal substituição, entretanto, além de aumentar o perigo para a saúde dos agricultores e trabalhadores rurais e elevar o custo de produção de forma significativa, apenas diminui a velocidade de escalada por algum tempo,

não resolvendo o problema de fato (Bull; Hathaway, 1986).

Para minimizar o problema da resistência, devem-se conciliar vários métodos de controle, adotando estratégias menos dependentes de pesticidas.

### Herbicidas

Embora sejam os herbicidas os defensivos mais amplamente usados, raramente causam sérios problemas de poluição. Porém, deve-se destacar uma exceção, a dioxina (2, 3, 7, 8 tetracloro-dibenzeno-paradioxina), subproduto tóxico que aparece na fabricação de 2, 4, 5 - T (ácido 2, 4, 5 tricloro-fenoxi-acético). Ela, como outros hidrocarbonetos clorados, apresenta grande persistência no solo e na água.

No geral, os herbicidas podem-se decompor no solo e a degradação química varia de acordo com a estrutura e características gerais da molécula dos herbicidas. Quanto maior a solubilidade, mais profundamente penetram no solo. Em solos muito argilosos, as moléculas do produto fixam-se fortemente à argila.

É através dos processos físicos, químicos e microbiológicos sofridos pelos herbicidas quando aplicados no solo que se determina a fitotoxicidade e disponibilidade ou não desses produtos. Dentre tais processos, a sorção do solo é o principal fator que impede a utilização do herbicida pelas plantas e microorganismos. Helene et al. (1983), estudando a sorção de Metribuzin e Trifluralin em diferentes tipos de solos brasileiros, obteve uma variação ao Coeficiente de Distribuição (K) de 0 a 1,84 para Metribuzin e de 26,2 a 96,6 para o Trifluralin, diferença explicada pela própria estrutura química das moléculas. Observou ainda que os solos com maiores teores de matéria orgânica obtiveram os maiores valores de K da série estudada, e que a correlação entre a sorção dos dois herbicidas e a relação C/N dos solos a diferentes profundidades foi positiva, com maior sorção nas camadas de menor teor de N.

Liu; Cbes-Viade (1973), citados por Helene; Rüegg (1982), pesquisando a sorção de diversos herbicidas em 48 solos de Porto Rico, encontraram de 0 a 33% a sorção do 2,4-D correlacionada positivamente com o teor de matéria orgânica. Já Helene; Rüegg (1982), estudando a sor-

ção do 2,4-D, correlacionaram-na positivamente aos íons de  $H^+$  e  $Al^{3+}$ , não obtendo evidências da influência do pH, matéria orgânica e outros constituintes.

As populações de microorganismos constituem via importante de degradação de herbicidas. Helene; Rüegg (1982), em seu estudo de sorção do 2,4-D, observaram também a evolução da degradação do herbicida nos diferentes solos através da captação radioativa de  $^{14}CO_2$  que teve como resultado uma baixa produção de  $CO_2$  nos solos com maior teor de areia. O contrário se deu naqueles solos com maiores porcentagens de compostos orgânicos e argilosos, os quais podem ter propiciado provavelmente o desenvolvimento de maior quantidade e diversidade de microorganismos, favorecendo a biodegradação e formação de gás carbônico (Gráfico 1).

Na nova geração de grupos orgânicos sintéticos, citam-se a Simazine e o Monuron como os de maior persistência nos solos, enquanto que os baseados em Delaxon e Paraquat permanecem por poucas semanas com baixos riscos de poluição. A Simazine age vagarosamente através do solo, do qual não é facilmente lixiviada. Quanto ao Paraquat, mata a parte aérea da maioria das plantas, sendo então quase que imediatamente imobilizado pelas partículas do solo, das quais não é liberado, e é então degradado pela decomposição bacteriana.

O Paraquat constitui produto na presença do qual a fauna do solo sobrevive melhor às aplicações do que por ocasião das práticas normais de cultivo. Porém, é muito perigoso ao homem quando usado de maneira errada, causando morte ao ser ingerido na forma não diluída. Por ser de lenta mobilização em vegetação úmida, pode causar morte de animais selvagens quando pulverizado em restos de capina de ervas daninhas após a chuva.

### Fungicidas

Diversos preparados contendo cobre são usados para vários estados patológicos causados por fungos. Quando as concentrações são altas e durante muitos anos, o solo fica altamente contaminado com cobre, o que afeta a fauna do solo. Entretanto, as plantas maduras não são muito afetadas e também não há perdas significativas de cobre que contaminam

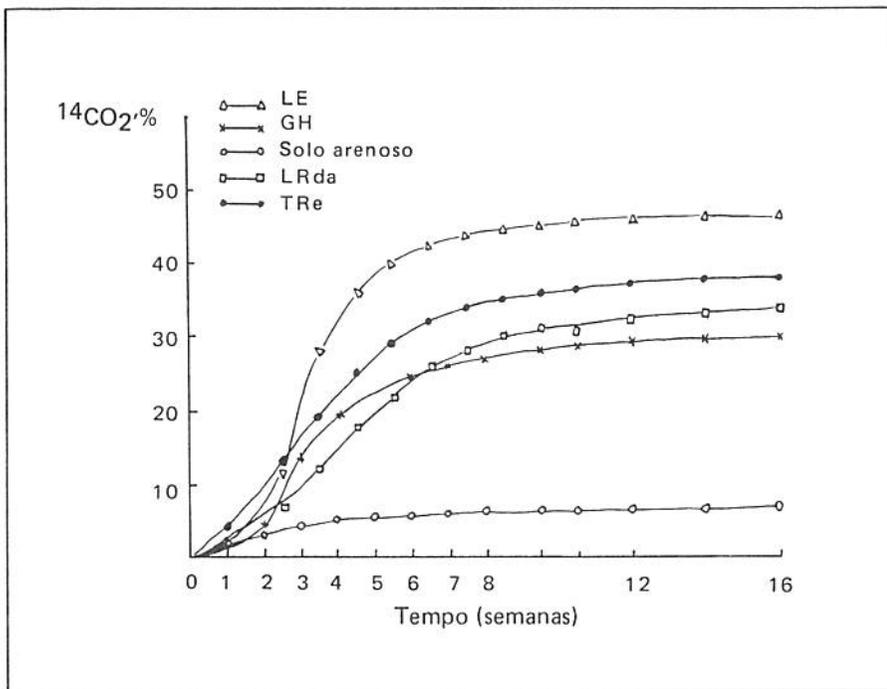


Gráfico 1 - Evolução de  $^{14}\text{CO}_2$  a partir de solos tratados com 2,4-D ( $^{14}\text{C}$  marcado no anel benzênico).

áreas vizinhas.

Alguns fungicidas orgânicos, como o Captan, são muito eficientes, mas, pelo alto preço e baixo uso, não se têm dados sobre conseqüente poluição.

Vários compostos de mercúrio, como o Calomelano ( $\text{HgCl}_2$ ), relativamente pouco tóxicos, são usados como fungicidas. Os compostos organomercuriais são usados amplamente como protetores de sementes de cereais, cujos tratamentos são feitos profilaticamente, prevenindo, por exemplo, infecções comuns de fungos, independente da possibilidade de prejuízos futuros.

Em caso de tratamento de sementes, aproximadamente 100 g de ingrediente ativo são aplicados em 1 ha. A adição total de mercúrio por  $\text{m}^2$  é de 1 mg, o que é geralmente insignificante em comparação ao nível natural de mercúrio no solo. Tal dosagem torna improvável que tais tratamentos sejam responsáveis pela contaminação do solo por mercúrio.

O mercúrio é armazenado e acumulado por animais, podendo ser transmitido e concentrado através de cadeias alimentares. Porém, os mais sérios casos de contaminação por este importante poluente ambiental é decorrente de seu uso industrial em larga escala.

Nos anos 70, os fungicidas sistêmicos, que não são altamente tóxicos e nem

apresentam problemas de poluição, passaram a ser amplamente utilizados. A tendência é de que cresça o uso de substâncias químicas que apresentem menor probabilidade de causarem danos ecológicos.

#### Inseticidas

A poluição ambiental séria causada por inseticidas é um problema do pós-guerra (1945), época a partir da qual se difundiu o uso de novos produtos químicos sintetizados pelo homem (Ottaway, 1982). Embora estes inseticidas sintéticos, com algumas exceções, sejam menos tóxicos para o homem e outros vertebrados do que certas substâncias que foram substituídas, a grande persistência de alguns deles tem produzido novos problemas.

Apenas uma proporção de resíduos inseticidas no solo resulta de aplicação direta. Muitos solos que nunca receberam tratamento apresentam-se contaminados. Como origem destes resíduos no solo podemos citar:

- **Tratamento dos Solos:** a dosagem excessiva de inseticidas em solos demasiadamente cultivados resulta em grandes quantidades de resíduos.

- **Perdas na Pulverização:** estima-se que cerca de 50% do inseticida

aplicado em pulverização foliar atinge o solo através da deriva na pulverização, ou competição das folhas, ou ainda com a queda destas no solo. Terriere et al. (1966), citados por Edwards (1973), encontraram, em terra abandonada próxima a pomares que eram regularmente pulverizados com DDT, cerca de 5,625 kg/ha de ingrediente ativo. A pulverização aérea é outra fonte de resíduos ou inseticidas, quando executada sobre culturas e florestas. Esta forma de aplicação pode atingir distâncias consideráveis, afetando áreas vizinhas, além da concentração que permanece sobre o solo.

- **Chuva e Poeira:** a atmosfera tem a propriedade de acumular resíduos, como no caso dos organoclorados. Estes resíduos são encontrados na chuva, ar e poeira, ocasionados pela aplicação direta ou volatilização, mas a quantidade que atinge o solo por este caminho é considerada pequena.

- **Resíduos Culturais e Animais:** pequenas quantidades de resíduos de inseticidas organoclorados são encontradas em tecidos de plantas, na maioria dos invertebrados e vertebrados. Através destes, a remoção dos inseticidas é maior que sua adição ao solo, porém, com o aproveitamento dos restos culturais, somado à morte de microorganismos (com maior destaque) e vertebrados, os resíduos retirados retornam ao solo.

Como citado anteriormente, o valor residual dos pesticidas é resultante de um conjunto de fatores que irão influenciar sua persistência no solo. Destacam-se entre estes:

- **Natureza Química do Inseticida:** inclui a estabilidade química, volatilidade, solubilidade, concentração e formulação do inseticida.

A solubilidade é um importante fator na persistência do inseticida. O grau de adsorção nas frações do solo tem relação geralmente inversa à solubilidade em água. Há, porém, casos de inseticidas relativamente insolúveis em água, mas que, através de inseticidas solúveis, podem ser rapidamente lixiviados.

Da mesma maneira as demais propriedades constituem fatores importantes.

- **Matéria Orgânica Contida no Solo:** é considerada como fator de maior

influência na persistência de inseticidas. As evidências indicam que, quanto maior seu teor em um solo, por mais tempo os inseticidas persistem nele.

– **Teor de Argila do Solo:** solos que contêm muita argila apresentam área de superfície interna maior que os solos arenosos e retêm inseticidas por mais tempo, pela sua área de adsorção.

Sendo tanto a argila quanto a matéria orgânica dotadas de grande superfície específica, é difícil determinar qual delas influencia principalmente a persistência de inseticidas. Eles são na verdade adsorvidos por ambas, com intensidade praticamente igual, mas são degradados mais rapidamente em solos com maiores teores de matéria orgânica.

– **Acidez do Solo:** a concentração de íons de H pode influenciar a decomposição química de inseticidas no solo. Isto pode afetar a estabilidade dos minerais de argila, a capacidade de troca de íons, ou a razão com que ocorrem decomposições químicas e bacterianas. Champion; Olsen (1971), citados por Edwards (1973), mostraram que, em seus experimentos, os solos com menor pH tenderam a adsorver mais DDT, que os solos com alto pH.

A influência do pH sobre a degradação de inseticidas no solo depende principalmente do caminho desta degradação, que será, na maioria das vezes, química ou microbiológica. Assim, a degradação de alguns inseticidas é afetada enquanto a de outros não o será.

– **Íon Mineral Contido:** a quantidade de minerais em um solo influencia seu tipo e estrutura, e ainda o tempo de persistência de um inseticida nele. O primeiro estágio no processo de decomposição catalítica é a adsorção, que ocorre rapidamente em solos com alto teor de Ferro.

– **Temperatura:** os inseticidas são perdidos no solo principalmente pela degradação química, bacteriana e volatilização, e estes processos são todos influenciados pela temperatura, de modo que as baixas temperaturas reduzem os processos de perda dos inseticidas.

A adsorção também é influenciada pela temperatura, de maneira que, quando esta se eleva, a adsorção tende a cair, li-

berando inseticidas. Além disso, a solubilidade de inseticidas depende usualmente da temperatura. Assim, com o aumento dela, eles começam a ser dissolvidos na mistura do solo e sua quantidade lixiviada pode crescer.

No entanto, a influência da temperatura na persistência dos inseticidas não é simples: com o aumento da temperatura, aumenta a razão de conversão de outros compostos, volatilização e lixiviação. Solos quentes são geralmente secos e estes seguram pesticidas bem mais firmemente que os úmidos.

– **Efeito de Cobertura:** solos nus são muito mais expostos a vento, sol e chuva que solos sob crescimento de culturas. O efeito do sombreamento exerce grande influência sobre a persistência de inseticidas no solo, sendo indiretamente um efeito da temperatura. Lichtenstein et al. (1962), citados por Edwards (1973), aplicando 28 kg de ingrediente ativo de aldrin/ha em lotes com cobertura densa de alfafa e sem cobertura, observaram, depois de três anos, que 9,1 ppm permaneceram em lotes cobertos por alfafa e apenas 4,8 ppm em solos sem cobertura.

Apesar de inseticidas serem retirados do solo nas culturas, esta quantidade é pequena e provavelmente pouco contribui para a não persistência deles no solo.

– **Forma de Cultivo:** a penetração e persistência de inseticidas no solo diferem muito com o grau de cultivo. Assim, persistem muito tempo quando inteiramente misturados ao solo do que quando não o são, persistência que tende a decrescer através de cultivos contínuos.

– **Mistura do Solo:** esta mistura influencia a persistência de inseticidas pelo seu efeito na adsorção deles nas várias frações do solo. A água, por ser uma molécula muito polar, compete com os inseticidas pelos sítios de adsorção. Portanto, em solos secos, os inseticidas serão mais adsorvidos, em consequência da baixa competição.

A razão da difusão interna aumenta com o crescimento da umidade relativa, de forma que 10% de aumento da umidade pode duplicar a toxicidade. Cada inseticida, porém, reage de uma maneira. Harris (1964), citado por Edwards (1973), mostrou que diazinon e parathion foram adsorvidos por solos secos, sendo que o diazinon foi 134 vezes mais tóxico e

o parathion 28 vezes mais em solos úmidos que em solos secos.

Em solos constantemente úmidos, os inseticidas persistirão por muito menos tempo que em solos secos.

A temperatura e a mistura do solo podem atuar em oposição a seus efeitos sobre a persistência de inseticidas, pois solos secos ocorrem geralmente em climas quentes e solos úmidos, em áreas frias.

– **Tipo de Solo:** inseticidas são retidos por muito mais tempo em solos pesados e naqueles com alto teor de matéria orgânica, onde o efeito tóxico destes sobre os insetos é bem menor.

Mas o tipo de solo influencia não apenas a persistência e atividade de inseticidas no solo, como também a razão com que este é convertido em outras químicas.

O caminho pelo qual a estrutura do solo afeta a persistência de inseticidas está ligado a características como concentração de íon de H, matéria orgânica e argila contida. Mas experiências mostram que a principal influência da estrutura do solo sobre a persistência de inseticidas está na composição mecânica dele.

Como conseqüências causadas por esta persistência, podemos citar efeitos, como distúrbios nas atividades microbianas do solo, destruição de invertebrados importantes nas atividades do solo, entrada de resíduos em cadeias alimentares e fitotoxidez.

A intensidade dos efeitos colaterais dos pesticidas é muito mais acentuada nas condições de baixa latitude que nas de clima temperado e árido. Sendo importadores de tecnologia de países desenvolvidos temperados, caímos no erro gravíssimo de ignorar a verdade ecológica de que nos eco e agroecossistemas tropicais a diversidade de espécies e conseqüentemente as interações entre os vários níveis tróficos das teias alimentares são muito maiores que naqueles de clima temperado. Isso sugere uma maior importância dos fatores bióticos naturais (competidores, inimigos naturais e patógenos) na estabilidade das populações das espécies animais e vegetais.

### Poluição por Resíduos Sólidos

O problema dos resíduos sólidos, na maioria dos países, vem-se agravando em decorrência de vários fatores, como: acentuado crescimento demográfico dos

centros urbanos, criação ou mudança de hábitos, elevação do nível de vida e desenvolvimento industrial.

Além de constituir um dos problemas de saúde pública, os resíduos sólidos e a limpeza pública também estão ligados a aspectos relacionados à estética e conforto e a fatores econômico-financeiros, como a diminuição do valor das propriedades pelo depósito inadequado de lixo e pela conservação dos recursos naturais.

Embora o progresso de qualquer região acabe prejudicando a qualidade do meio, é possível harmonizar o desenvolvimento sócio-econômico de uma região com a proteção ambiental, controlando adequadamente a poluição.

No tocante à poluição, os resíduos sólidos podem contribuir para a poluição do solo. Por outro lado, pode-se agravar a poluição do ar pela incineração inadequada do lixo, e a poluição das águas subterâneas ou superficiais pode ser dada com a deposição do lixo no solo sem os devidos cuidados, ou seja, sem as técnicas aplicadas nos aterros sanitários (Oliveira, 1977).

Deve-se portanto cuidar adequadamente da solução do problema de acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e/ou disposição final dos resíduos, bem como da limpeza pública em geral, pelas suas implicações na saúde do homem e condições sanitárias do meio ambiente.

## POLUIÇÃO DA ÁGUA

A água constitui recurso natural auto-renovável mais importante, por ser fundamental aos outros recursos (vegetais, animais e minerais), além da direta responsabilidade pela manutenção da vida, saúde e bem-estar do homem.

Através do ciclo hidrológico, que compreende evaporação, condensação e precipitação, podemos considerar que há mais de 2 milhões de anos a quantidade de água que nosso planeta possui permanece praticamente inalterável, apesar da grande desigualdade entre as áreas de riqueza em água. A água que a humanidade utiliza provém quase que totalmente de uma fração menor de 1% do total existente, sendo que os rios, que representam apenas 0,0001% da disponibilidade global, são as fontes de suprimentos mais usadas.

A poluição das águas não constitui

problema novo, mas a forma com que tem dominado os corpos receptores e a intensidade com que se vem apresentando tornam-na inquietante. A capacidade de autodepuração e de assimilação de cargas poluidoras tem sido ultrapassada em vários rios importantes, com o teor de oxigênio dissolvido atingindo valores abaixo dos mínimos para a preservação da fauna e flora naturais, o que resulta em modificações importantes nas comunidades biológicas dos corpos d'água (Augusto Moreira, 1977).

A princípio vale destacar que a poluição pode ser proveniente de causas naturais (erupções vulcânicas, chuvas, etc.), ou de atividades humanas potencialmente mais graves.

Os principais poluentes das águas resultantes de atividades humanas são químicos, físicos e biológicos e suas fontes podem ser caracterizadas topograficamente como focais ou difusas.

A poluição da água é predominantemente indireta, ou de origem terrígena, resultante do uso que o homem faz da terra, porém, às vezes, pode ocorrer de forma direta por meio de navegação marítima ou fluvial, em operações normais ou naufrágios.

Através dos usos específicos e preponderantes das águas, podem-se estabelecer limites máximos e toleráveis da presença de diversos constituintes na água, respectivos aos vários usos. O padrão de qualidade das águas indica os níveis de poluição ou de contaminação que, em determinado tempo, com determinada frequência, não devem ser de forma alguma excedidos.

### • Principais Fontes de Poluição das Águas

. **Erosão:** o material mais fino transportado pela enxurrada durante o processo de erosão ocasiona problemas nos cursos d'água, entre os quais podemos citar:

– redução da capacidade de armazenamento dos reservatórios devido à sedimentação, o que provoca aumento no custo de construção de barragens, já que em seus projetos deve-se reservar parte da capacidade aos sedimentos. Um levantamento feito nos EUA por Dendy (1968), citado por Bertoni; Lombardi Neto (1990), revelou que 968 reservató-

rios perdiam de 1 a 3% em média anual de sua capacidade de armazenamento. A partir dessa constatação, o autor chegou à conclusão de que 20% de todos os reservatórios perderiam metade dessa capacidade em menos de 30 anos;

– elevação nos custos de tratamentos de água nos reservatórios municipais e nos de grandes indústrias,

– desequilíbrio do balanço de oxigênio dissolvido e obscurecimento da luz necessária ao crescimento de espécies aquáticas;

– aumento de custos com a dragagem de barragens em leitos navegáveis, como é o caso do estado de Santa Catarina, que construiu três barragens no Alto Vale do Itajaí, com a finalidade de contenção de cheias, gastando 192,4 milhões de dólares. Hoje estas barragens estão sendo ameaçadas pelo assoreamento e o rio Itajaí está sendo dragado para devolver a água ao leito que está entulhado de terra e outros detritos. Esta obra teve um custo de 58,3 milhões de dólares e terá que ser repetida enquanto a terra estiver escorrendo dos morros;

– diminuição no potencial de energia elétrica, como consequência da queda da capacidade dos reservatórios pela sedimentação;

– redução na capacidade dos sistemas de irrigação e drenagem, o que diminui a fertilidade das terras e sua produção.

. **Pesticidas:** a contaminação da água por pesticidas resulta de aplicações diretas, para controlar vetores animados de doenças humanas e de animais, ou indiretas, trazidas pelas enxurradas, pelo vento ou lixiviação de áreas capitáveis tratadas com tais pesticidas.

Um estudo pioneiro de análise de amostras de água foi realizado no Brasil pela Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente (SUREHMA) do estado do Paraná, de 1976 a 1984. De um total de 1.825 amostras colhidas nos rios paranaenses, 84% apresentavam resíduos de pelo menos 1 dos 17 diferentes defensivos encontrados. Mesmo após o tratamento e pronta para consumo, a água ainda apresentava 78% de amostras contaminadas, das quais 47% com resíduos de mais de um defensivo e 12% acusavam

pelo menos quatro produtos diferentes. Em cada 15 amostras das águas destinadas a consumo, uma foi motivo de autuação policial por excesso de poluição, o que levou à interrupção do fornecimento de água à população de alguns municípios. Foram constatados resíduos ainda em diversos graus de produtos para os quais o Ministério da Saúde nem havia estabelecido limites (Franco, 1988).

Caceres et al. (1987), estudando resíduos de organoclorados em reservatórios do estado de São Paulo, mostraram que reservatórios situados em bacias hidrográficas com atividades agrícolas mais intensas apresentaram níveis de DDT e BHC mais elevados.

**.Fertilizantes e Sais Minerais:** os fertilizantes, principalmente o P e N (eutrofizantes), bem como os sais minerais e ainda os pesticidas (já comentados), poderão atingir os cursos d'água por meio da água de retorno do sistema de irrigação de escoamento superficial dos solos agricultados. Isto, entretanto, irá variar com o tipo de lavoura, emprego de fertilizantes comerciais e pesticidas e práticas de irrigação.

Os sais minerais são conseqüentes principalmente da irrigação de zonas áridas ou semi-áridas.

**.Esgoto Doméstico e Demais Substâncias Orgânicas (industriais e agrícolas):** os esgotos são nocivos à saúde humana pelo seu componente fecal e urinário, como podemos constatar atualmente no ciclo do *Vibrio cholerae* que vem causando muitas mortes. O ciclo inicia quando o portador do vibrião colérico elimina os germes nas fezes. Estas, por sua vez, irão contaminar os mananciais aquáticos, fazendo com que a bactéria se instale nos peixes, mariscos, verduras, frutas e legumes, de modo que as pessoas, ao ingerirem água ou alimentos contaminados, sejam atingidas (Veja. ., 1991).

Com o estímulo ao crescimento e multiplicação de bactérias e fungos, o esgoto colabora com a desoxigenação das águas receptoras, o que provoca a morte dos peixes.

Brutos ou tratados, os esgotos são ricos em nutrientes (N, P, C, etc.), o que provoca a eutroficação das águas e conseqüente desenvolvimento excessivo de algas. Estas, além de obstruírem a passa-

gem de luz, não permitindo a sobrevivência de outros organismos aquáticos, entre os quais plantas purificadoras, induzem à desoxigenação da água por sua morte e decomposição.

Estudos preliminares na bacia do complexo Jaguari – Jacareí, que abrange parte do estado de Minas Gerais de onde sai o rio Camanducaia para afluir no Jaguari, em território paulista, indicaram que pelo menos três cidades fronteiriças, Extrema, Camanducaia e Itapeva, lançam aí esgotos, sobretudo domésticos, mas também industriais, sem tratamento algum, além dos lixões que elas mantêm próximos a cursos d'água pertencentes à bacia (Innocentini, 1991).

Os efeitos da poluição orgânica dependem da quantidade de substâncias lançadas no curso d'água e do volume de água limpa presente para diluí-las. A substância orgânica é avaliada pela sua demanda bioquímica de oxigênio (DBO), baseada na capacidade de absorção de

O<sub>2</sub> pela água poluída (quanto maior a DBO, maior a poluição das amostras) (Gráfico 2).

Em casos extremos, a DBO permanecerá alta e o nível de O<sub>2</sub> baixo, o que criará condições favoráveis para que aquele ambiente contenha apenas bactérias, fungos de esgoto e animais resistentes, como vermes Tubífices.

Em quantidades pequenas de poluição, a modificação na fauna e flora será pouco significativa. O efeito mais comum é a mudança nos tipos de planta e espécies de peixe.

**. Detergentes Sintéticos:** o teor de P nos detergentes sintéticos pode causar a eutroficação das águas, com as conseqüências descritas anteriormente. Além disso, pela sua persistência no meio, são deletérios à saúde, mantendo em solução elementos tóxicos.

Hoje existe uma preocupação maior na fabricação de produtos biodegradáveis,

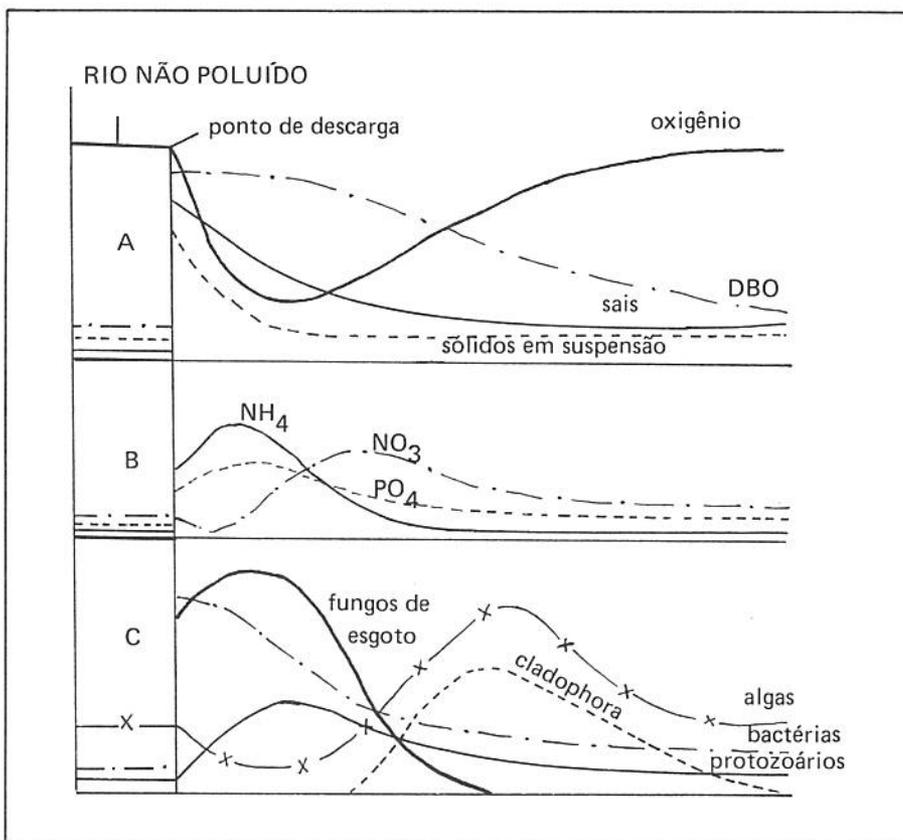


Gráfico 2 — Representação esquemática dos efeitos de um efluente orgânico sobre um rio e as mudanças que ocorrem quando se segue rio abaixo.

FONTE: Dados básicos: Mellanby (1982).

NOTA: A — Ponto de descarga de esgoto; B — Mudanças físicas e químicas; C — Mudanças na fauna.

que, com certeza, ocuparão totalmente o espaço dos demais.

**. Altas Temperaturas:** quanto mais quente a água, menor a quantidade de O<sub>2</sub> que ela pode reter em solução. Através do sistema de refrigeração das indústrias ou efluentes aquecidos de algumas delas, a biota aquática da área atingida sofrerá muitos danos.

**. Indústrias:** as indústrias descarregam substâncias altamente tóxicas, entre as quais muitas possuem efeito cumulativo. As águas residuárias das indústrias variam qualitativa e quantitativamente. A atuação dos poluentes tóxicos nas águas pode ser direta (ingestão da água) ou indireta (concentração na cadeia alimentar).

Os efeitos residuais das indústrias serão abordados adiante com maiores detalhes.

#### ● Efeitos da Poluição sobre o Uso Legítimo da Água

– Suprimento público, cujo nível de tratamento deve variar com o grau e natureza da poluição.

– Irrigação agrícola – pela salinidade, teor de Boro, etc., a água pode ser nociva para certos tipos de lavoura e para o homem, no caso de hortaliças ingeridas cruas.

– Suprimentos industriais – há processos que exigem águas de grande grau de pureza, às vezes maior que o exigido para águas potáveis, o que pode obrigar certas indústrias a manterem sistemas próprios de depuração.

– Criação de animais aquáticos utilizados na alimentação – a contaminação por patógenos de origem fecal concentra-se mais nos animais ingeridos crus, porém, quando se trata de substâncias químicas tóxicas ou elementos radioativos, a concentração na cadeia alimentar pode atingir níveis maléficis, independente do modo de consumo.

– Recreação – a água deve obedecer requisitos conforme atividade praticada (contato primário ou secundário).

– Usos na navegação, e na geração de eletricidade – corrosão de chapas metálicas, estruturas, equipamentos.

## IMPACTO INDUSTRIAL

Se por um lado a industrialização colabora com o desenvolvimento sócio-econômico do país, por outro traz grandes prejuízos aos recursos naturais, através de drásticos impactos no ambiente.

Segundo dados de Jardim (1988), enquanto nos EUA são produzidos de 50-200 milhões de toneladas de resíduos sólidos industriais por ano, no Brasil essa produção gira em torno de 10 milhões de toneladas por ano. Como a capacidade de armazenamento de grande parte das indústrias é limitada ou se esgotou, a disposição indevida no solo ou no sistema aquático tem ocorrido sistematicamente.

O descarte destes resíduos da forma como vem sendo feito, além de acelerar os problemas de assoreamento dos cursos d'água, pecam pela indefinição e omissão da avaliação da toxidez de tais resíduos (detalhado perfil das propriedades físicas, químicas e biológicas dos resíduos gerados). Definir, pois, e avaliar a toxidez deles são práticas fundamentais para a escolha da "Melhor Opção Prática Ambiental" (MOPA), que, entretanto, é geralmente colocada em segundo plano pelas empresas, que costumam adotar a "Melhor Maneira Prática" (MMP) para a deposição de seus resíduos.

Os poluentes industriais (gases, sólidos e líquidos) apresentam graves efeitos sobre a degradação da cobertura vegetal, como é o caso famoso da Serra do Mar, em Cubatão – São Paulo, cujo complexo industrial é formado por mais de dezenas de indústrias, das quais merecem destaque as de fertilizantes químicos, petroquímicos e siderúrgicas.

Embora medidas de contenção estejam sendo tomadas, levantamentos da CETESB (1982), citada por Silva Filho (1988), afirmam que eram lançadas nesta época cerca de 30 mil toneladas/mês de poluentes químicos, compostos por 50,8% de gases inorgânicos, 37% de material particulado, 11,8% de gases e vapores orgânicos, 0,4% de ácidos (névoas e gases).

A resistência das espécies vegetais aos poluentes apresenta variabilidade inter e intra-específica, dependendo também dos fatores do meio e estado fisiológico do vegetal.

A cobertura vegetal é fator essencial de estabilidade de encostas, uma vez que previne fortes deslizamentos, principal-

mente em áreas de alta pluviosidade. Ponçano et al. (1976), citados por Silva Filho (1988), observaram nas encostas da Serra de Maranguape, Ceará, que os grandes deslizamentos em 1974 estavam ligados à decomposição gradual do sistema radicular da antiga mata, explorada pelo desmatamento na década de 60 e início da de 70.

Através da comparação dos dados de carga de sedimentos do rio Negro e do rio Madeira coletados pela expedição Alpha Helix de 1976/77 com os dados anteriormente publicados, pode-se notar que a carga de sedimentos do Negro, cuja bacia quase não sofreu alteração em sua cobertura vegetal, permaneceu constante, enquanto que a do Madeira triplicou, provavelmente pela exploração de sua bacia nos dez anos antecedentes.

O fato é que a cobertura vegetal, seja ela natural ou constituída por lavouras, é fundamental para evitar desastres ecológicos. Outro fator importante na prevenção de deslizamentos é que a bacia hidrográfica e a vegetação que a reveste funcionam como um duplo reservatório que abrange desde o limite superior do revestimento vegetal até o limite inferior do solo.

As chuvas ácidas constituem o maior problema ocasionado pela poluição em países industrializados, decorrentes da queima de combustíveis fósseis, que produzem, além de CO<sub>2</sub>, uma série de outros gases.

Estas chuvas, além de afetarem o desenvolvimento das florestas, predispondo-as à ação de fatores bióticos e abióticos do meio, também alteram o ciclo de nutrientes pela ação deletéria provocada pela acidificação do solo, o que impede atividades de microorganismos como as bactérias fixadoras de N.

Os contaminantes atmosféricos serão absorvidos pelas folhas das plantas através dos estômatos, durante o processo de absorção de CO<sub>2</sub> e liberação de vapor de água na presença de luz, quando outros gases nas vizinhanças das folhas serão absorvidos.

A deposição de material particulado sobre as folhas reduz a fotossíntese, além de formar uma espécie de filme impermeável sobre a superfície, o que prejudica os processos que envolvem as trocas gasosas.

Há ainda o problema de a indústria



Cultura da Batata: Solo Preparado e Plantio em Nível.

mineira agredir de maneira mais drástica e imediata o meio ambiente. Por isso e não porque seus efeitos sejam maiores que os citados anteriormente, acaba recebendo crítica velada, por parte da sociedade.

O desmonte a céu aberto, principalmente em terrenos acidentados, em geral prejudica os proprietários situados abaixo do desmonte, a partir da localização da mina, com ênus resultante de enxurradas de detritos, erosão e drenagem de ácidos, para os quais não há geralmente compensação. Estes custos devem pois ser considerados para a liberação do local.

Entre as possíveis medidas para minimizar os efeitos industriais podemos citar: reformulação de produtos, reformulação de processos, reutilização de rejeitos, reciclagem de produtos, substituição da queima de óleo com alto teor de S pela de óleo com baixo teor, reaproveitamento energético do monóxido de carbono e colocação de filtros antipoluentes nas indústrias.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as operações de intervenção no meio ambiente geram impactos ora positivos e benéficos, ora negativos e prejudiciais, tanto à saúde do homem, quanto à economia, além de alterar a cadeia ecológica mais próxima.

“Dessa forma, todas as atividades neste sentido devem sofrer forte avaliação, de maneira que sejam somados ao custo todos os possíveis efeitos e assim

possa ser julgado de maneira consciente o lucro real das operações. O meio ambiente é um bem comum, propriedade igual de todos e do qual depende fatalmente a qualidade de vida que esperamos no futuro.” (Ferreira Leal, 1977).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. A possibilidade da ocorrência de defensivos agrícolas entre os agentes poluidores do solo e dos alimentos. In: SUPREN (Rio de Janeiro, RJ). **Recursos naturais, meio ambiente e poluição**. Rio de Janeiro, 1977a. v.2, p. 317-321.
- ALMEIDA, W.F. Poluição do solo e dos alimentos. In: SUPREN (Rio de Janeiro, RJ). **Recursos naturais, meio ambiente e poluição**. Rio de Janeiro, 1977b. v.2, p. 301-308.
- ALVES, H.T. Poluição do solo e dos alimentos por defensivos agrícolas. In: SUPREN (Rio de Janeiro, RJ). **Recursos naturais, meio ambiente e poluição**. Rio de Janeiro, 1977. v.2, p. 309-316.
- AUGUSTO MOREIRA, H.B. Poluição das águas. In: SUPREN (Rio de Janeiro, RJ). **Recursos naturais, meio ambiente e poluição**. Rio de Janeiro, 1977. v.2, p. 263-272.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. p. 320-343.
- BULL, D.; HATTAWAY, D. **Pragas e venenos: agrotóxico no Brasil e no Terceiro Mundo**. Petrópolis: Vozes, 1986. cap. 6, p. 19-28: O problema da resistência.
- CACERES, O. et al. Residues of organochloric pesticides in reservoirs in São Paulo state. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.39, n.3, p.

259-264, mar. 1987.

- EDWARDS, C.A. **Environmental pollution by pesticides**. London: Plenum Press, 1973. cap. 11, p. 410-451: Pesticides residues in soil and water.
- FERREIRA LEAL, J. Conservação dos recursos minerais. In: SUPREN (Rio de Janeiro, RJ). **Recursos naturais, meio ambiente e poluição**. Rio de Janeiro, 1977. v.1, p. 349-368.
- FRANCO, H.M. A microbacia como solução: SC conhece e trata a degradação dos seus recursos naturais. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.1, n.4, p. 26-31, dez. 1988.
- GLEDINING, M. et al. Long term effects of fertiliser applications. In: CATT, J.A. **Farming and the quality natural waters: nitrate phosphate and pesticides**. [S.l.]: IACR, 1989. 1v. (IACR. Report, 1989).
- HELENE, C.G.; CAINELLI, V.C.B.; RÜEGG, E.F. Sorção dos herbicidas Metribuzin e Trifluralin em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.2, p. 209-212, maio/ago. 1983.
- HELENE, C.G.; RÜEGG, E.F. Sorção de 2,4-D em solos relacionada à inibição do crescimento de agrião. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.6, n.3, p. 171-176, set./dez. 1982.
- INNOCENTINI, M. A ameaça da degradação. **Revista DAE**, São Paulo, v.51, n.161, p.13, jul/ago. 1991.
- JARDIM, W. de F. Resíduos sólidos industriais, o desafio da próxima década. In: SEMANA DO AMBIENTE, 2, 1988. Campinas. **Anais. . .** Campinas: UNICAMP, 1988. p. 81-83.
- MELLANBY, K. **Biologia da poluição**. São Paulo: EPU, 1982. 89p. (Coleção Temas de Biologia, 28)
- OLIVEIRA, W.E. de. Levantamento de dados sobre resíduos sólidos e limpeza pública. In: SUPREN (Rio de Janeiro, RJ). **Recursos naturais, meio ambiente e poluição**. Rio de Janeiro, 1977. v.2, p. 323-332.
- OTTAWAY, J.H. **Bioquímica da poluição**. São Paulo: EPU, 1982. 74p. (Coleção Temas de Biologia, 29).
- PASCHOAL, A.D. **Pragas, praguicidas e a crise ambiental: problemas e soluções**. Rio de Janeiro: FGV, 1979. p. 33-53: Praguicidas e o meio ambiente.
- SILVA, H.V. Proposta para avaliar o impacto ambiental em mineração: primeira tentativa. **Ambiente**, São Paulo, v.2, n.2, p. 88-90, 1988.
- SILVA FILHO, N.L. da. **Recomposição da cobertura vegetal de um trecho degradado da Serra do Mar, Cubatão, SP**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 53p.
- VEJA tudo o que é preciso saber sobre cólera. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 3 ago. 1991. p. 9, c.1.



# FUNDAMENTOS DE EROÇÃO DO SOLO

## (TIPOS, FORMAS, MECANISMOS, FATORES DETERMINANTES E CONTROLE)

Victor Gonçalves Bahia<sup>1</sup>

Nilton Curi<sup>2</sup>

Deoclécio Nazareno do Carmo<sup>3</sup>

João José Granate Sá e Melo Marques<sup>4</sup>

### INTRODUÇÃO

*“Sem um fornecimento, regular e digno de confiança, de alimentos e outros produtos agrícolas e água, toda nossa estrutura econômica entrará em colapso, e nenhum sistema de controle financeiro, contabilidade, cálculos, compras e vendas poderá conter esse colapso.”*

(Cormack; Whitelaw, 1957)

A erosão dos solos é um extenso, sério e crescente problema no Brasil. Perdemos, a cada ano, 600 milhões de tone-

ladas de solo agrícola devido à erosão e ao mau uso, segundo a Federação da Associação dos Engenheiros Agrônomos do Brasil (FAEAB). Considerando-se uma camada arável de 20 cm e uma densidade do solo de 1,0 g/cm<sup>3</sup>, teríamos uma massa de 2.000 t/ha, sendo que essa perda anual corresponde a cerca de 300.000 ha, ou seja, 0,5% da área nacional ocupada por lavouras temporárias ou permanentes.

Práticas incorretas no cultivo podem destruir, em poucos anos, uma camada de alguns centímetros de solo arável que a natureza levou milênios para formar. A falta de informação a respeito das consequências do mau uso dos solos no Brasil vem contribuindo para degradá-los e até para destruí-los. Algumas áreas localizadas na região Sul já estão quase sem cobertura vegetal. O agravamento dessa si-

tução tornou urgente a necessidade de medidas para recuperar e conservar nossas terras agrícolas.

Hoje, a agricultura conta com recursos técnicos que contribuem para o aumento da produção agrícola, mas a maneira como o solo é tratado pouco mudou nesses quase 500 anos do descobrimento do Brasil. A terra sempre foi utilizada de modo intensivo, na maior parte das vezes, segundo uma visão imediatista e até o limite de sua potencialidade. Esquece-se que qualquer exploração agrícola significa o rompimento do equilíbrio natural existente entre solo, ambiente e vegetação. Se esse rompimento ocorrer bruscamente, com uso e manejo inadequados, todas as características físicas e químicas do solo modificam-se e sua capacidade produtora se reduz. É isto que vem acontecendo na

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S. – Prof. Titular/DCS/ESAL – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D. – Prof. Titular/DCS/ESAL – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.S. – Asses. Assuntos Agronômicos/Merck – Estrada dos Bandeirantes, 1.099 – CEP 22710-113 – Rio de Janeiro, R.J.

<sup>4</sup> Acadêmico 9<sup>o</sup> período/Curso Agronomia/ESAL – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

## Conservação de Solo

maior parte das terras brasileiras, desde o início da colonização.

O quase meio milênio de manejo inadequado e degradação do solo mostra suas conseqüências:

- diminuição do potencial de produção agrícola das terras;
- remoção, de forma crescente, das camadas superiores do solo;
- declínio da produção por unidade de insumos aplicados;
- declínio e colapso da agricultura em muitos países, durante toda a sua história;
- poluição de rios, riachos e outros cursos d'água;
- destruição de margens de rios, de estradas, pontes, construções, etc.;
- alagamentos de terras baixas, acumulação de sedimentos em leitos de rios, represas, áreas de irrigação, terras agrícolas, etc.;
- êxodo rural, agravando os problemas sociais dos grandes centros urbanos.

Nos rios, o assoreamento significa uma navegação fluvial dificultada ou impossibilitada, além da grande quantidade de resíduos de defensivos químicos. Esses resíduos aumentam as dificuldades para captação e tratamento da água destinada ao abastecimento, além de prejudicarem a flora e a fauna aquática, tornando inviável, em muitos casos, a atividade pesqueira.

A erosão do solo afeta todos em geral, tanto direta como indiretamente, mas muitas pessoas não estão conscientes da gravidade do problema, como é causado, ou quais são suas conseqüências. Sem um conhecimento do processo envolvido e dos fatores determinantes, torna-se difícil desenvolver e aplicar práticas conservacionistas para combater a erosão.

Os objetivos deste trabalho foram relacionar fundamentos sobre o uso e manejo adequado do solo e tecer algumas considerações genéricas sobre causas e efeitos da erosão do solo e seus fatores determinantes, com a finalidade de estimular o interesse, tanto para o problema em si, quanto para a procura de meios mais adequados, práticos e viáveis para seu controle.

O solo é um dos recursos naturais essenciais à sobrevivência da humanidade. Do seu desempenho produtivo depende a

estabilidade da sociedade como um todo. A sua conservação é parte do conceito social de conservação da terra, o qual implica determinar e colocar em prática como o homem pode satisfazer suas necessidades físicas, econômicas e ecológicas a partir do solo, sem danificar sua capacidade de continuar a satisfazer-lhe as necessidades do futuro (Donwes, 1984). Segundo Shaxson (1983), a conservação do solo abrange o conceito de conservação da água, já que a erosão do solo lhe afeta a qualidade.

## EROSÃO

Ao destruir as matas, ao usar indevidamente o fogo e ao cultivar a terra sem maiores cuidados, fora de sua capacidade de uso, o homem permitiu que a chuva caísse em solos desprotegidos, e as enxurradas passaram a levar a camada fértil do solo, matéria orgânica, sementes, adubos e corretivos etc., para os vales e os leitos dos rios. É o fenômeno da erosão, em que o principal responsável é o próprio agricultor.

Erosão é, portanto, o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo, causado pela água e pelo vento. No seu aspecto físico, é simplesmente a realização de uma quantidade de trabalho no desprendimento do material de solo e no seu transporte. O processo erosivo começa quando as gotas de chuva atingem a superfície do solo e destroem os agregados; e termina com as três etapas seguintes:

- as partículas do solo se soltam;
- o material desprendido é transportado;
- esse material é depositado (Bertoni, Lombardi Neto, 1985).

### • Erosão Normal e Acelerada

Existem dois tipos de erosão. A erosão normal ou geológica, causada pelos fenômenos naturais que provocam contínuas modificações da superfície terrestre, e a erosão acelerada ou simplesmente erosão, quando ocorre a interferência do homem nesse processo de modificação da crosta terrestre diminuindo ou, como é mais comum, acelerando sua intensidade. Esse tipo de erosão é que tem significado agrícola e será objeto das considerações que se seguem.

A erosão do solo agrícola é a desagregação, transporte e deposição das partículas do solo, da matéria orgânica e dos nutrientes dos vegetais, em conseqüência da água em movimento, do vento e das ondas, em outros locais.

A erosão hídrica é a que ocorre com maior freqüência nas diversas regiões brasileiras, porém a erosão eólica é um problema também grave em regiões de vegetação insuficiente para cobrir o solo, em regiões áridas e em solos de origem psamítica (ricos em quartzos). No Rio Grande do Sul, Mato Grosso e Minas Gerais (Triângulo Mineiro), a sua ação já se faz sentir.

### • Mecanismos de Erosão

Sem se considerar a erosão eólica, toda remoção de solo exige a presença de água sobre o terreno, cuja principal fonte é a chuva. A erosão hídrica é um processo complexo, que ocorre em quatro fases distintas:

#### Impacto

As gotas de chuva que golpeiam o solo contribuem para a erosão da seguinte maneira:

- desprendem as partículas do solo no local do impacto;
- transportam, por salpicamento, as partículas desprendidas;
- imprimem energia em forma de turbulência à água da superfície. A água que escorre na superfície de um terreno, principalmente nos minutos iniciais, exerce uma ação transportadora.

#### Desagregação

O impacto direto das gotas de chuva rompe os agregados do solo, desprende e transporta as partículas mais finas, causando também o encrostamento da superfície do terreno, o que reduz a infiltração de água no solo e aumenta a enxurrada. Quando a intensidade da chuva for maior do que a infiltração da água no solo, inicia-se a enxurrada.

#### Transporte

A água que escorre superficialmente é o principal agente de transporte das partículas do solo. A capacidade de transporte imprimida pelas gotas que caem na superfície varia com o tamanho das gotas

e com a velocidade de seu impacto. O volume da enxurrada depende da razão infiltração/precipitação, do tempo de duração da chuva, da posição do solo na paisagem e do comprimento da rampa.

A velocidade da enxurrada relaciona-se principalmente com a declividade, o comprimento da rampa e a rugosidade da superfície. Quanto maior a velocidade, maior será sua capacidade para transportar sedimentos.

### Deposição

Os materiais de solo depositados pelo movimento da água são geralmente selecionados. As partículas menores (argila, silte e matéria orgânica) e mais leves são transportadas a grandes distâncias e vão-se depositar nos lagos, açudes e reservatórios de água, enquanto as maiores e mais pesadas geralmente são depositadas primeiro nos vales ou depressões do terreno.

### • Formas de Erosão Hídrica

A erosão causada pela água em movimento pode apresentar-se das seguintes formas principais (Freire, 1974):

#### Erosão por Embate

Quando a gota de chuva, acumulada de alta energia cinética, atinge o solo, muitos agregados são destruídos e suas partículas projetadas a distâncias consideráveis, predispondo-as, ainda, ao deslocamento pela água em movimento.

A proteção do solo contra essa forma de erosão é a manutenção da superfície com cobertura viva ou morta, principalmente nos períodos chuvosos.

#### Erosão Laminar ou em Lençol

Essa forma de erosão caracteriza-se por arrastar uniformemente as partículas do solo, sendo muitas vezes imperceptível nos seus primeiros estágios. É a forma menos notada, e, portanto, a mais perigosa. A presença dessa forma de erosão em uma gleba agrícola é muito rara. O estabelecimento da erosão laminar pressupõe um terreno inclinado, pouco permeável e que apresenta uma superfície uniforme. Os efeitos mais sérios dessa forma de erosão manifestam-se quando a erosão por embate também está presente. Em estágios avançados, além do abaixamento da superfície do solo, podem-se

observar áreas de coloração mais clara, enxurrada de aspecto lodoso, decréscimo da produtividade, e, finalmente, afloramento das raízes das plantas perenes.

### Erosão em Sulcos ou Ravinas

A erosão em Sulcos caracteriza-se pela formação de canais sinuosos, em conseqüência do acúmulo de água que escorre seguindo as linhas de maior declive dos terrenos irregulares.

Essa forma de erosão, a que o lavrador presta mais atenção, é ocasionada por chuvas de grande intensidade ou terrenos declivosos e com grandes comprimentos de rampa.

### Voçorocas (Desabamentos)

As voçorocas são a forma mais espetacular de erosão, ocasionada por grandes concentrações de enxurrada que passam, ano após ano, no mesmo sulco, que vai-se ampliando pelo deslocamento de grandes massas de solo, e formando grandes cavidades em extensão e profundidade. São de recuperação muito difícil.

### Erosão Vertical

A erosão vertical consiste no arrasamento de partículas em suspensão e materiais solúveis através do perfil do solo.

A porosidade, o grau de agregação e os íons saturantes do complexo coloidal exercem grande influência sobre a natureza e a intensidade desse fenômeno.

As conseqüências indesejáveis dessa forma de erosão estão ligadas à intensidade do processo, que pode ser agravado pelo manejo inadequado ou estabelecimento prévio da erosão por embate.

### Degradação do Solo

Em termos amplos, a erosão pode incluir qualquer degradação do solo que reduza a sua capacidade de ser o meio de vida natural da maioria das plantas cultivadas. Isto pode ocorrer sem remoção dos seus constituintes físicos.

### • Fatores Determinantes da Erosão

*“A degradação da terra resulta de agentes naturais da erosão. A intensidade de seus efeitos é amplamente determinada pelo uso que é dado à terra e pela maneira como ela é manejada pelos homens.”*

(Austrália, 1978)

Em relação ao solo, os fatores determinantes da erosão podem ser classificados da seguinte maneira (Freire, 1974):

### Fatores Extrínsecos:

Naturais: chuvas, ventos e ondas

Ocasionais: cobertura e manejo do solo

### Fatores Intrínsecos:

Topográficos: declividade e comprimento de rampa

Propriedades do solo: textura, estrutura, porosidade e permeabilidade, capacidade de infiltração, teor de matéria orgânica, natureza do complexo coloidal e natureza dos cátions adsorvidos, etc.

### Chuvas

As chuvas intensas causam sempre muito mais erosão do que as menos intensas, embora prolongadas.

Na precipitação pluviométrica, tem importância tanto o tamanho e a velocidade da queda de gotas de chuva, quanto a quantidade, intensidade, energia cinética e distribuição das chuvas.

Se a chuva é menos intensa, a água tem tempo de se infiltrar e distribuir-se no solo. Chuvas intensas saturam rapidamente as primeiras camadas do solo e a água escorre violentamente na superfície, provocando enxurradas na direção do curso d'água mais próximo.

Quando a velocidade da água que escorre na superfície aumenta, a sua capacidade de arrastamento de partículas é grandemente intensificada, dependendo, em especial, dos obstáculos que a água possa encontrar no seu percurso.

O regime pluviométrico é de grande importância para o planejamento conservacionista numa certa região. As médias de precipitação anual têm relativamente pouca importância. As chuvas devem ser analisadas individualmente quanto à quantidade e duração. Quanto maior sua intensidade, maior será a sua erosividade.

Vários índices de erosividade têm sido propostos, dentre os quais o índice KE > 25 mm e EI30, baseados principalmente na energia cinética da chuva, sendo o primeiro mais recomendado para as regiões tropical e subtropical (Hudson, 1971).

As gotas de chuva que atingem o solo são agentes que contribuem para o

processo erosivo pelo menos de três formas:

- desprendem partículas de solo no local que sofre o impacto;
- transportam, por salpicamento, as partículas desprendidas;
- imprimem energia, em forma de turbulência, à água superficial (Ellison, 1947).

Para evitar a erosão, é imprescindível eliminar-se o desprendimento das partículas causadas pelas gotas de chuva que golpeiam o terreno.

### Ventos

Quase todos os solos estão mais ou menos sujeitos à erosão eólica, dependendo da topografia, natureza do solo, clima, grau de umidade do solo, matéria orgânica e cobertura vegetal.

Em algumas regiões, essa forma de erosão constitui sério problema, e, em outras, embora existente, seus efeitos são menores. Entretanto, o simples fato de existir poeira no ar prova a presença do fenômeno.

Contrariamente ao que acontece com a erosão pela água, o relevo mais plano é o que oferece melhores condições ao estabelecimento da erosão eólica. Embora esta forma de erosão seja mais comum nas regiões áridas e semi-áridas, pode ocorrer sob outros climas, especialmente na estação seca, tal como ocorre em certas localidades do Rio Grande do Sul (Sudoeste) e de Minas Gerais (Triângulo Mineiro).

A erosão eólica pode ser, mas não necessariamente, duplamente danosa, prejudicando tanto a região de onde o material se desloca, como aquela onde o material se deposita.

### Ondas

A influência da ação conjunta da água e do vento se dá pelo fluxo e refluxo das ondas. À medida que essa forma de erosão progride, pode haver afloramento das rochas, característico das margens dos oceanos, lagos e grandes rios. Outras vezes, quando as margens são constituídas por materiais retransportados ou decompostos, o embate das ondas provoca solapamentos progressivos e conseqüentes desmoronamentos, às vezes de grande vulto.

## Cobertura e Manejo do Solo

A experiência e a observação têm demonstrado a eficiência da vegetação para aumentar a infiltração da água da chuva no perfil do solo e, logicamente, reduzir a enxurrada e diminuir a erosão.

Na defesa do solo contra a erosão, as culturas densas e dotadas de um sistema radicular superficial e abundante são as mais eficientes. O tipo de cobertura vegetal mais eficiente para controlar a erosão é a vegetação natural, quando constituída por árvores e vegetação baixa.

A quantidade de erosão é proporcional à quantidade do solo exposto, sem cobertura. Decisões de manejo determinam a densidade e duração de cobertura de colheita e a quantidade remanescente capaz de servir a este propósito.

Além do plantio em nível, o plantio em faixas em contorno com vegetação densa, intercalada entre as linhas de outras culturas, e a rotação de culturas são altamente eficientes no controle das enxurradas e da erosão.

### Declividade e Comprimento de Rampa

Assim que o escoamento começa a se deslocar em resposta à gravidade, o volume de água que se acumula em canais de escoamento é relacionado com a extensão do declive e o tamanho da área da bacia hidrográfica. A velocidade do fluxo depende do volume do escoamento e do grau de declive. Decisões anteriores de manejo, na seleção do terreno, determinam se áreas em declives íngremes estarão sujeitas às práticas que favoreçam o surgimento de escoamento, as quais poderiam causar formação de voçorocas e de outras sérias formas de erosão.

### Propriedades do Solo

Sob as mesmas condições, diferentes tipos de solo podem comportar-se de modo diverso em relação à erosão hídrica. As propriedades intrínsecas de cada solo determinam graus distintos de susceptibilidade à erosão.

As propriedades do solo que exercem essa influência são: estrutura, porosidade, permeabilidade e existência ou não de camadas compactadas. Solos profundos, com boa permeabilidade e bem estruturados, desde que razoavelmente coerentes, são normalmente menos sujeitos à erosão

hídrica. Solos mais rasos, compactados, com diferenças acentuadas de textura e estrutura entre as diversas camadas, sob as mesmas condições de clima e relevo, são mais sujeitos à erosão.

As incorporações de matéria orgânica são geralmente eficazes para reduzir a erosão. A matéria orgânica melhora as condições do solo que, por sua vez, favorecem a penetração das raízes e o desenvolvimento de microrganismos benéficos. Decisões de manejo, com referência às práticas de cultivo, retorno de resíduos vegetais, adição de matéria orgânica e nutrientes essenciais, arejamento, etc., determinam se o meio ambiente do solo irá favorecer o aumento, a estabilidade ou o declínio daqueles organismos e a que índices o aumento ou declínio ocorrerá.

Os cátions adsorvidos às argilas, infiltrando sobre a agregação, também modificam a erodibilidade do solo. Cátions como o  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{NH}_4^+$ , são dispersantes, salvo em quantidades muito elevadas, quando podem provocar redução da espessura da dupla camada iônica dos colóides e provocar a sua floculação. Outros cátions, como o  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{H}^+$  são flocculantes.

Assim, para controlar a erosão, é preciso deter não só o escoamento das enxurradas que transportam as partículas do solo, como também, e principalmente, o efeito da dispersão dos agregados do solo, eliminando o desprendimento das partículas causado pelas gotas de chuva.

Os danos causados pela erosão não atingem apenas o agricultor, mas toda a nação. A manutenção de uma agricultura permanente depende de uma luta constante contra a erosão das terras de cultura, o que constitui o primeiro passo na direção do correto uso das terras.

A responsabilidade de controlar a erosão recai, portanto, sobre o agricultor e sobre a nação: o primeiro, protegendo o seu interesse particular, e a segunda, através de seus governos federal, estadual e municipal, nos diversos níveis e órgãos, protegendo o bem-estar da sociedade.

## PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS

O controle da erosão é apenas um capítulo de conservação do solo e da água, que se preocupa com a aplicação de técnicas para o controle das perdas de

solo e de água das terras utilizadas para fins agrícolas, visando à obtenção de maiores lucros possíveis sem diminuir a produtividade do terreno.

As práticas conservacionistas podem ser divididas em: edáficas, vegetativas e mecânicas, segundo se utilize de modificações nos sistemas de cultivo, da vegetação, ou se recorra a estruturas artificiais construídas mediante a remoção ou disposição adequada de porções de terra. Convém ressaltar que cada uma dessas práticas resolve apenas parcialmente o problema. Para uma melhor solução, elas deverão ser aplicadas simultaneamente, a fim de abranger com a maior amplitude possível os diferentes aspectos do problema (Bertoni; Lombardi Neto, 1985).

### ● Práticas de Caráter Edáfico

As práticas de caráter edáfico são aquelas que, com modificações no sistema de cultivo, além do controle da erosão, mantêm ou melhoram a fertilidade do solo.

Exemplos:

Seleção das glebas de acordo com a capacidade de uso – a classificação (ou seleção) da capacidade de uso do solo visa estabelecer bases para o seu melhor aproveitamento e envolve a avaliação das necessidades para os vários usos que possam ser dados a determinada gleba. As classes de capacidade de uso do solo deverão ser utilizadas como base sobre a qual os fatores econômicos e sociais de determinada área possam ser considerados ao elaborar modificações no seu uso.

Controle do fogo – o fogo é, normalmente, uma das maneiras mais fáceis e econômicas de limpar um terreno recém-desbravado, de eliminar o trabalho e as dificuldades do enterrio de restos de culturas, de combater certas pragas ou moléstias das culturas, de limpar e renovar as pastagens. Entretanto, os prejuízos ocasionados por ele, na destruição da matéria orgânica e na volatilização do nitrogênio, dependendo das condições ambientais, são de grande importância para a fertilidade do solo.

Adubação verde – é a incorporação ao solo de plantas especialmente cultivadas para esse fim, ou de outras vegetações

cortadas, quando ainda verdes, para serem enterradas.

Constitui uma das formas mais baratas e acessíveis de incorporar ao solo a matéria orgânica, sendo notórios seus efeitos na estabilização e mesmo no aumento das produções.

As plantas utilizadas como adubo verde podem ser de diferentes tipos. Necessitam, porém, de produzir, em pouco tempo, grande quantidade de massa, que será incorporada ao solo. Deve-se preferir, na adubação verde, leguminosas de crescimento rápido, que, além de matéria orgânica, incorporam também nitrogênio ao solo.

Adubação química – a manutenção e a restauração sistemática da fertilidade do solo, por meio de um planejamento racional de adubações químicas, deverão fazer parte de qualquer programa de conservação do solo.

Adubação orgânica – a adubação com esterco ou com composto exerce importante papel de melhoramento das condições do solo para o desenvolvimento das culturas, e na redução das perdas de solo e de água.

Calagem – a acidez do solo, além de certos limites, prejudica o desenvolvimento da maioria das plantas cultivadas, diminuindo a sua produção. A calagem proporciona melhor cobertura vegetal do solo, que se reflete em maior proteção contra o impacto das gotas de chuva, e diminuição das perdas de solo e de água pela erosão.

### ● Práticas de Caráter Vegetativo

As práticas de caráter vegetativo são aquelas em que se utiliza a vegetação para defender o solo contra a erosão. A utilização racional de vegetações para recobrir e travar o solo é um dos princípios básicos de sua conservação.

Exemplos:

Florestamento e reflorestamento – as terras de baixa capacidade de produção e, ao mesmo tempo, muito suscetíveis à erosão, deverão ser recobertas por vegetações permanentes, bem densas, como as florestas. Essa prática permite uma utilização econômica das terras inadequadas

para cultura e proporcionar-lhes, ao mesmo tempo, a preservação.

O reflorestamento ciliar é usado para a proteção das margens dos rios, empregando espécies que forneçam frutos comestíveis, como ingazeiros ou amoreiras, para alimentação dos peixes.

Para certos tipos de erosão, como as voçorocas, o reflorestamento das cabeceiras e dos barrancos é bem vantajoso.

Pastagem – as pastagens fornecem grande proteção ao solo contra os estragos causados pela erosão. O manejo inadequado das pastagens pode afetar grandemente seu valor como revestimento do solo contra a erosão.

Plantas de cobertura – destinam-se a manter o solo coberto durante o período chuvoso, a fim de reduzir os efeitos da erosão e melhorar as condições físicas e químicas do solo.

Culturas em faixas – esta prática consiste em dispor as culturas em faixas de largura variável, de tal forma que a cada ano se alternem plantas que oferecem pouca proteção ao solo com outras de crescimento denso. É uma prática complexa, pois envolve plantio em nível ou em contorno, rotação de culturas, plantas de cobertura e, em muitos casos, os terraços.

Cordões de vegetação permanente – os cordões de vegetação permanente são fileiras de plantas perenes de crescimento denso, dispostas com determinado espaçamento horizontal e sempre em contorno. São recomendadas as seguintes espécies: cana-de-açúcar, capim-vetiver, erva-cidreira, capim-gordura, etc.

Alternância de capinas – a alternância de épocas de capina em ruas adjacentes, durante o período chuvoso, é uma maneira, praticamente sem despesa, de reduzir as perdas por erosão, tanto em culturas anuais como em perenes.

Ceifa do mato – consiste em cortar as ervas daninhas a uma pequena altura da superfície do solo, deixando intactos os sistemas radiculares do mato e das plantas perenes e uma pequena vegetação protetora de cobertura, constituída de tocos. A ceifa deve ser sempre repetida, a fim de

não prejudicar a cultura pela concorrência do mato.

**Cobertura morta** – a cobertura do solo com restos de cultura é uma das mais eficientes práticas de controle da erosão, especialmente no caso da erosão eólica (impede a ação direta dos ventos e o transporte de partículas).

A cobertura morta com palha ou resíduos vegetais protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, diminui o escoamento da enxurrada e incorpora ao solo a matéria orgânica que aumenta a resistência do solo ao processo erosivo.

**Quebra-ventos** – consistem em uma barreira densa, e o mais alto possível, de árvores colocadas a intervalos regulares do terreno, nas regiões sujeitas a ventos fortes, nos lugares susceptíveis de erosão eólica, de modo a formarem anteparos contra os ventos dominantes.

**Rotação de culturas** – é o sistema de alternar, em um mesmo terreno, diferentes culturas, em uma seqüência de acordo com um plano definido. A escolha das culturas que entrarão no sistema de rotação terá que levar em conta as condições do solo, a topografia, o clima e a procura do mercado por determinadas culturas. Não é necessário que sejam anuais, pois aquelas de ciclo mais longo, como mandioca, cana-de-açúcar, e mesmo as pastagens, podem estar num mesmo plano de rotação de culturas.

### ● Práticas de Caráter Mecânico

As práticas de caráter mecânico são aquelas em que se recorre a estruturas artificiais, mediante a disposição adequada de porções de terra, com a finalidade de quebrar a velocidade de escoamento da enxurrada e facilitar-lhe a infiltração no solo.

Exemplos:

**Distribuição racional dos caminhos** – consiste em colocá-los o máximo possível próximo ao contorno. Ao serem projetados em contorno, deve-se observar que o intervalo entre os caminhos seja um múltiplo do afastamento entre os terraços ou cordões de contorno, a fim de facilitar a distribuição dessas práticas no seu intervalo.

**Plantio em nível ou em contorno** – no

plantio em nível ou em contorno, todas as operações, como aração, gradagem, sulcamento, sementeira, etc., são realizadas acompanhando uma linha de nível, isto é, uma linha, cujos pontos estão todos situados na mesma cota.

Ao se cultivar em contorno, cada fileira de planta, assim como os pequenos sulcos e camalhões de terra que as máquinas de preparo e cultivo do solo deixam na superfície do terreno, constituem um obstáculo que se opõe ao percurso livre da enxurrada, diminuindo a velocidade de arraste. A rugosidade da superfície do terreno também é aumentada.

O plantio em nível é uma prática muito eficiente no controle da erosão, mas dificilmente pode ser recomendado sozinho.

**Terraceamento** – é uma das práticas mais eficientes para controlar a erosão nas terras cultivadas, desde que bem planejado. Constitui um anteparo ao fluxo superficial da água, e deve ser combinado com o plantio em contorno. Devido ao seu alto custo, é recomendado para situações onde outras práticas, simples ou combinadas, não proporcionem o necessário controle da erosão. A principal função dos terraços é diminuir o comprimento de rampa, reduzindo, assim, a formação de sulcos em regiões de alta precipitação, e retendo mais a água em regiões mais secas. Esta prática deve também ser associada a outras, não se considerando que apenas o terraceamento irá solucionar todos os problemas.

**Sulcos e camalhões em pastagens** – os sulcos e camalhões em contorno constituem uma das práticas mais eficientes na retenção das águas de chuva em pastagens. São recomendados, principalmente, para as regiões de chuvas escassas. São constituídos por um pequeno canal com um pequeno dique de terra, construídos com arados reversíveis, de disco ou de aiveca, passados uma ou duas vezes no mesmo sulco, jogando a terra sempre para o lado de baixo.

**Canais escoadouros** – são, em geral, as depressões no terreno, rasas e largas, em declividade moderada, e estabelecidos com um leito resistente à erosão, com o objetivo de transportar com segurança a enxurrada do terreno dos vários sistemas

de terraceamento ou outras estruturas, para locais previamente planejados para recebê-la (Bertoni; Lombardi Neto, 1985).

**Preparo do solo** – as operações realizadas no solo podem, como no caso do plantio em nível, exercer controle sobre a erosão. Entretanto, o preparo excessivo e apenas superficial do solo pode contribuir para o aumento da erosão. Nessa situação, os agregados são defeitos (pulverizados), ficando depositado sobre a superfície um material solto e muito fino, que é facilmente arrastado pela erosão.

**Subsolagem** – é o processo mecânico para soltar e quebrar o material do subsolo, a fim de que haja um aumento na infiltração da água de chuva, maior penetração das raízes e melhor aeração.

A subsolagem aumenta a zona de aeração do solo e quebra camadas compactadas formadas pelo tráfego de maquinaria agrícola, comum a determinada profundidade ou alguma camada pouco permeável do solo.

**Plantio direto** – o plantio sem preparo ou plantio direto é a mais nova técnica em sistemas de preparo reduzido do solo. Consiste em eliminar a vegetação existente com um herbicida, semear e adubar para promover o desenvolvimento inicial, movimentando o solo o mínimo possível, e efetuar a colheita. Essa prática não é indicada para todas as regiões e culturas. É preciso que se tenha uma série de motivos bem determinados para implantá-la.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Manejo adequado do solo com o objetivo de evitar erosão, enquanto favorece finalidades de produção, exige que uma seleção de práticas seja feita, com referência aos locais específicos. Variações nas características e propriedades do solo propenso à erosão precisam ser mapeadas com grande exatidão. Além disso, os fatores de manejo têm de ser apropriados para cada local, para combinar o uso da terra com as suas características, de tal maneira que os índices toleráveis de perda de solo não sejam excedidos. Dessa forma, está-se contribuindo para a conservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSTRALIA. Dept. Env't, Hsing and Cmm. Dev't. Research Directorate. **A basis for soil conservation policy in Australia.** Canberra, 1978. 172p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** Piracicaba: Livrocetes, 1985. 392p.
- CORMACK, R.M.M.; WHITELAW, I. **Conservations: a guidebook for teachers.** Harare, Zimbabwe: Government Printer, 1957, 88p.
- DONWES, R.G. **Institution building for soil and water conservation in Brazil.** Brasília: SNAP/FAO, 1984. 41p. (FAO. Soil and Water Conservation Consultancy Report. Project BRA/82/011).
- ELLISON, W.D. **Soil erosion studies: soil detachment hazard by raindrop splash.** Agricultural Engineering, Saint Joseph, v.28, p.197-201, 1947.
- FREIRE, O. **Conservação do solo e da água.** Piracicaba: ESALQ, 1974. Anotações de aula do Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas.
- HUDSON, N. **Soil conservation.** Ithaca: Cornell University Press, 1971. 320p.
- SHAXSON, T.F. **Erosão: causas e efeitos.** Brasília: Secretaria Nacional de Produção Agropecuária/Secretaria de Recursos Naturais, 1983. 17p.

# EROSIVIDADE DA CHUVA

Maria do Socorro da Silva Lemos<sup>1</sup>  
Victor Gonçalves Bahia<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

A erosão do solo é um problema que vem causando preocupações a todos quantos se acham diretamente ou não envolvidos com o processo produtivo em especial. A erosão evoluiu a passos largos, e as chuvas nas regiões primordialmente tropicais são responsáveis diretas pelo alastramento deste problema. Assim, a erosividade das chuvas tem sido objeto de estudo nas diversas áreas, e tanto seu comportamento individual quanto conjunto têm sido questionados.

Provenientes desses estudos e pesquisas, têm sido propostos índices de erosividade das chuvas e os mais usados são o  $EI_{30}$  e o  $KE > 25MM$ . Algumas modificações aos métodos originais têm sido propostas, com a finalidade de minimizar a extensão e complexidade dos cálculos numéricos. Da mesma forma tem-se tentado correlacionar os índices com diversos dados pluviométricos, visando tornar possível a determinação da erosividade das chuvas para cada local. A distribuição das chuvas no espaço também tem merecido estudos, e, pela determinação dos períodos de chuvas críticas, pode-se su-

gerir um manejo de solo e culturas que reduzam ao máximo as perdas de solo e água decorrentes da erosão.

Este artigo objetiva fazer uma breve revisão sobre o fator R da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) ( $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$ ), tentando englobar sumariamente tópicos como: ação e características das chuvas; efeito das gotas e distribuição de seus tamanhos; índices de erosividade; metodologia de Wilkinson e chuvas críticas.

Ao final serão tecidas algumas considerações, tentando-se, ainda que de modo frágil, formalizar conclusões.

## A EROSIVIDADE DA CHUVA

É praticamente impossível planejar, projetar, construir ou manter medidas de conservação nas bacias hidrográficas sem se envolver diretamente com aspectos relativos à erosão. Dificuldades têm sido encontradas na avaliação quantitativa do processo erosivo. A mais séria fica por conta do próprio mecanismo da erosão. Para que as taxas de erosão pudessem ser seguramente previstas, todas as variáveis envolvidas precisariam ser conhecidas e levadas em conta. O estudo das previsões das taxas de erosão e produção de sedimentos nas bacias hidrográficas, que é indispensável ao planejamento conservacio-

nista do solo e da água, merece toda a atenção quando da elaboração e execução de projetos de engenharia e agronomia.

Muitos esforços têm sido empregados para medir as taxas de erosão atribuídas à chuva e ao escoamento superficial resultante. Mutchler; Larson, citados por Lopes (1980), quantificaram a erosão por embate das gotículas de chuva em termos de diâmetro efetivo das gotas e profundidade da lâmina de água retida superficialmente. Citando ainda Mutchler; Young, o mesmo autor comenta que eles mediram a força das gotas e mostraram que a erosão por embate das gotas é o processo primário de desprendimento do solo e é responsável pelo transporte do material erodido nas áreas compreendidas entre os pequenos córregos e os microcanaís da rede de drenagem superficial. Assim é que o desprendimento das partículas do solo resulta da dissipação da energia de impacto das gotas na superfície de um solo saturado não bem protegido pela vegetação ou pela lâmina de água retida superficialmente.

## Ação e Características das Chuvas

### Ação das Chuvas

A chuva é considerada o principal agente no processo de erosão do solo. Sua ação se dá, de acordo com Ellison (1944),

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.S. — Rua Floriano Peixoto, 46 — CEP 59620-000 Areia Branca, RN.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S. — Prof. Titular/DCS/ESAL — Caixa Postal 37 — CEP 37200-000 Lavras, MG.

através do impacto das gotas precipitadas ao solo. Tal impacto contribui para desprender as partículas, transportá-las por salpicamento e, em conseqüência, aumentar a turbulência da água superficial.

A capacidade da chuva em provocar erosão é dita erosividade (Hudson, 1971, Bertoni, Lombardi Neto, 1985, Resende; Almeida, 1985, Lopes 1980 e Eltz et al., 1977). Conforme Wischmeier (1959), a medida da erosividade é difícil, devido à variabilidade das características que influem nas perdas de solo. Corroborando tal assertiva, Bertoni; Pastana (1964) afirmam ser esta capacidade da chuva apenas uma característica, insuficiente para se determinarem perdas de solo.

Bertoni; Lombardi Neto (1985) assecuram que dados de chuvas totais ou médias mensais e anuais pouco significam em relação à erosão. Segundo Hudson (1971), existe uma correlação positiva entre quantidade de chuva e perda de solo. Todavia, segundo os primeiros autores, esta correlação é pequena, pois, em, digamos, duas regiões, pode cair igual quantidade de chuva. O comportamento – maior ou menor intensidade da chuva – dessas regiões é que vai ditar o volume de perdas, considerando-se todas as outras variáveis como fixas.

Para referir-se às perdas de solo, a chuva precisa ser definida como a quantidade de precipitação em forma contínua num período relativamente largo e separada conforme suas características de intensidade, duração e frequência (Bertoni; Lombardi Neto, 1985). Para Hudson (1971), a intensidade é o parâmetro que mais influencia a erosão do solo.

Arend; Horton (1942) concluíram que as chuvas com altas intensidades produzem, geralmente, enxurradas suficientes para gerar erosão laminar após superarem a capacidade de infiltração do solo. Rose (1960), trabalhando com intensidade de 50,8; 101,6 e 152,4 mm/h, concluiu que a desagregação do solo depende mais do tempo de duração da chuva que da sua intensidade. Pesquisadores como Bertrand; Sor (1962), Mazurak; Mosher (1968), além de Moldenhaver; Long (1964), mostraram, entretanto, que há uma relação direta entre a perda de solo e a intensidade da chuva. De conformidade com Bertoni; Lombardi Neto (1985), a intensidade é o fator mais importante; assim, quanto maior a intensidade da chuva,

maior a perda por erosão. Segundo Suarez de Castro (1980), os dados por ele obtidos revelam que, para uma mesma chuva total de 21 mm, uma intensidade de 7,9 mm produziu uma perda de terra 100 vezes maior que uma de 1 mm.

### Características das Chuvas

Conforme Hughes (1980), o potencial da chuva em causar erosão (R) é função da quantidade, intensidade e duração da chuva. Essas características afetam a quantidade de enxurrada e, assim, a erosão é maior ou menor dependendo dela, se outros fatores forem considerados constantes.

De acordo com Schwab et al. (1966), uma das mais importantes características da chuva é a sua intensidade, usualmente expressa em mm/ha.

Os dados do Quadro 1 mostram a relação entre intensidade das chuvas e perda de solo.

Observa-se que a uma certa intensidade, a quantidade de chuva não leva a grandes perdas. Isto evidencia o alto poder das chuvas intensas.

A duração complementa a intensidade, e a combinação entre estas características determina a chuva total.

Ao cair uma chuva de intensidade uniforme sobre um solo, a água se infiltra por um período mais ou menos longo, conforme a umidade do solo e a intensidade da precipitação. A seguir, tem início o escoamento, que vai aumentando seu volume em proporções cada vez menores até alcançar um volume estável. Assim, a proporção de solo perdido aumentou du-

rante os primeiros 20 a 40 minutos, decresceu durante a hora seguinte e depois tornou-se mais ou menos constante, conforme experimento de Neal, citado por Suarez de Castro (1980).

A frequência corresponde ao intervalo entre as chuvas. Se estes intervalos são curtos e é alto o teor de umidade do solo ao iniciarem-se as chuvas, aumentam-se os riscos de perdas por escoamento mesmo com chuvas de baixa intensidade. Se, ao contrário, o período de tempo entre chuvas é largo, haverá menores riscos de perda de solo por erosão, caso estas não sejam deveras intensas. Os dados do Quadro 2 mostram perdas de solo e água com diferentes frequências de chuvas.

A duração, intensidade e distribuição influenciam a intensidade e o volume total das perdas por erosão. Assim, estudos de correlação entre perdas por erosão e quantidade total de chuva anual ou estacional não são relevantes, pois mostram efeitos médios somente para certos períodos do ano, quando os riscos de erosão existem, não levando em consideração as intensidades individuais.

Podendo-se avaliar os riscos de erosão a serem esperados de uma dada chuva através de suas características, os riscos potenciais de uma certa área geográfica podem ser avaliados com bastante aproximação pelos diagramas de pluviógrafos da área, desde que as características do solo sejam consideradas.

Barnett (1958) relacionou intensidade de chuva, enxurrada e perdas de terra, com o objetivo de desenvolver um método pelo qual uma relação simples ou múltipla

QUADRO 1 – Relação entre Quantidade, Intensidade das Chuvas e Perda de Solo

Quantidade de Chuva (mm)	Intensidade Máxima em 5' (mm)	Escoamento (mm)	Erosão (t/ha)
20,6	7,9	6,8	7,35
21,4	5,0	11,1	1,74
18,0	4,5	7,8	1,06
21,8	2,2	4,5	0,47
20,0	1,9	0,8	0,12
22,0	1,0	?	0,06

FONTE: Suarez de Castro (1980).

QUADRO 2 – Perdas de Solo e Água com Diferentes Freqüências de Chuvas					
Data da Chuva Anterior	Data da Chuva que Causou Erosão	Quantidade de Chuva (mm)	Intensidade em 5' (mm)	Escorri-mento (mm)	Erosão (t/ha)
Agosto, 3	Agosto, 20	17,8	3,0	0,09	0,002
Outubro, 20	Outubro, 22	12,6	2,2	2,36	0,395
FONTE: Suarez de Castro (1980).					

tripla das características da chuva de fácil medida pudesse expressar com certa exatidão a erosividade das chuvas. Não encontrou, porém, relação entre características de chuvas isoladas ou combinadas que prognosticasse a erosão esperada de uma dada chuva. A intensidade máxima em 60 minutos relacionada com perdas de terra mostrou-se significativa. As regressões não apresentaram significância superior à intensidade máxima de 60 minutos.

Suarez de Castro (1951) relacionou perdas de terra, de terreno descoberto, com um fator chuva F, que considera intensidade, duração e freqüência, e concluiu que as maiores perdas são resultados de poucas chuvas de alta intensidade.

Este fator F é calculado da seguinte forma:

$F = a + B + c$ ; onde: a = quatro vezes a máxima intensidade de chuva em 30', expressa em mm/h; b = intensidade máxima de 5', expressa em mm/h; e c = duas vezes a precipitação total. O cálculo do coeficiente de correlação entre F e as perdas de solo deu um valor de 0,74, valor considerado "altamente significativo".

Há uma tendência de aumentarem-se as perdas por erosão com o aumento das quantidades totais de chuva. Entretanto, essa relação não é uniforme. A falta de regularidade nessa relação indica que há fatores associados com as chuvas que influem no poder erosivo delas.

Rogers et al., citados por Saraiva et al. (1981), estudaram o efeito da intensidade da chuva, comprimento de rampa e inter-relação entre intensidade e comprimento com as perdas de solo e água. Chegaram a concluir que 70% ou mais da variação dos dados das perdas de solo é explicada pela quantidade de chuva. A

quantidade de chuva, por sua vez, segundo os mesmos autores, explica cerca de 89% da variação do total de enxurrada, havendo uma interação entre a quantidade e a intensidade. Já Wischmeier (1959) mostrou que 70% a 95% da variação anual de perdas de solo pode ser explicada pelas características das chuvas.

Wischmeier (1962), estudando perdas de terra nos Estados Unidos, concluiu que a capacidade das chuvas para causar erosão não é necessariamente proporcional à quantidade de chuva nem a qualquer freqüência de intensidade específica. Concluiu ainda que a erosão potencial de uma chuva padrão para cada localidade é função das características individuais de cada chuva. Para cada chuva específica, o seu valor é o produto da energia cinética da chuva e da intensidade máxima de 30 minutos.

#### Efeito das Gotas de Chuva

O processo de erosão hídrica se inicia com o desprendimento das partículas do solo pelo impacto das gotas de chuva. A destruição dos agregados naturais do solo e o transporte das partículas efetuado nesta fase estão diretamente relacionados com a energia da chuva em particular.

Na ausência de obstáculos, as gotas de chuva golpeiam a superfície do solo com força considerável e se infiltram abaixo da superfície ou se acumulam sobre ela, dependendo do teor de umidade do solo. Cada gota atua, ao golpear o solo, como uma pequena bomba, projetando as partículas desse solo no ar e arrastando substâncias solúveis. Nos solos em nível, as partículas são distribuídas mais ou menos uniformemente em todas as direções; no entanto, nos solos declivosos, há uma taxa líquida de transporte declividade

abaixo. O escoamento superficial, entretanto, é o veículo que transporta essas partículas para fora dos limites de suas possíveis utilizações.

A energia cinética de uma gota isolada de chuva, quando bate na superfície do solo, é igual ao semiproduto da sua massa pelo quadrado de sua velocidade. A velocidade de uma gota em queda aumenta inicialmente, até que uma condição de equilíbrio entre o peso da gota e a resistência, imposta pelo ar, é estabelecida. Nesse momento, a gota adquire uma velocidade constante ou "velocidade terminal". Desde que a massa da gota é proporcional ao cubo de seu diâmetro (Quadro 3), a energia de uma gota isolada aumenta rapidamente à proporção que suas dimensões aumentam.

A limitada evidência disponível indica, segundo Linsley et al. (1949), que o tamanho médio da gota aumenta apenas ligeiramente com a intensidade da chuva, para uma dada localidade. Entretanto, o efeito dessa variação, juntamente com a massa total da chuva acrescida, aumenta a potência erosiva da chuva relativamente mais rápido que sua intensidade.

A energia de uma gota de chuva pode ser calculada de maneira direta se seu tamanho e velocidade são conhecidos. No entanto, o cálculo da energia total das gotas de chuva dentro de um temporal

QUADRO 3 – Velocidade Terminal das Gotas de Chuva		
Diâmetro da Gota (mm)	Velocidade Terminal (m/s)	
	Segundo Lenard	Segundo Laws
0,5	3,51	–
1,0	4,39	–
1,5	5,70	5,52
2,0	5,92	6,59
3,0	6,89	8,05
4,0	7,72	8,88
5,0	7,99	9,24
5,5	7,99	9,30
6,0	7,90	9,30
6,5	7,81	–
FONTE: Linsley et al. (1949).		

não é tão simples, mesmo que a massa total da chuva fosse conhecida. Tal dificuldade é ainda maior quando se pretende calcular a energia com a qual as gotas de chuva atingem a superfície do solo. Nessas circunstâncias, alguma energia é dissipada antes de a água atingir o solo, desde que algumas gotas são interceptadas por vegetação, formações rochosas, resíduos vegetais e outros obstáculos, que são fatores altamente variados no tempo e no espaço. Em adição à variabilidade desses fatores, uma comparação entre temporais idênticos deve considerar variações na direção e velocidade dos ventos. Por exemplo, a quantidade de chuva interceptada por culturas em fileiras é muito maior, quando o vento sopra transversalmente às fileiras que quando sopra paralelamente a elas. Também, uma alta cobertura vegetal livre interceptará muito menos chuva quando as gotas estiverem caindo verticalmente do que quando um vento propulsor forçar a chuva a cair num ângulo menor. Se a cobertura for extremamente densa, as variações no vento, no tamanho das gotas e na velocidade terminal serão insignificantes – a energia será essencialmente dissipada antes que a água atinja o solo.

Wischemeier; Smith (1958), baseados em dados da distribuição dos tamanhos e velocidades terminais das gotas, fizeram o cálculo da energia cinética para diferentes intensidades de chuva, obtendo uma equação de regressão que dá os valores da energia em função da intensidade da chuva. Os Gráficos 1 e 2 mostram a distribuição das gotas em uma chuva natural e as velocidades terminais dessas gotas no ar, respectivamente.

### Distribuição do Tamanho das Gotas

Conforme Hudson (1971), a chuva é constituída de gotas de vários tamanhos. Dessa forma, torna-se necessária a determinação da distribuição do tamanho das gotas. A média do tamanho das gotas dá pouca indicação, e talvez o melhor índice para a referida distribuição seja o volume mediano do diâmetro da gota ( $D_{50}$ ), que é obtido de um gráfico de volume acumulativo versus diâmetro da gota.

Existe relação entre o tamanho das gotas e intensidade das chuvas, mais exa-

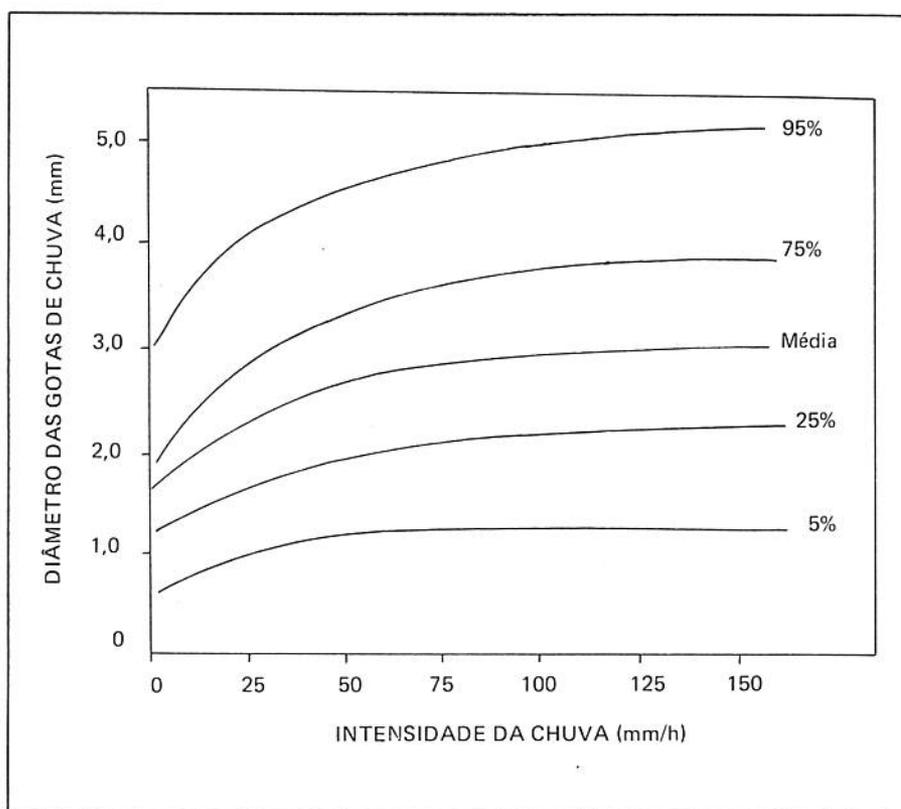


Gráfico 1 – Distribuição das Gotas em uma Chuva natural.

FONTE: Wischemeier; Smith (1958).

tamente entre o  $D_{50}$  e a intensidade  $I$ , que é expressa por:

$$D_{50} = aI^b \quad (a \text{ e } b \text{ são constantes})$$

As curvas de distribuição mostram que o valor modal do diâmetro das gotas chega a 80 ou 100 mm/h e depois decresce a intensidades maiores.

A velocidade terminal das gotas também influi sobre a erosão. Essa velocidade aumenta, quando o tamanho das gotas aumenta. Podemos então entender que, se as gotas grandes não sofressem desintegração em seu percurso, teríamos um maior problema de erosão por embate.

Às propriedades físicas das chuvas em combinação originam parâmetros que se relacionam com o potencial erosivo das chuvas. Dessa forma, conhecendo-se o tamanho das gotas de chuva e sua velocidade terminal, pode-se calcular o momento da chuva caindo pela seguinte fórmula:  $M = F \times d$ ; onde:  $F$  = força e  $d$  = distância que vai do ponto fixado à direção da força. O momento e a energia cinética mostram uma similaridade com a intensidade, conforme Hudson (1971).

Mesmo considerando a grande quantidade de estudos relativos, a avaliação quantitativa do processo de remoção e transporte de materiais pelas gotas durante um temporal permanece ainda insatisfatória e um tanto obscura em função das dificuldades encontradas em quantificar as complexas interações envolvidas. Isto tem forçado os pesquisadores a recorrerem a condições controladas de ensaio e daí estabelecerem relações com base na análise de regressão convencional e/ou procedimentos analíticos que envolvem a inclusão de muitos coeficientes de valores duvidosos.

### Índice das Chuvas

A erosividade da chuva vem sendo avaliada por meio de dois índices:  $EI_{30}$  e  $KE > 25$  mm, desenvolvidos por Wischemeier; Smith (1958) e Hudson (1971), respectivamente. Ambos são calculados tendo por base a precipitação, com ênfase na intensidade que é o parâmetro que os diferencia; no entanto, atenção especial vem sendo dada à precipitação, já que, por meio dela, pode-se reduzir consideravelmente o trabalho de cálculo dos índices.

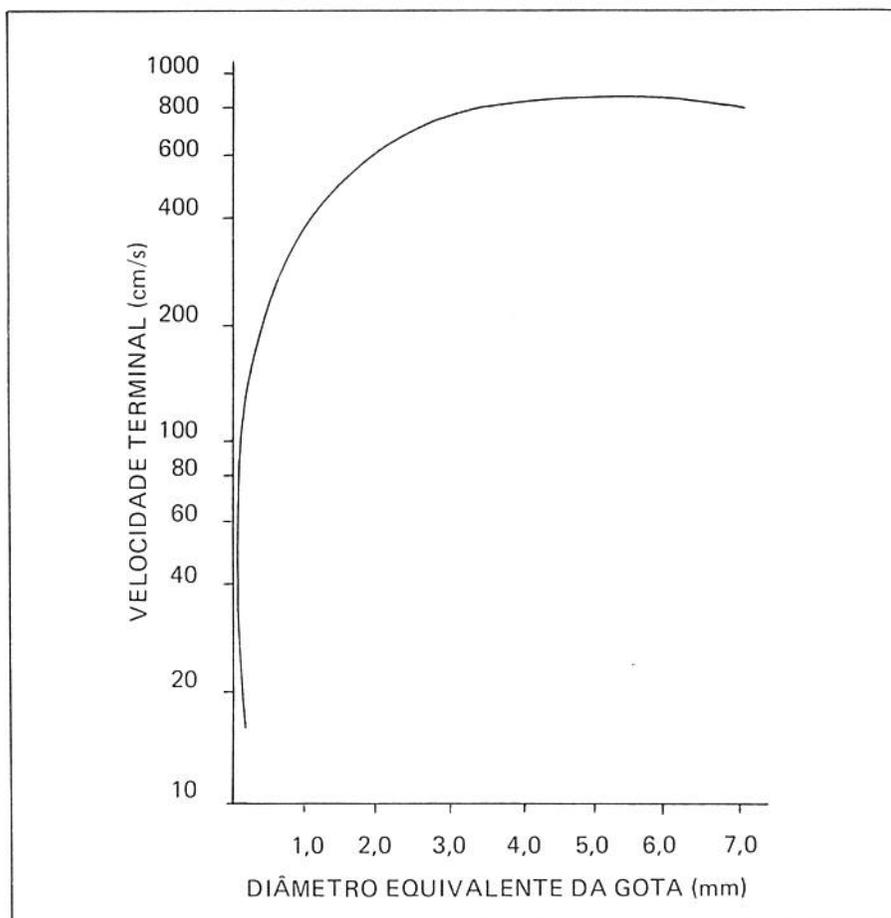


Gráfico 2 — Velocidades Terminais das Gotas de Chuva de Diferentes Diâmetros no Ar.

FONTE: Wischmeier; Smith (1958).

O índice  $KE > 25$  parece ser o mais adequado para as regiões tropicais e subtropicais, por evitar superestimação da erosividade. Por que então o  $EI_{30}$  é de uso generalizado? Se o argumento de Hudson (1971) estiver correto, muitos cálculos de erosividade precisarão ser refeitos.

Para se saber se os referidos índices são diferentes, lança-se mão de estudos comparativos que incluam análises estatísticas de distribuição dos índices no decorrer do ano e de suas probabilidades de ocorrências. Assim, tanto Pereira (1983) quanto Val (1985) desenvolveram tais estudos para as condições de Piracicaba e Lavras, respectivamente, e ambos chegaram à conclusão de que esses índices não diferenciaram estatisticamente.

De acordo com Val (1985), o potencial erosivo da chuva para cada local é função das próprias características de cada chuva. Assim, tentando encontrar um parâmetro que englobasse as principais características físicas de chuva e que, dessa forma, melhor representasse sua

erosividade, Wischmeier; Smith (1958) determinaram que a energia da chuva foi uma das variáveis que se correlacionou melhor com as perdas de solo. Combinando as diversas variáveis estudadas, esses mesmo autores constataram que o produto da energia cinética pela intensidade máxima de 30 minutos era o parâmetro que estimava a erosividade da chuva de forma mais adequada.

Segundo alguns autores, entre os quais Wischmeier (1959), o  $EI_{30}$  avalia bem o impacto das gotas, assim como o salpicamento e a turbulência. Val (1985) comenta, citando Wischmeier, que a relação entre a perda de solo e o  $EI_{30}$  foi constatada quando as chuvas eram consideradas individuais, espaçadas de mais de 6 horas, e tendo mais de 12,7 mm de altura.

Foster, citado por Pereira (1983), experimentou estatisticamente nove índices de intensidade da chuva, e concluiu que a intensidade máxima em 30 minutos foi a que apresentou melhor correlação

com as perdas de solo.

Silva; Freire (1978) calcularam o índice  $KE > 25$  para Piracicaba e obtiveram um valor médio anual de 527,7 mm num período de dez anos. Os citados autores não calcularam o  $EI_{30}$  por acreditarem ser  $KE > 25$  o índice mais apropriado para a citada região. Chaves (1978), entretanto, calculou para uma região da Paraíba o índice  $KE > 20$ , em vez de  $KE > 25$ , devido a alterações nas curvas-padrão por meio das quais a intensidade das chuvas foi analisada. O valor  $KE > 20$  anual obtido foi de 476,7.

Como já se comentou, apenas a quantidade de chuva não serve para estimar sua erosividade; entretanto, se a multiplicarmos pela intensidade, verificaremos uma melhor correlação com as perdas de solo.

De acordo com Foster et al. (1982), pode-se estimar o  $AI_{30}$  pela quantidade da chuva  $A$ , em mm, e a intensidade máxima em 30 minutos ( $I_{30}$ ), em mm/h, sem computar a energia cinética total da chuva. Assim, Ulsaker; Onstard, citados por Val (1985), ao observarem estudos de Lal, encontraram que o  $AI_{30}$  foi melhor índice de erosividade para a Nigéria que o  $EI_{30}$ . Estes autores, no Kenia, concluíram que os índices  $EI_{30}$  e  $AI_{30}$  estão relacionados linearmente, dando alto coeficiente de correlação.

Segundo Pereira (1983), correlações entre os índices de erosividade e precipitação têm sido efetuadas, pois nem sempre os dados de intensidade das chuvas são disponíveis. Além disso, é necessário um grande número de anos de observação e uma análise morosa dos pluviogramas para que seja determinado o índice de erosividade da chuva (Pereira et al., 1978).

Fournier, citado por Val (1985), em uma tentativa para simplificar o método de determinação de erosividade, propôs estimar este fator através de dados pluviométricos. Fournier, citado por Lombardi Neto (1977), encontrou uma alta correlação entre o total anual de erosão e um coeficiente que relaciona a precipitação média mensal do mês mais quente elevada ao quadrado sobre a precipitação média anual.

Lombardi Neto (1977) relacionou o  $EI_{30}$  médio mensal com coeficiente semelhante ao de Fournier, cujo valor é o seguinte:

$$Rc = \frac{p1^2}{P2}; \text{ onde}$$

$p1^2$  é a precipitação média mensal (mm<sup>2</sup>)  
e  $P2$  a precipitação média anual (mm).

A equação encontrada para Campinas, referente a dados correspondentes a 22 anos de observação, foi:

$$EI = 6,872 \times \left(\frac{p1^2}{P2}\right)^{0,850} \dots r = 0,991^{**}$$

\*\* Nível de significância estatística

Essa equação, no entanto, não deve fornecer boa estimativa para locais que apresentem condições climáticas muito distintas das de Campinas.

Tanto Lombardi Neto (1977), quanto Val (1985) e Pereira (1983) determinaram que a erosividade pode ser estimada pelos dados pluviométricos.

### Metodologia

O índice de erosividade das chuvas ( $EI_{30}$ ), determinado pelo método de Wischmeier (1959) e posteriormente utilizado por Lombardi Neto (1977), correlaciona-se bem com as perdas de solo, conforme Bisciais, citado por Castro Filho et al. (1982), e dá uma boa estimativa do potencial erosivo da chuva. Por ser um método trabalhoso, Lombardi Neto (1977) estabeleceu, para as condições de chuvas de algumas regiões de São Paulo, uma equação para ajustar o índice  $EI_{30}$  através das precipitações mensal e anual, com o propósito de diminuir a morosidade dos cálculos.

Wilkinson (1975) desenvolveu na Nigéria uma simplificação do método de Wischmeier (1959), que consistiu na avaliação da energia cinética através da precipitação total da chuva e intensidade máxima em 30 minutos, o que induziu as operações de cálculo.

Castro Filho et al. (1982), utilizando a metodologia de Wilkinson (1975) para cálculo do potencial erosivo das chuvas em cinco localidades do Paraná, chegou à conclusão de que as correlações obtidas entre as energias cinéticas calculadas pelos dois métodos foram altamente significativas, o que torna válida para a aplicação do método de Wilkinson (1975) em simplificação ao de Wischmeier (1959).

O  $EI_{30}$  é expresso por:

$$EI_{30} = EC \times I_{30} \times 10^{-3}; \text{ onde:}$$

$EI_{30}$  é o índice erosivo da chuva em tm/h x mm/h

EC é a energia cinética total da chuva em tm/ha

$I_{30}$  é a intensidade máxima da chuva em 30 minutos em mm/h

Pela equação de Wischmeier (1959) para a EC, teríamos:

$$EC = n(12,142 + 8,877 \log I_i); \text{ sendo:}$$

$n$  = número de aclives uniformes de precipitação em uma chuva;

$I_i$  = intensidade da chuva no aclive uniforme  $i$ , em mm/h.

A modificação proposta por Wilkinson (1975), consiste em:

$$EC_1 = (12,142 + 8,877 \log I_{30}) P; \text{ onde:}$$

$EC_1$  = energia cinética total da chuva em tm/ha . mm

$I_{30}$  = intensidade máxima da chuva em 30 minutos em mm/h

$P$  = precipitação total da chuva em mm.

Trabalhando os dados das cinco regiões em estudo, Castro Filho et al. (1982) determinaram que  $EI_{30} = 28,814 + (10,800 + 7,896 \log I_{30}) P \times I_{30} \times 10^{-3}$  é a equação geral para o cálculo do índice de erosividade da chuva para os referidos locais.

Pereira (1983), Val (1985) e Castro Filho et al. (1982) chegaram à conclusão de que a aplicação da metodologia simplificada de Wilkinson (1975) permite que se estime o valor do índice  $EI_{30}$  com boa segurança, o que torna válida sua utilização.

### Chuvas Críticas

Conforme Dedecek (1978), análises de regimes de chuvas mostram significantes diferenças na distribuição do potencial erosivo das chuvas durante o ano em locais diferentes. Interessante, portanto, é conhecer a distribuição anual do índice de erosão pluvial (EI), ou seja, da capacidade erosiva da chuva, para evidenciar os meses mais críticos e orientar a

adoção das práticas de manejo e conservação do solo. Para as condições de Brasília, novembro, dezembro e janeiro são os meses mais problemáticos, devido às chuvas erosivas que ocorrem num período em que o solo está descoberto. Para as condições de Lavras-MG, Val (1985) concluiu que tal problema ocorre nos meses de dezembro e janeiro.

Saraiva et al. (1981), estudando a erosividade das chuvas e perdas por erosão no Rio Grande do Sul, observaram que o número mensal de chuvas erosivas para aquelas condições era geralmente maior que o número de chuvas não erosivas, e que, quando do maior número de chuvas erosivas, o índice de erosão  $EI_{30}$  era mais alto. Observaram ainda que a erosividade das chuvas erosivas não se relaciona bem com a quantidade precipitada.

McGregor et al. (1980), estudando chuvas críticas através do índice de Yarnell, para o norte do Mississipi, correlacionaram o  $EI_{30}$  médio mensal ( $EI_{30m}$ ) com chuvas que contêm um ou mais momentos críticos, tendo chegado à seguinte equação:

$$EI_{30m} = 16,49 P_m + 4,46 \dots r = 0,96^{**}$$

Cuidadosas verificações são recomendadas pelos autores, quanto à generalização desta equação.

Pereira et al. (1978), avaliando a erosividade das chuvas em Minas Gerais concluíram que não há nenhuma tendência a uma distribuição sistemática do índice de erosão potencial no Estado. As chuvas com maior duração e/ou quantidade não são necessariamente as que apresentam maior índice de erosão potencial.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo que se pode perceber ao longo desta revisão, os estudos sobre erosividade devem ser o máximo possível localizados, pois assim se poderão estabelecer práticas de manejo compatíveis com as condições de solo e clima.

Pelo exposto neste artigo pode-se concluir que:

- A intensidade das chuvas é um fator determinante no processo erosivo;
- o comportamento das gotas de chuva influi na sua capacidade erosiva;

- tanto o índice  $KE > 25$  mm quanto o  $EI_{30}$  podem ser usados para determinar-se a erosividade das chuvas;

- a simplificação do cálculo do índice  $EI_{30}$  proposta por Wilkinson (1975) é válida para calcular-se tal índice;

- a determinação das épocas de chuvas críticas constitui um passo decisivo para que se estabeleça o plano integrado de manejo de solo e culturas, de forma a evitar, o alastramento da erosão.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AREND, J.L.; HORTON, R.E. Some effects of rain intensity erosion and sedimentation on infiltration capacity. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.7, p.82-89, 1942.
- BARNETT, A.P. How intense rainfall affects runoff and soil erosion. *Agricultural Engineering*, Saint Joseph, v.39, n.11, p.703-707, 711, Nov. 1958.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392p.
- BERTONI, J.; PASTANA, F.I. Relação chuva-perdas por erosão em diferentes tipos de solo. *Bragantia*, Campinas, v.23, n.1, p.3-11, jan. 1964.
- BERTRAND, A.R.; SOR, K. The effects of rainfall intensity on soil structure and migration of colloidal materials in soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.26, n.3, p.297-300, May/June 1962.
- CASTRO FILHO, C. de; CATANEO, A.; BISCALIA, R.C.M. Utilização da metodologia de Wilkinson para cálculo do potencial erosivo das chuvas em cinco localidades do Paraná. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, Campinas, v.6, n.3, p.240-241, set./dez. 1982.
- CHAVES, I. de B., FREIRE, O. Erosividade das chuvas na microregião homogênea brasileira nº 78 (Estado da Paraíba). *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.53, n.4, p.255-256, dez. 1978.
- DEDECEK, R.A. Capacidade erosiva das chuvas de Brasília. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, 1978, Passo Fundo. *Anais... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT*, 1978. p.157-166.
- ELLISON, W.D. Studies of raindrop erosion. *Agricultural Engineering*, Saint Joseph, v.25, n.4, p.131-136, 181-182, Apr. 1944.
- ELTZ, F.L.F.; COGO, N.P.; MIELNICZUK, J. Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo laterítico bruno avermelhado distrófico (São Jerônimo): I - resultados do primeiro ano. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.1, n.2/3, p.123-127, maio/dez. 1977.
- FOSTER, G.R.; LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.R. Evaluation of rainfall-runoff erosivity factors for individual storms. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, Saint Joseph, v.25, n.1, p.124-129, Jan./Feb. 1982.
- HUDSON, N. *Soil conservation*. Ithaca: Cornell University Press, 1971. 320p.
- HUGHES, H.A. *Conservation forming*. Moline: John Deere, 1980. 150p.
- LINSLEY, R.K.; KOHLER, M.A.; PAULHUS, J.L. *Applied hydrology*. New York, McGraw Hill, 1949. 55p.
- LOMBARDI NETO, F. *Rainfall erosivity: distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil*. West Lafayette: Purdue University, 1977. 53p. Tese Mestrado.
- LOPES, V.L. *Um estudo da erosão e produção de sedimentos pelas chuvas*. Campina Grande: UFPB-CCT, 1980. 70p. Tese Mestrado.
- MAZURAK, A.P.; MOSHER, P.N. Detachment of soil particles in simulated rainfall. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.32, n.5, p.716-719, Sept./Oct. 1968.
- MCGREGOR, K.C.; MUTCHLER, C.K.; BOWIE, A.J. Annual R values in North Mississippi. *Journal of Soil and Water Conservation*, Baltimore, v.35, n.2, p.81-84, 1980.
- MOLDENHAVER, W.C.; LONG, D.C. Influence of rainfall energy on soil loss and infiltration rates: I - infect over a range of textures. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.28, n.6, p.813-817, Nov./Dec. 1964.
- PEREIRA, J.H.G. *Índices de erosividade da chuva: distribuição e relação com a precipitação em Piracicaba - SP*. Piracicaba: ESALQ, 1983. 70p. Tese Mestrado.
- PEREIRA, W.; SILVA, T.C.A. da; GOMES, F.R. Avaliação da erosividade das chuvas em diferentes locais do Estado de Minas Gerais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, 1978, Passo Fundo. *Anais... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT*, 1978. p.157-166.
- QUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, 1978, Passo Fundo. *Anais... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT*, 1978. p.141-143.
- RESENDE, M.; ALMEIDA, J.R. de. Modelos de predição de perda de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.38-54, ago. 1985.
- ROSE, C.W. Soil detachment caused by rainfall. *Journal of Soil Science*, London, v.11, n.1, p.26-36, 1960.
- SARAIVA, O. F.; COGO, N. P.; MIELNICZUK, Erosividade das chuvas e perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo laterítico avermelhado distrófico: I - resultados do segundo ano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.16, n.1, p.121-128, jan. 1981.
- SCHWAB, C.O. FREVERT, R.K.; ADMINSTER, T.W.; BARNES, K.K. *Soil and water conservation engineering*. London: J. Wiley, 1966. 683p.
- SILVA, J.R.C.; FREIRE, O. Fator chuva para a aplicação na equação universal de perdas de solo, em Piracicaba. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.53, n.4, p.229-232, dez. 1978.
- SUAREZ DE CASTRO, F. *Conservacion de suelos*. 3. ed. San Jose, Costa Rica: IICA, 1980. 315p.
- SUAREZ DE CASTRO, F. *Experimentos sobre la erosion de los suelos*. Chinchina: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1951. 44p. (Boletim Tecnico, 6).
- VAL, L.A. *Avaliação dos índices de erosividade das chuvas do Município de Lavras - MG*. Lavras: ESAL, 1985. 72p. Tese Mestrado.
- WILKINSON, G.E. Rainfall characteristics and soil erosion in the rainforest area of Western Nigeria. *Experimental Agriculture*, London, v.11, n.4, p.247-255, Oct./Nov. 1975.
- WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.23, n.3, p.249-256, May/June 1959.
- WISCHMEIER, W.H. Rainfall erosion potential. *Agricultural Engineering*, Saint Joseph, v.43, p.212-215, 225, 1962.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *American Geophysical Union*, Washington, v.39, n.2, p.285-291, 1958.

# PRINCÍPIOS DE ERODIBILIDADE DO SOLO

Paulo Marcos de Paula Lima<sup>1</sup>

Victor Gonçalves Bahia<sup>2</sup>

Nilton Curi<sup>3</sup>

Marx Leandro Naves Silva<sup>4</sup>

## INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas que o planeta Terra vem enfrentando nos dias atuais é quanto ao aumento desenfreado de sua população, que cresce em proporção geométrica. Alguns dados mostram que uma vez atingido o primeiro bilhão de habitantes na Terra, levaram-se mais 100 anos para chegar ao segundo bilhão; 30 anos para chegar ao terceiro bilhão; 15 anos para atingir o quarto bilhão; 10 anos para chegar ao quinto bilhão (situação atual); 8 anos deverão ser levados para chegar ao sexto bilhão, e, por volta do ano 2000, a população mundial será de oito bilhões de habitantes na face da Terra (EPAMIG, 1987).

Diante deste quadro, a comunidade científica internacional chegou à conclusão de que a produção agrícola precisa aumentar em 60% até o ano 2000. Isto acarreta a necessidade de uma intensificação da agricultura já existente, somada à incorporação de novas fronteiras agrícolas ao processo produtivo, cerca de 200 bilhões de hectares, segundo Dudal, citado por Lopes (1983).

O uso intensivo do solo visando à exploração agropecuária, provoca e acelera uma série de alterações em suas propriedades morfológicas, físicas, químicas e biológicas, alterações que podem e devem, em alguns casos, estar tomando um duplo sentido, ora com caráter positivo, ora negativo, com relação ao sistema solo-água-planta. A substituição de cober-



Solo Preparado e Terraceado.

tura vegetal natural nas regiões de fronteiras agrícolas, a adoção de mecanização intensiva, o uso de corretivos, fertilizantes e outras práticas modernas de cultivo têm propiciado alterações nas propriedades do solo, o que favorece, de modo geral, o processo erosivo (Fernandes, 1982).

O depauperamento dos solos pela erosão tem sido hoje um problema crônico sentido em diversos países, principalmente tropicais e subtropicais, pois seus efeitos, em geral, não são prontamente notados. Porém, mais cedo ou mais tarde, as colheitas diminuem, devido ao arrastamento de nutrientes e matéria orgânica, à formação de ravinas e à dificuldade no uso das máquinas agrícolas, entre outros. Logo, à medida que a erosão progride, a atividade agrícola torna-se mais difícil e mais cara.

Fernandes (1982) ressalta que os efeitos maléficos da erosão devido a processos induzidos pelo manejo, ganham proporções muito maiores quando vêm associados a características e propriedades desfavoráveis do solo, que são refletidas em uma elevada erodibilidade. A erodibilidade do solo é definida por Hudson (1981) como sendo a susceptibilidade do solo em erodir-se.

Neste contexto, então, o fator erodibilidade do solo assume grande importância, principalmente quando se leva em conta que toneladas de fertilizantes e corretivos, além de partículas do solo, são arrastadas anualmente para os leitos dos rios de regiões de agricultura mais intensiva, e que os sistemas de conservação do solo, em alguns casos, são inadequados.

Fica evidente assim, conforme frisou

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agríc., M.S. — Ministério da Agricultura e Reforma Agrária — Caixa Postal 37 — CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S. — Prof. Titular/DCS/ESAL — Caixa Postal 37 — CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Ph.D. — Prof. Titular/DCS/ESAL — Caixa Postal 37 — CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Pós-Graduando em Solos e Nutrição de Plantas/DCS/ESAL — Caixa Postal 37 — CEP 37200-000 Lavras, MG.

Dedecek (1974), a necessidade urgente de se intensificarem pesquisas relacionadas ao fator K (erodibilidade), juntamente com o fator R (erosividade), os quais são muito importantes na previsão das perdas de solo por erosão. Atendida esta necessidade, poder-se-ia apoiar com mais base científica qualquer programa conservacionista.

O objetivo deste trabalho é discorrer sobre alguns aspectos e características do fator erodibilidade do solo, bem como abordar métodos de determinação desse fator e sua importância nas perdas de solo por erosão.

### EROSÃO – BREVE HISTÓRICO DE PESQUISAS

A erosão do solo é um problema que vem sendo tratado com atenção desde o final do século XIX. Segundo Hudson (1981), já entre 1877 e 1895, um cientista alemão, Wollny, conduziu as primeiras investigações científicas sobre o assunto. Utilizando pequenas parcelas experimentais, mediu os efeitos da cobertura vegetal na interceptação da água da chuva e na deterioração da estrutura do solo, bem como os efeitos das classes de solos e declividade na enxurrada e erosão.

As pesquisas continuaram, a partir deste trabalho, e outros foram desenvolvidos, porém limitados à pesquisa aplicada, embora Wollny, em 1880, citado por Hudson (1981), já houvesse evidenciado a importância da prevenção do salpico da gota de chuva no processo de erosão. Somente após 1940 é que começaram as pesquisas com o objetivo de obter uma melhor aproximação da predição da erosão, procurando-se identificar e medir as causas dela.

Em 1944, Elisson, citado por Hudson (1981), conduziu pesquisas nas quais ficou evidenciado que a gota de chuva era um agente erosivo completo em si mesmo e que o efeito protetor da cobertura vegetal era no sentido de diminuir a energia cinética da gota. Isto abriu um novo campo nas pesquisas de erosão do solo.

Os estudos de erosão dos solos passaram então a ser divididos segundo os diferentes tipos de chuvas que causam a erosão e como esta é afetada pelas diferentes classes e condições de solo, Hudson (1981).

As pesquisas passaram a ser mais in-

tensas e a buscar com afincos soluções para a previsão das perdas de solo. Assim sendo, principalmente através do "National Runoff and Soil Loss Data Center", na Universidade de Purdue, Indiana (EUA), via compilação e análise dos dados básicos de escoamento superficial e perdas de solo obtidos em mais de 10.000 parcelas experimentais, sob condições de chuva natural e simulada, foi desenvolvida uma equação que é conhecida como Equação Universal das Perdas de Solo (EUPS). Tal equação serve para prever a perda média anual de material do solo causada tanto pela erosão laminar como em sulcos, além de também servir para a escolha das práticas conservacionistas mais adequadas (Wischmeier; Smith, 1978).

As variações que influenciam a quantidade de perdas de solo foram agrupadas em seis fatores, da seguinte forma:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

onde: A é a perda média de solo; R a erosividade da chuva; K a erodibilidade do solo; L o comprimento de rampa; S a declividade; C a cobertura do solo e P o fator práticas conservacionistas.

O conhecimento destes seis fatores é de grande importância e tem servido como guia para muitos pesquisadores no traçado de suas linhas de pesquisa.

Hudson (1981) sugeriu duas linhas principais de pesquisa para regiões tropicais. A primeira delas foi baseada na necessidade de informações detalhadas sobre estes seis fatores que influem na quantidade de erosão. Já a segunda enfocou a necessidade de um modelo dentro do qual estas peças componentes de informação possam ser inseridas.

### ERODIBILIDADE DO SOLO (FATOR K)

Hudson (1981), conforme antes mencionado, definiu a erodibilidade (K) do solo como a susceptibilidade deste em erodir-se. Logo, um solo com erodibilidade de alta sofreria maior erosão que outro com baixa erodibilidade sob as mesmas condições ambientais.

Wischmeier; Mannering (1969) realizaram estudos em 55 solos dos EUA, durante cinco anos, e identificaram 15 propriedades físicas e químicas do solo

que, de alguma forma, estariam relacionadas com as perdas de solo. Concluíram que a infiltração d'água no solo e sua capacidade de resistir ao deslocamento e transporte pela ação erosiva da chuva e pelo fluxo de água são algumas das propriedades que mais influenciam a erodibilidade do solo. A equação desenvolvida mostrou-se complexa e não havia validade, quando o teor da fração areia excedia 65% e o da fração argila era inferior a 35%.

Olson; Wischmeier (1963) também definiram erodibilidade (K) da equação de perdas do solo como sendo a média de perdas de solo por unidade R (erosividade da chuva) de um terreno continuamente desnudo, ou seja, mantido sem cultura por dois anos ou mais, com 9% de declividade e um comprimento de rampa de 21,78 m. Assim, pela equação de perdas tem-se:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

$$\text{Logo: } K = A / (R \cdot LS \cdot C \cdot P)$$

O valor numérico de LS é 1,0 para as condições padrões de terreno descritas acima. Os fatores C e P se igualam a 1,0 para o solo continuamente desnudo, onde não se realiza nenhuma prática conservacionista.

Assim, tem-se:

$$K = A/R$$

onde: A é a perda de solo em t/ha e os valores de R são obtidos pelo cômputo de EI<sub>30</sub> nos gráficos de chuva (Hudson, 1981).

É importante notar, portanto, que erodibilidade de um solo não é sinônimo de erosão. Wischmeier; Smith (1978) demonstraram haver necessidade de se fazer distinção entre estes dois termos. Enquanto a erosão do solo pode depender mais da declividade, das características das chuvas, da cobertura vegetal e do manejo do solo, a erodibilidade é um fator intrínseco de cada solo e, portanto, alguns solos se erodem com mais facilidade que outros, mesmo que os demais fatores sejam idênticos. Por esta razão, muitos pesquisadores procuram obter índices de erodibilidade de solos através de suas características consideradas fundamentais no processo de erosão.

Resende (1984) relata que, conside-

rando uma cobertura vegetal primitiva relativamente uniforme (sem influência humana mais drástica), poder-se-ia, num modelo mais geral, classificar a erodibilidade como dependente de três fatores:

- disponibilidade de material para ser erodido, ou seja, rocha fresca versus pedomaterial;
- atuação do agente removedor dos destritos - água ou vento; e
- comportamento do pedomaterial em relação a este agente.

Adaptando-se este modelo para as regiões tropicais, deve-se tentar responder as perguntas constitutivas de um fluxograma de referência sugerido pelo citado autor:

- Existe, nestas regiões, material transportável?
- O agente para transporte é suficientemente intenso?
- Qual a reação do pedomaterial a este agente?

As duas primeiras perguntas têm resposta afirmativa, pois os solos destas regiões, na maioria Latossolo, possuem profundo manto de intemperismo e estas são regiões bioclimaticamente muito ativas. A resposta à terceira pergunta perde-se na falta de informações mais detalhadas a respeito dos solos (Lima, 1987). Esta insuficiência de informações vem abrir uma lacuna muito grande no âmbito da ciência do solo, servindo como sugestão para pesquisas mais aprofundadas nesta área.

#### **ALGUNS FATORES QUE AFETAM A ERODIBILIDADE DO SOLO**

A erodibilidade do solo é a medida do efeito total de uma combinação particular das propriedades do solo. Ela é altamente complexa e torna alguns solos mais facilmente erodíveis que outros.

A natureza do solo influi no volume de enxurradas, quantidade de solo, matéria orgânica e elementos arrastados, sendo que esta influência depende, segundo Wischmeier; Smith (1978), das seguintes propriedades:

- as que afetam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade total de armazenamento de água; e
- as que resistem às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pela chuva e escorrimento.

A textura, representada pela proporção dos teores de areia, silte e argila, influencia sobremaneira a erodibilidade do solo, sendo que há uma tendência de a erodibilidade aumentar quando os teores de areia fina e silte são elevados. Por outro lado, teores elevados de argila e matéria orgânica, geralmente, mas não necessariamente, diminuem a erodibilidade (Wischmeier et al., 1971).

Freire; Pessoti (1976) e Oliveira; Bahia (1984) relatam que a percentagem de silte + areia muito fina é o parâmetro que exerce maior influência nos valores de erodibilidade.

De uma forma genérica, os solos siltosos apresentam certa agregação quando secos. Porém, conforme Troeh et al. (1980), quando ocorre o umedecimento, esta agregação possui baixa estabilidade, sendo, então, as partículas facilmente separadas e arrastadas pela enxurrada.

A um aumento no teor de silte é atribuído também maior facilidade de encrostamento dos solos, conforme considerado por Lemos; Lutz (1957). Este fenômeno é verificado também em Latossolos, os quais são, por definição, pobres em silte. Desde que as argilas estejam floculadas nesses sistemas, é bem provável que essas possam, funcionalmente, estar se comportando como silte (Resende, 1985). Tal alteração à superfície do solo constitui-se em passo importante dentro do contexto de erodibilidade, por diminuir a infiltração de água no solo (Lima, 1987).

Dedecek (1974) alerta, no entanto, que a utilização de parâmetros como silte, areia, argila e matéria orgânica, isolados ou em combinações, foi insuficiente em todas as análises primárias para prever a erodibilidade do solo.

A estrutura também tem um papel fundamental na erodibilidade do solo, influenciando a velocidade de infiltração, a resistência à dispersão, deslocamento por salpico, abrasão, forças de transporte e escorrimento superficial (Suarez de Castro, 1980).

Ayres (1960) afirma que o tipo e a classe de estrutura do solo são importantes na predição de sua erodibilidade, sendo que estruturas maça, laminar ou em blocos são mais favoráveis à erosão que a do tipo granular. Por outro lado, Resende (1985) afirma que na estrutura granular, por esta apresentar o mínimo de área ex-

posta por unidade de volume, devido aos grânulos se aproximarem do formato de esfera, deve haver o mínimo de coerência entre os grânulos. Se estes forem pequenos, podem ser facilmente transportáveis pela água.

A matéria orgânica desempenha um papel marcante na predição da erodibilidade, pois está relacionada com a velocidade final de infiltração e energia da chuva necessária para iniciar a enxurrada (Wischmeier; Mannering, 1969). Wischmeier et al. (1971) relatam que a erodibilidade do solo tende a diminuir apreciavelmente com o aumento do teor de matéria orgânica de 0 a 4%.

Segundo Troeh et al. (1980), o efeito da matéria orgânica deve-se ao fato de que na sua decomposição há uma atividade muito intensa dos microrganismos, que favorecem o desenvolvimento de agregados estáveis, conferindo ao solo maior permeabilidade, o que diminui a enxurrada e a erosão. Por outro lado, solos com elevados teores de matéria orgânica podem ser muito erodíveis, devido ao tamanho pequeno dos grânulos (estrutura granular) e sua baixa densidade.

Os mesmos autores destacam ainda a influência da mineralogia da fração argila sobre a agregação, afetando a erodibilidade. Os solos tropicais, os quais são geralmente dominados mineralogicamente por óxidos de ferro e de alumínio e por argilas do tipo 1 : 1, tendem a ser melhor agregados do que os solos com elevado teor de argilas do tipo 2 : 1.

O complexo de cátions trocáveis do solo tem também grande importância na agregação das partículas, conforme Troeh et al. (1980), onde o  $H^+$  e os cátions di ou trivalentes favorecem a floculação. Mais recentemente, Castro Filho; Logan (1991) enfatizam que a calagem em Latossolos tem efeitos diferenciais na floculação e agregação, e que estes efeitos combinam-se de maneiras conflitantes para determinar os efeitos observados na erosão. Os resultados de seu trabalho sugerem que, enquanto pode haver alguma degradação estrutural a curto prazo causada pela calagem nesses solos, o efeito a longo prazo é a redução da erosão hídrica.

#### **NOÇÕES DE AVALIAÇÃO DA ERODIBILIDADE**

O fator erodibilidade do solo (K) po-

de ter seu valor quantitativo avaliado através de dois métodos: direto e indireto.

A avaliação direta deste parâmetro é conseguida experimentalmente pela utilização de parcelas unitárias desnudas com 9% de declive e cerca de 21,78 m de comprimento de rampa, conforme citado anteriormente. Isto culmina na relação  $K = A/R$ , onde A é a perda de solo em t/ha; e R tem seus valores obtidos pelo cômputo do  $EI_{30}$  nos gráficos de chuva.

Entretanto, o método de avaliação direta da erodibilidade é oneroso e requer muito tempo para se obter um valor representativo, além de ser difícil isolar os efeitos do solo de outros fatores.

Com o objetivo de facilitar esta avaliação e reduzir este tempo, Wischmeier et al. (1971) propuseram um método em que a erodibilidade é estimada indiretamente, através de uma equação, onde os elementos foram combinados em um nomograma (Gráfico 1).

grama (Gráfico 1).

Este nomograma foi testado em diversos solos dos Estados Unidos, onde a erodibilidade já era conhecida pelo método direto, e mostrou-se bastante preciso. Entretanto, para outras regiões, sua validade é limitada, conforme será comentado adiante.

### ÍNDICES DE ERODIBILIDADE DO SOLO (FATOR K) PARA O BRASIL

A utilização da equação universal de perdas de solo não tem-se restringido à área para a qual foi desenvolvida. Sua utilização em outras regiões fisiográficas, onde seus fatores não têm sido avaliados por pesquisas locais, requer precauções especiais para evitar possíveis usos e interpretações errôneas (Wischmeier; Smith, 1978).

Sob este aspecto, a determinação do fator K (erodibilidade), utilizando os nomogramas de Wischmeier et al. (1971) e de Roth et al. (1974), mostra que sua validade é limitada, como foi constatado, por exemplo, em solos do Hawai por El-Swaify; Dangler (1977), e, no Brasil, por Freire; Pessotti (1976), Pombo et al. (1981), Henklain; Freire (1983) e Angulo et al. (1984).

Freire; Pessotti (1976) determinaram a erodibilidade de alguns solos do município de Piracicaba, SP, pelo nomograma de Wischmeier et al. (1971) e observaram que o método não se aplica a solos com baixa percentagem de silte mais areia muito fina. Posteriormente, Henklain; Freire (1983), utilizando o mesmo método para alguns Latossolos do estado do Paraná, obtiveram valores mais baixos do que os determinados diretamente sob condições de chuva natural e chuva si-

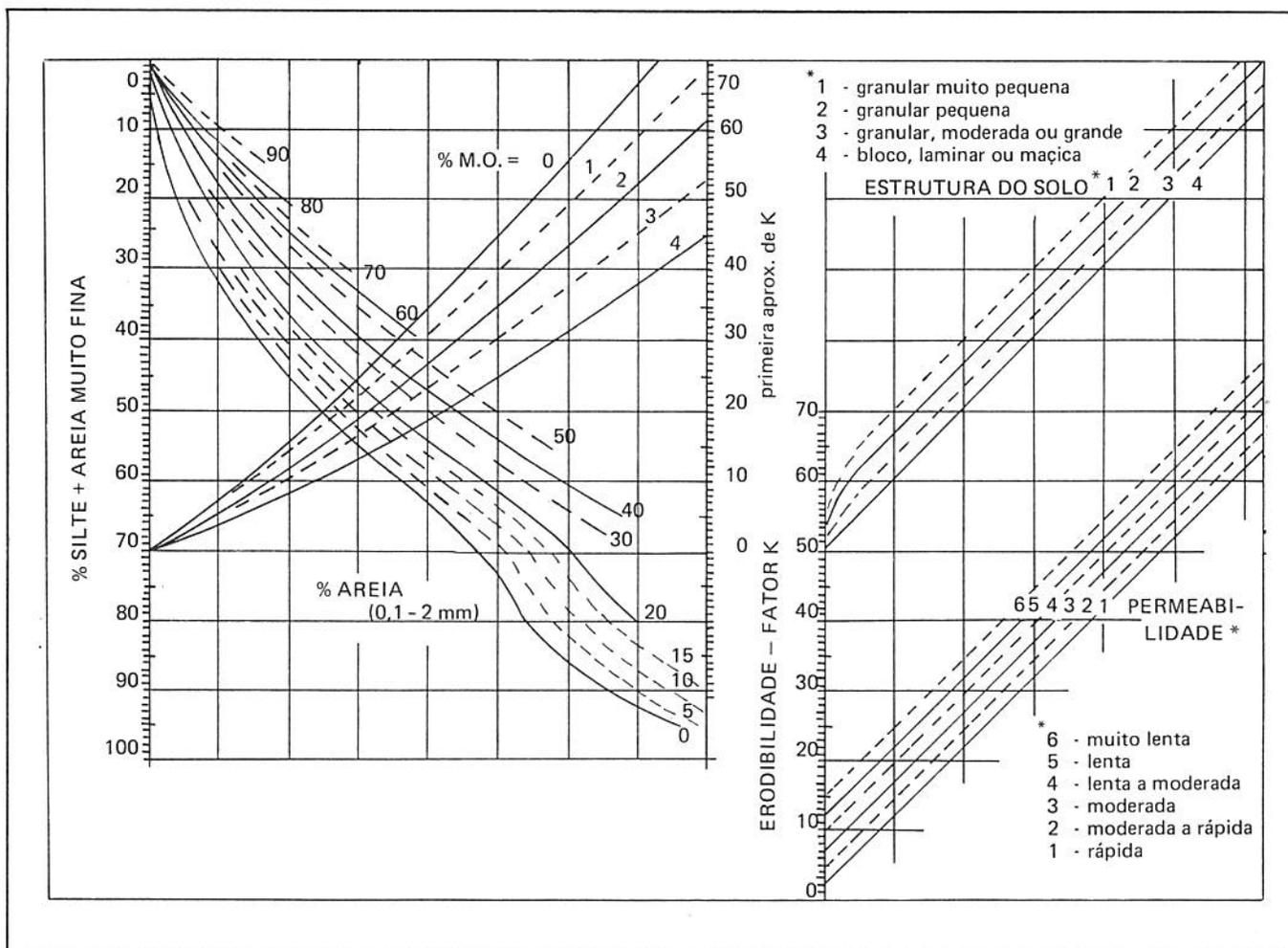


Gráfico 1 - Nomograma de Wischmeier; Johnson; Cross Para Avaliação Indireta da Erodibilidade de Solos.

FONTE: Wischmeier et al. (1971).

mulada e enfatizaram a necessidade da inclusão de novos parâmetros para a elaboração de um método indireto específico para esses solos.

Em Ubajara, CE, o valor da erodibilidade (fator K) de um Latossolo Vermelho Amarelo, determinado pelo método nomográfico de Wischmeier et al. (1971), apresentou-se sete e nove vezes menor aos valores determinados, respectivamente, com chuvas naturais e chuvas simuladas (Martins Filho; Silva, 1985).

Lima et al. (1990), numa tentativa de adequar o nomograma de Wischmeier et al. (1971), Gráfico 1, para Latossolos brasileiros, propuseram-lhe uma modificação. Assim, a percentagem de partículas e/ou agregados menores que 0,1 mm (dispersos em água) substitui a percentagem de silte + areia muito fina do nomograma, e a percentagem de partículas e/ou agregados maiores que 0,1 mm (também dispersos em água) substitui a percentagem de areia correspondente (>0,1 mm), sendo os demais parâmetros os mesmos do nomograma original. Com a dispersão do material de solo feita somente em água, os agregados, de alta estabilidade nos Latossolos, podem permanecer no tamanho das frações silte e areia muito fina, permitindo dúvidas sobre a aplicabilidade dos dados de granulometria com dispersão total (utilizando NaOH) na predição do comportamento desses solos frente à erosão (Lima et al., 1990 e Ferreira, 1992).

A adoção dos índices com a modificação proposta, na ausência de dados comparativos, pode estar superestimando as perdas de solo, mas, certamente, os valores obtidos nos métodos convencionais superestimam a resistência desses solos à erosão, principalmente no tocante às camadas de subsuperfície (Lima et al., 1990).

Com o mesmo intuito, Denardin (1990) desenvolveu modelos matemáticos estimativos do fator erodibilidade para solos do Brasil e Brasil/EUA, sendo expressos pelas equações A e B, respectivamente:

$$K = 0,00608397(P27) + 0,00834286(P39) - 0,00116162(P52) - 0,00037756(P19) \quad [A]$$

onde: K é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm;

P27 é a permeabilidade do perfil de solo codificada, conforme Wischmeier et al. (1971);

(P39) é o teor de matéria orgânica (teor de carbono orgânico multiplicado por 1,72, expresso em percentagem;

(P52) é o teor de óxido de alumínio extraível por ácido sulfúrico, expresso em percentagem,

(P19) é o teor de partículas com diâmetro entre 2,0 e 0,5 mm, determinado pelo método da pipeta, expresso em percentagem.

$$K = 0,00000748(X25) + 0,00448059(X29) - 0,06311750(X27) + 0,01039567(X32) \quad [B]$$

onde: K é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm;

(X25) é a variável "M", calculada a partir de parâmetros granulométricos determinados pelo método da pipeta;

(X29) é a permeabilidade do perfil de solo codificada, conforme Wischmeier et al. (1971);

(X27) é o diâmetro médio ponderado das partículas menores do que 2 mm, expresso em mm;

(X32) é a relação entre o teor de matéria orgânica e o teor da "nova areia" (2,0 a 0,1 mm).

Segundo este mesmo autor, a erodibilidade dos solos do Brasil pode ser estimada tanto pelo modelo ajustado para o conjunto de solos do Brasil e dos EUA, como pelo modelo ajustado a partir de variáveis exclusivas dos solos do Brasil.

A adoção, com as devidas precauções, destas metodologias de determinação da erodibilidade (fator K), por serem simples e facilmente adaptadas à rotina dos laboratórios, poderá ser utilizada para agrupar solos em categorias de erodibilidade, fazer parte de boletins de levantamento de solos e servir como mais uma orientação para o estabelecimento de um dado sistema de uso e manejo.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não obstante seja uma medida complexa, que depende da inter-relação de inúmeras características e propriedades do solo, a erodibilidade constitui-se em um segmento ou em uma linha de pesquisa no contexto da Ciência do Solo que

deveria ser mais investigada quanto à sua natureza, avaliação e influência que sofre de outros fatores.

O conhecimento desta medida pode auxiliar o técnico diretamente num melhor controle de sedimentos em locais de construção urbana ou suburbana. Porém, no caso de um planejamento conservacionista mais eficiente em áreas agrícolas, a erodibilidade deverá estar integrada a um sistema de uso e manejo sustentado das terras, respeitando-se, naturalmente, a aptidão agrícola delas. As práticas conservacionistas, planejadas dentro desta visão global, contribuem para a conservação ambiental.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGULO, R.J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M.L.P. Relações entre a erodibilidade e agregação, granulometria e características químicas de solos brasileiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.8, n.1, p.133-138, jan./abr. 1984.
- AYRES, A.C. *La erosión del suelo y su control*. Barcelona: Omega, 1960. 441p.
- CASTRO FILHO, C.; LOGAN, T.J. Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.55, p.1407-1413, 1991.
- DEDECEK, R.A. *Características físicas e fator de erodibilidade de Oxisolos do Rio Grande do Sul*. I. Unidades Erechim, Passo Fundo e Santo Angelo. Porto Alegre: UFRGS, 1974. 130p. Tese Mestrado.
- DENARDIN, J.E. *Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos*. Piracicaba: ESALQ, 1990. 106p. Tese Doutorado.
- EL SWAIFY, S.A.; DANGLER, E.W. Erodibility of selected tropical soils in relation to structural and hydrologic parameters. In: NATIONAL CONFERENCE ON SOIL EROSION, 1976, West Lafayette, Indiana. *Proceedings...* Ankeny: Soil Conservation Society of America, 1977. p.105-114. (SCSA, Special Publication, 21).
- EPAMIG (Belo Horizonte, MG). *Agricultura: alternativas para vencer os desafios*. Belo Horizonte, 1987. (EPAMIG, Documentos, 29). Simpósio sobre Agricultura Alternativa, 1985, Belo Horizonte.
- FERNANDES, M.R. *Alterações em propriedades de um Latossolo Vermelho-amarelo distrófico, fase cerrado, decorrentes da modalidade de uso e manejo*. Viçosa: UFV, 1982. 72p. Tese Mestrado.
- FERREIRA, L. *Avaliação indireta da erodibilidade em solos com altos teores de ferro*

## Conservação de Solo

- e aspectos relacionados à mineralogia e micro-morfologia. Lavras: ESAL, 1992. 82p. Tese Mestrado.
- FREIRE, O.; PESSOTI, J.E.S. Erodibilidade dos solos de Piracicaba. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.51, n.3/4, p.195-202, dez. 1976.
- HENKLAIN, J.C.; FREIRE, O. Avaliação do método nomográfico para determinação da erodibilidade de Latossolos do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, n.2, p.191-195, maio/agos. 1983.
- HUDSON, N. *Soil conservation*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1981. 324p.
- LEMOS, P.; LUTZ, J.F. Soil crusting and some factors affecting it. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.21, p.485-491, 1957.
- LIMA, J.M. *Relação entre erosão, teor de ferro, parâmetros físicos e mineralógicos de solos da região de Lavras (MG)*. Lavras: ESAL, 1987. 86p. Tese Mestrado.
- LIMA, J.M. et al. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de Latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.1, p.85-90, jan./abr. 1990.
- LOPES, A.S. *Solos sob "cerrado": características, propriedades e manejo*. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1983. 162p.
- MARTINS FILHO, E.C.; SILVA, J.R.C. Comparação de métodos de avaliação da erodibilidade em Latossolo Vermelho-amarelo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, n.2, p.175-177, maio/agos. 1985.
- OLIVEIRA, V.H. de; BAHIA, V.G. Erodibilidade de seis solos do município de Lavras - MG, usando o método do nomograma. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.9, p.1157-1162, set. 1984.
- OLSON, T.C.; WISCHMEIER, W.H. Soil - erodibility evaluations for soils on the runoff and erosion stations. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.27, n.5, p.590-595, Sept./Oct. 1963.
- POMBO, L.C.A.; GIANLUPPI, D.; KLAMT, E. Determinação do fator K de solos do Rio Grande do Sul através de características físicas, químicas e mineralógicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, 1980, Recife. *Anais...* Recife: UFRPE, 1981. p.220-235.
- RESENDE, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.3-18, agos. 1985.
- RESENDE, M. *Interpretação de um trecho de mapa de solos do Brasil*. Viçosa: UFV, 1984. 55p.
- SUAREZ DE CASTRO, F. *Conservación de suelos*. 3.ed. San José: IICA, 1980. 315p.
- TROEH, F.R.; HOBBS, J.A.; DANAHUE, R.L. *Soil and water conservation, for productivity and environmental protection*. New Jersey: Prentice-Hall, 1980. 718p.
- WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v.26, n.5, p.189-193, Sept./Oct. 1971.
- WISCHMEIER, W.H.; MANNERING, J.V. Relation of soil properties to its erodibility. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.33, n.1, p.131-137, Jan./Feb. 1969.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. *Predicting rainfall-erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington: USDA, 1978. 58p. (USDA. Agriculture Handbook, 537).

### ANÁLISE DE SOLOS (AGROPOSTAL)

**AGRICULTOR: Aumente sua lucratividade conhecendo o potencial de seu solo.**

**Laboratório de Análises de Solos – Fazenda Experimental Getúlio Vargas/  
EPAMIG -- UBERABA-MG**

#### DETERMINAÇÕES

Alumínio, pH, Hidrogênio, Cálcio, Magnésio, Fósforo, Potássio, Matéria Orgânica e Granulometria

#### PROCEDIMENTO

- 1 – O agricultor, com orientação técnica da Emater local, retira as amostras de solo.
- 2 – A seguir, remete as amostras através das agências dos Correios.  
Após 20 dias, aproximadamente, o agricultor receberá, via reembolso postal, os resultados.

#### LABORATÓRIOS DE SOLOS/EPAMIG

Projeto Agropostal – Fazenda Experimental Getúlio Vargas – Rua Afonso Ratto, s/nº – Caixa Postal 351 CEP 39060 Uberaba-MG

**AGROPOSTAL: Rapidez, facilidade e qualidade na análise de seu solo.**

# PERDAS DE SOLO EM SISTEMAS DE PREPARO CONVENCIONAL E PLANTIO DIRETO

Marx Leandro Naves Silva<sup>1</sup>  
Victor Gonçalves Bahia<sup>2</sup>  
Deborah Guerra Barroso<sup>3</sup>

## INTRODUÇÃO

O solo é um fator essencial para a produção de alimentos e matéria-prima. Neste contexto, conservar o solo é primordial para manter a produção e garantir a preservação dele para as gerações futuras.

A idéia de preparar o solo para o plantio vem de tempos remotos. Na decisão do método de preparo a ser usado, devem ser levados em consideração tipo de solo, relevo, clima e espécie vegetal, além de outros fatores. As práticas de cultivo desempenham um papel importante no processo de erosão pela chuva. Nas áreas cultivadas, as partículas do solo são desprendidas pelo impacto das gotas de chuva e carregadas pela água da enxurrada. Um recurso para diminuir os efeitos do impacto da gota na superfície do solo é mantê-lo com vegetação ou com os resíduos, o que evita a desagregação de suas partículas de solo, favorece a infiltração da água e reduz as perdas dele (Bertoni; Lombardi Neto, 1990).

O sistema de preparo de solo mais usado é o convencional, que consiste na combinação de uma aração e duas gradagens feitas com a finalidade de criar condições favoráveis para o estabelecimento da cultura (Mantovani, 1987). Atualmente, têm-se utilizado cada vez mais os sistemas conservacionistas, que se baseiam



O Preparo Incorreto do Solo Proporciona Maiores Perdas por Erosão.

em qualquer sistema de preparo que reduza a perda de solo ou de água. Dentre estes sistemas, destaca-se o plantio direto.

O plantio direto é definido, segundo Derpsch (1984) e Muzilli (1985), como um sistema de semeadura no qual a semente é colocada diretamente no solo não revolvido, usando-se máquinas especiais. Nesse tipo de plantio, abre-se um pequeno sulco no solo, de profundidade e largura suficientes para garantir uma boa cobertura e o contato da semente com o solo, que tem 25 a 30% da superfície preparada.

Para melhor entender o início do

plantio direto no Brasil, deve-se fazer uma breve resenha do começo da técnica fora do país. Segundo Derpsch (1984), com o aparecimento de herbicidas de contato adequado, na Inglaterra, em 1956, o plantio direto entrou em fase experimental em várias partes do mundo. Os países que mais evoluíram no que se refere ao aumento da área em plantio direto foram os Estados Unidos, Austrália e Brasil, que passou de 1.000 a 400.000 ha em apenas 10 anos.

A história do plantio direto no Brasil é relativamente recente. Iniciou-se no estado do Paraná, em 1971, quando o Mi-

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Pós-Graduando em Solos e Nutrição de Plantas/DCS/ESAL – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S. – Prof. Titular/DCS/ESAL – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>3</sup> Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Pós-Graduanda em Fitotecnia/ESAL – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

nistério da Agricultura realizou pesquisas pioneiras em Londrina (norte do Paraná) e Ponta Grossa (sul do Paraná). Atualmente o Brasil conta com mais de meio milhão de hectares sob plantio direto, sendo o Paraná o estado que contempla a maior área, ou seja, cerca de 65% do total de plantio direto no país. Para algumas regiões do sul do Brasil, o plantio direto já é caracterizado como um processo de produção viável também em nível de pequena propriedade, graças à adaptação de tecnologias alternativas para o seu desenvolvimento nas referidas condições (Muzzilli, 1985).

**ECONOMICIDADE DOS SISTEMAS DE CULTIVO COM RELAÇÃO ÀS PERDAS DE SOLO**

A adoção de novas tecnologias e, em particular, as relacionadas à conservação de solos, é colocada pelo produtor como uma variável dependente da rentabilidade econômica da inovação, no longo prazo. No curto prazo, vários outros fatores contribuem para dificultar a adoção dessas tecnologias pelo produtor e a plena ação da rentabilidade, a saber: baixo nível de qualificação e conscientização do produtor; deficiência de informações; preferência pela renda atual; falta de análises econômicas associadas aos métodos de conservação; risco associado à nova tecnologia, dentre outros (Montoya, 1985). Ainda segundo vários economistas, num sistema de livre mercado, o empresário individual, só tomará a decisão de adotar e de investir em conservação, à medida que esta decisão for ao encontro dos objetivos de maximização de lucro. De outra forma, só poderá fazê-lo à medida que a sociedade subsidiar a redução de sua renda a favor da conservação.

Os efeitos da erosão acarretam prejuízos econômicos diretos ao produtor, como degradação física do solo, perda da fertilidade e da produção e rentabilidade negativa. Ainda, do ponto de vista econômico-social, os reflexos do processo da erosão têm uma amplitude e gravidade maiores, pois atingem toda a sociedade devido à redução da produção de alimentos; redução da economia do setor rural; aumento do êxodo rural, aumento da poluição ambiental, dentre outros. Neste contexto, o plantio direto alinha-se entre as principais práticas efetivas no controle

da erosão, pois reduz as perdas de solo e mantém a sua potencialidade produtiva.

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO RELACIONADAS AO PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL**

Todo solo apresenta características e/ou propriedades físicas definidas por fatores como rocha matriz, processo pedogenético, posição na paisagem, tipo de vegetação natural, etc. Porém, estes são fatores que definem as características físicas de um dado solo em seu estado natural. Dependendo das condições de uso e manejo, as características físicas do solo podem-se modificar, evoluindo para situações positivas ou negativas ao crescimento das plantas e produtividade.

O sistema de plantio direto apresenta algumas características que o diferenciam dos demais tipos de preparo do solo. Neste sistema, o revolvimento do solo reduz-se à abertura de sulco de semeadura, enquanto que no preparo convencional (uma aração a 20 cm + duas gradagens niveladoras) existe a movimentação total de uma camada de 20 cm, mais duas movimentações em uma camada de 8 cm. Considerando-se apenas as operações de preparo e semeadura, num espaçamento de 50 cm, pode-se estimar que em plantio direto 128 m<sup>3</sup> de solo seriam movimentados por hectare, enquanto que no preparo convencional 3.728 m<sup>3</sup> seriam revolvidos. As características físicas do solo são interdependentes. Normalmente, a ocorrência de modificações em uma delas leva a mudanças em todas as outras. Assim, uma mudança na estrutura do solo através do preparo acarreta mudanças na porosidade, tamanho de poros, retenção e armazenamento de água (Vieira, 1985).

**• Relação Massa/Volume**

Quando os solos são preparados para o plantio, inicia-se o processo de destruição da porosidade natural, o que leva à formação de camadas compactadas que variam de espessura de acordo com o sistema e/ou intensidade do preparo utilizado. Este adensamento é consequência da redução da macroporosidade na camada de 10 a 20 cm (Corrêa; Cruz, 1987). Comparando-se o sistema de plantio direto ao preparo convencional, verifica-se que há uma tendência de o solo sob plantio direto apresentar maiores valores de densidade global e microporosidade, com consequente redução dos volumes de poros totais e macroporos, até uma profundidade aproximada de 10-20 cm (Quadro 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Vieira et al. (1978), Vieira (1981), Fernandes et al. (1983), Vieira; Muzzilli (1984) e Centurion; Demattê (1985).

Essa tendência de aumento da densidade global, nos primeiros anos de plantio direto, segundo Fernandes et al. (1983), deve-se ao arranjo natural que o solo tende a apresentar, quando deixa de sofrer manipulação mecânica. Estes autores ressaltam ainda que, com o passar dos anos, é de se esperar que a densidade global decresça, devido ao aumento da matéria orgânica na camada superficial, que favorece um melhor desenvolvimento da estrutura do solo. Cabe salientar, entretanto, que, em áreas sob preparo convencional, há o aparecimento de camadas com alta densidade global na região de 15-25 cm de profundidade, sobretudo quando se utiliza grade pesada.

Em estudos realizados com diferentes operações de cultivo no Havaf, Baver et al. (1973) encontraram que quase todos

QUADRO 1 – Relações de Massa e Volume no Solo Sob os Tratamentos de Preparo e Rotação, a 10 cm de Profundidade, após Quatro Anos de Cultivo

Sistema de Preparo	Densidade Global g/cm <sup>3</sup>	Porosidade Total % Vol.	Macroporosidade % Vol.	Microporosidade % Vol.
Convencional	1,08	56,5	23,8	32,7
Direto	1,20	52,4	17,2	35,2

FONTE: Dados básicos: Vieira; Muzilli (1984).

os implementos agrícolas formavam algum tipo de camada compactada, principalmente em condições de umidade inadequada. O uso de máquinas sobre as áreas de plantio direto em solo com umidade inadequada, segundo Vieira (1985), pode estar sendo fator extremamente importante no agravamento do problema de aumento de densidade global em plantio direto. Kemper; Derpsch, (1981) e Centurion; Demattê (1985), avaliando os efeitos de sistema de preparo nas propriedades físicas do solo, observaram que, com exceção da semeadura direta, os demais sistemas de preparo (convencional) induziram à formação de camadas compactadas nas profundidades de 10 a 27 cm. Fernandes et al. (1983) e Centurion; Demattê (1985) citam que entre os sistemas estudados, o plantio direto foi o que apresentou uma distribuição mais uniforme de poros com relação à profundidade, o que reflete a estrutura natural do solo.

#### ● Infiltração de Água no Solo

A infiltração de água no solo é um parâmetro afetado por diversas variáveis, como textura, porosidade, condutividade hidráulica, estabilidade dos agregados, cobertura vegetal e cobertura morta. Algumas delas são intrínsecas ao perfil do solo, outras, como a cobertura morta, não o são. Portanto, a velocidade de infiltração de água em um dado solo depende do balanço dessas variáveis (Vieira, 1985).

No plantio direto a presença de cobertura morta sobre a superfície do solo diminui a velocidade de escoamento da água da chuva, permitindo maior tempo para a sua infiltração (Corrêa; Cruz, 1987). Por outro lado, Vieira; Muzilli (1984) e Corrêa (1985) constataram que no plantio direto a alta densidade global e a modificação da porosidade do solo induziram a formação de camadas compactadas, responsáveis pela menor taxa de infiltração. Machado, Brum (1978), Roth, Meyer (1983), Centurion; Demattê (1985) e Eltz et al. (1989) avaliaram a infiltração nos preparos estudados e observaram maiores taxas de infiltração no plantio direto e menores no convencional (Gráfico 1).

Vários autores procuraram isolar as variáveis que interferem no processo, já que para condições semelhantes haviam

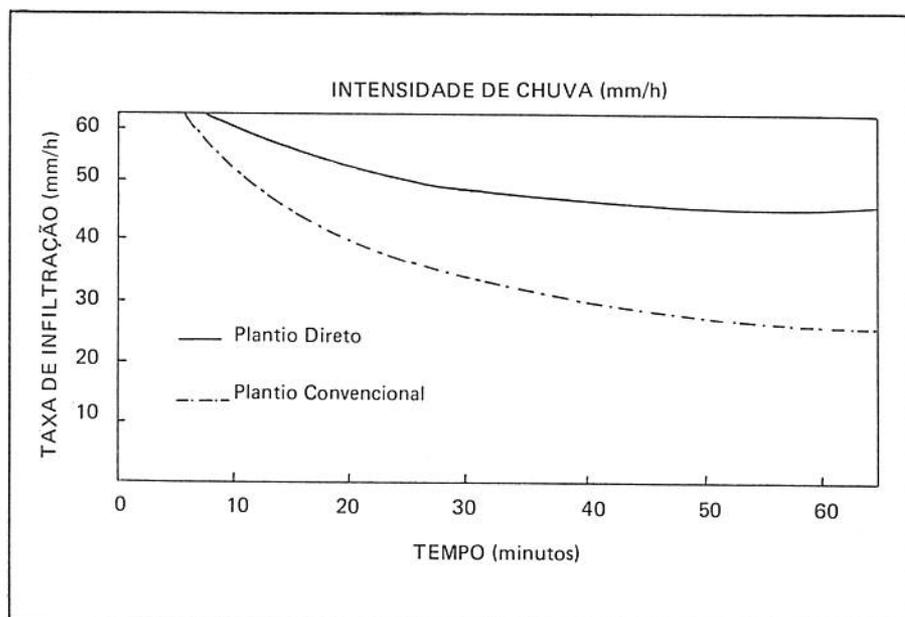


Gráfico 1 – Taxa de infiltração em um Latossolo Roxo distrófico durante o ciclo da soja, sob plantio direto e preparo convencional.

FONTE: Roth, Meyer (1983).

encontrado situações divergentes. Para isso, utilizaram dois métodos de avaliação: o método da infiltração através de chuva simulada e o método por inundação (Sidiras et al, 1984 e Vieira, 1985). Quando se avalia a infiltração através da inundação, as características intrínsecas do perfil governam o processo, e o plantio direto então apresenta taxas de infiltração menores que o sistema convencional, onde a camada arável apresenta altos volumes de macroporos e baixa densidade. Na avaliação através de chuva simulada, outras variáveis passam a atuar até com predominância no processo (Alves et al., 1991). No preparo convencional, o solo não possui a proteção da cobertura morta e o impacto das gotas de chuva contra a superfície causa a desagregação da estrutura superficial, obstruindo os poros superficiais, quando então forma-se uma fina camada de baixa permeabilidade. Dessa forma, a infiltração no preparo com revolvimento do solo é drasticamente reduzida e cai abaixo dos níveis medidos em plantio direto. Assim, segundo Vieira (1985), pode-se concluir que para se manterem níveis adequados de infiltração de água em plantio direto é necessária uma eficiente cobertura da superfície com restos culturais.

#### ESTABILIDADE DE AGREGADOS

Um parâmetro importante a ser con-

siderado no manejo de solos é a preservação da estabilidade dos agregados. A resistência do solo descoberto contra a energia cinética da chuva depende, exclusivamente, da qualidade e da quantidade dos macroagregados estáveis em água (IAPAR, 1984). As correlações negativas entre a estabilidade de agregados em água e macroporos ( $> 20 \mu$ ) foram estreitas no solo descoberto. Tal fato demonstra que quanto maior for a porcentagem de macroporos, isto é, quanto mais intenso for o preparo do solo, pior será a estabilidade de macroagregados em água, o que deixa o solo mais suscetível à erosão.

O solo sob plantio direto tende a apresentar menores porcentagens de agregados nas frações de diâmetro médio menor, isto é, o solo neste sistema mostrou maior resistência à desagregação durante a tamisagem em água (Ramos, 1977, Douglas; Goss, 1982, Vieira; Muzilli, 1984 e Eltz et al., 1989). O plantio direto apresenta maiores porcentagens de agregados de diâmetro médio mais elevado, em relação ao solo sob preparo convencional (Castro et al., 1987). Essa predominância de agregados grandes no solo sob plantio direto, conforme Sidiras et al. (1982) citados por Castro et al. (1987), deve-se à ausência de movimentação periódica do solo pelos implementos de preparo, como no sistema convencional, e também ao aumento da densidade do solo,

que o torna mais resistente à desagregação (Carpenedo; Mielniczuk, 1990). O acúmulo de cátions como  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  na superfície, também colabora para aumentar a estabilidade dos agregados (IAPAR, 1984). A cobertura morta evita o impacto direto das gotas de chuva porque protege a estrutura superficial do solo. A presença constante de material orgânico em decomposição na superfície do solo favorece a agregação do solo sobretudo na camada de 0-2 cm (Vieira, 1985). Como foi observado, no solo sob plantio direto predominam as classes de agregados com maior diâmetro, enquanto no preparo convencional as maiores frequências são observadas nas classes de menores diâmetro (Gráfico 2).

### MATÉRIA ORGÂNICA

O acúmulo de matéria orgânica próximo à superfície do solo no plantio direto traz inúmeras vantagens como foram observadas nos itens anteriores: aumento da estabilidade de agregados, infiltração de água no solo e proteção da superfície. Cannel; Finney (1973), na Inglaterra, Lal (1975), na Nigéria e Blevins et al. (1977) nos EUA, citados por Muzilli (1983), fazem referências ao fato de que o plantio direto, quando praticado por vários anos, resulta em maiores incrementos no teor de matéria orgânica na camada arável dos solos, do que o plantio convencional. Já Castro et al. (1987) não observaram diferenças significativas no teor de matéria orgânica entre os dois sistemas de preparo. O pouco tempo de plantio direto (três anos) deve ser a razão principal para não existirem diferenças significativas no teor de matéria orgânica nos solos estudados.

### CRESCIMENTO RADICULAR

Uma vez que o método de preparo do solo afeta a aeração, porosidade e densidade do solo, ele deve também afetar a morfologia e a distribuição de raízes. Allison (1973) e Harris et al. (1966), citados por Carpenedo, Mielniczuk (1990), concluíram que o sistema radicular protege os agregados da superfície contra a desagregação, fornece material orgânico por secreções radiculares ou renovação do sistema radicular, servindo de fonte de energia para a atividade microbiana, cujos subprodutos atuam como agentes de for-

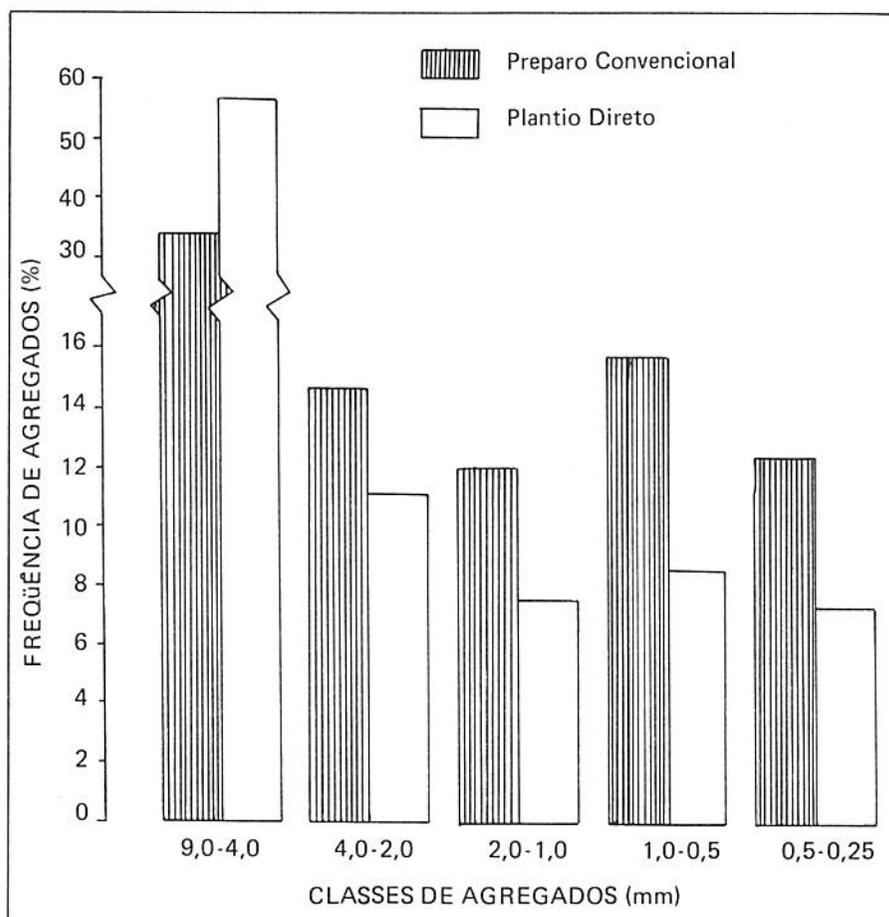


Gráfico 2 — Frequência de agregados (% peso) nas várias classes de tamanho (mm) sob preparo convencional e plantio direto na camada de 0 - 20 cm

FONTE: Vieira, Muzilli (1984).

mação e estabilização dos agregados. Em ensaios realizados na Fundação Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) (Vieira, 1985), o sistema radicular das culturas tem apresentado melhor distribuição no solo sob plantio direto do que sob preparo convencional, apesar dos maiores valores de densidade global e menores volumes de poros, sobretudo macroporos.

Porém Centurion; Demattê (1985) verificaram, principalmente na cultura da soja, que as plantas apresentam, via de regra, uma curvatura na raiz principal que normalmente coincide com o fundo do sulco de semeadura. Após a curvatura, a raiz principal divide-se em outras raízes primárias mais finas que então crescem em profundidade no perfil do solo. O IAPAR propôs o uso de um facão adaptado atrás do disco de corte de uma semeadeira de plantio direto (através do monitoramento que vem sendo realizado). Pode-se dizer que o uso de facões beneficiou o crescimento radicular (Vieira, 1985).

### SISTEMAS DE PREPARO E PERDAS DE SOLO

Pesquisas sobre o efeito de diferentes sistemas de preparo do solo sobre a erosão têm sido uma das atividades mais intensas da Divisão de Pesquisas em Conservação do Solo e da Água, do Serviço de Pesquisas Agrícolas do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Wischmeier, 1960). Os efeitos do plantio direto são notáveis na redução das perdas por erosão, o que pode ser explicado pela quase eliminação das operações de preparo e cultivo. Através dessa prática de plantio, ocorre menor quebra mecânica dos agregados e mantém-se a superfície do solo irregular em todo o ciclo vegetativo. A total eliminação do arado, ou de qualquer outro implemento semelhante, não é necessária nem mesmo aconselhável, porém, a pulverização indiscriminada do solo deve ser evitada. Logo após a aração, quando o solo está solto e desagregado e as plantas ainda não lhe ofereceram

nenhuma proteção, é que ocorrem as chuvas mais intensas, o que ocasiona as maiores perdas de solo pela erosão (Bertoni, Lombardi Neto, 1990).

No Brasil, um dos trabalhos pioneiros foi conduzido por Marques; Bertoni (1961). Os autores concluíram que, com duas arações com arado de aiveca, houve perdas de 14,6 t/ha de terra, e com uma aração apenas, com arado de subsuperfície, houve perda de 8,6 t/ha de terra. Esses resultados tornam evidente a necessidade de revolvimento reduzido da camada arável de forma a limitar a desagregação excessiva das partículas do solo. A mesma tendência foi observada por Lombardi Neto et al. (1980). Através de dados de pesquisa sobre perdas por erosão no Paraná, estima-se que em lavouras cultivadas com soja e trigo, em solos argilosos, as perdas anuais atingem 114,38 e 11 t/ha/ano, respectivamente, em sistemas convencional e de plantio direto, quando não é usado o terraceamento. Por outro lado, com o uso do terraceamento as perdas de solo são reduzidas pela metade (Mondardo, 1984).

Estudando as perdas de solo em cada época de desenvolvimento da cultura, Vieira et al. (1978) verificaram que, até o período de florescimento da soja, elas foram maiores no tratamento que envolveu aração e gradagem do que naquele com menor movimentação do solo. Nesses três primeiros períodos, o tratamento plantio direto controlou as perdas de solo na ordem de 75% em relação ao preparo convencional. Biscaia (1978), estudando perdas de solo, concluiu que o plantio direto provocou uma redução de perdas de 87% em relação ao preparo convencional, durante todo ano, com as culturas de trigo e soja. Dalden et al. (1983), trabalhando com plantio direto em cana-de-açúcar, ressalta a significativa melhora no controle da erosão e do açoreamento dos sulcos, quando se utilizou o plantio direto. Trabalho desenvolvido por Nunes Filho et al. (1986) com a cultura do milho sob diversos preparos constatou as menores perdas de solo com plantio direto, representando reduções de 94% nas perdas de solo em relação ao plantio convencional.

Nas regiões produtoras de cebola de Santa Catarina, onde predominam pequenas propriedades rurais situadas em relevo ondulado a forte ondulado, os cebolicultores adotam um sistema de preparo do

solo que se baseia na intensa mobilização da superfície, com excessiva utilização de implementos, como grade de discos e enxada rotativa. Estas operações têm por objetivo facilitar o transplante das mudas, porém, sob o prisma da conservação do solo, são extremamente nocivas. Além disso, a cebola, pelas suas características foliares, não efetua uma boa cobertura, ficando o solo exposto à ação direta dos agentes erosivos (Torres et al., 1986). Em face desse problema, foi conduzido um trabalho pelos mesmos autores em cambissolo, visando determinar alternativas de preparo que reduzam a erosão através da mínima mobilização do solo e manutenção da cobertura vegetal. Dentre os tratamentos estudados, o transplante de mudas com preparo mínimo apresentou maior conservação do solo, maior produtividade, redução do número de capinas e do custo do preparo do solo. Vários outros autores encontraram resultados semelhantes para várias unidades de solo e diversos tipos de cultura e rotação, como pode ser observado no Quadro 2.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em situações onde o cultivo do solo tende a desgastá-lo rapidamente, a adoção do plantio direto poderia diminuir as perdas de solo e água a níveis considerados toleráveis, caso também sejam adotadas práticas conservacionistas adequadas.

Entretanto, é importante salientar que o plantio direto não seria necessariamente apropriado para todas as regiões e para múltiplas situações. Em primeiro lugar, é fundamental que o agricultor tenha consciência da importância dos benefícios oriundos da adoção desta técnica, quais sejam, controle da erosão, aumento do armazenamento de água disponível para as plantas, redução da mão-de-obra e gastos com combustível. É necessário também que o agricultor tenha conhecimento das desvantagens advindas deste sistema de cultivo, tais como redução da produtividade nos primeiros anos, necessidade de aquisição de novos implementos ou adaptação dos já existentes e aumento dos gastos com herbicidas.

QUADRO 2 – Perdas de Solo em Plantio Direto e Convencional em Diversas Unidades de Solo e Tipos de Cultura

Solo	Cultura	Declividade	Perdas de Solo (kg/ha)		Fonte
			Convencional	Direto	
LRe	Soja	8%	7.425	2.099	IAPAR (1978)
LRe	Trigo	8%	4.668	3.260	IAPAR (1978)
LEa	Soja/trigo	7%	4.344	620	Biscaia (1978)
LEa	Trigo/soja	-	4.220	1.690	Wunsche et al. (1986)
PV	Soja	4%	1.991	89	IAPAR (1979)
PV	Trigo	4%	385	0	IAPAR (1979)
LRd	Trigo	4%	1.576	1.220	IAPAR (1979)
LRd	Soja/trigo	4%	2.296	1.867	IAPAR (1979)
PV	Aveia/tremoço-milho	9%	31.822	9.758	Eltz et al. (1984)
PV	Cevada/aveia-soja	9%	25.576	11.858	Eltz et al. (1984)
PV	Soja	9%	15.648	5.582	Eltz et al. (1984)
PV	Milho	9%	19.782	4.262	Eltz et al. (1984)
LEa	Soja	5,5	8.300	4.250	Dedecek et al. (1986)
PE	Milho	-	1.992	119	Nunes Filho et al. (1986)

NOTA: LRd – Latossolo Roxo distrófico; LRe – Latossolo Roxo eutrófico; LEa – Latossolo Vermelho-Escuro álico; PV – Podzólico Vermelho-Amarelo; PE – Podzólico Vermelho-Escuro.

Portanto, o agricultor que pretende adotar o plantio deverá ser sobretudo criativo e receptivo às novas idéias, para que possa se adaptar ao novo sistema e possa contornar os problemas que porventura surjam. Finalmente, o agricultor deverá ter ainda uma grande organização das atividades e um bom-senso empresarial, pois qualquer tecnologia, com o passar do tempo, impõe novos desafios, e a pesquisa e a extensão rural têm exatamente a função de enfrentá-los e encontrar as soluções.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M.C.; CABEDA, M.S.V.; JESUS FILHO, J.D. Infiltração de água em um podzólico vermelho escuro sob dois métodos de preparo, usando chuva simulada com duas intensidades. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 1991, Porto Alegre. **Resumos...** Campinas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p.117.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GADNER, W.R. *Física del suelos*. Mexico: Editorial Hispano Americano, 1973. 529p.
- BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: ICONE, 1990. 355p.
- BISCAIA, R.C.M. Perdas de solo em diferentes tipos de preparo para a sucessão trigo-soja, sob chuvas naturais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, 1978, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1978. p.237-246.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.1, p.99-105, jan./abr. 1990.
- CASTRO, O.M. de; CAMARGO, O.A. de; VIEIRA, S.R.; DECHEN, S.C.F.; CANTARELLA, H. Caracterização química e física de dois latossolos em plantio direto e convencional. *Boletim Científico do Instituto Agrônomo*, Campinas, n.11, p.1-23, 1987.
- CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, n.3, p.263-266, set./dez. 1985.
- CORRÊA, J.C. Características físicas de um latossolo amarelo muito argiloso (typic acrorthox) do estado do Amazonas, sob diferentes métodos de preparo do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.20, n.12, p.1381-1387, dez. 1985.
- CORRÊA, L.A., CRUZ, J.C. Plantio direto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.46-52, mar. 1987.
- DALBEN, A.E.; NELLI, E.J.; ALMEIDA, J.O.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Plantio direto de cana-de-açúcar em latossolos de textura média e arenosa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19, 1983, Curitiba. **Programa e Resumos...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.111.
- DEDECEK, R.A.; RESCK, D.V.S.; FREITAS JÚNIOR, E. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em latossolos vermelho-escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, n.3, p.265-272, set./dez. 1986.
- DERPSCH, R. Histórico, requisitos, importância e outras considerações sobre plantio direto no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Plantio direto no Brasil**. Campinas, 1984.
- DOUGLAS, J.T.; GOSS, M.J. Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and in grassland. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.2, p.155-175, 1982.
- ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; GUERRA, M.; ABRÃO, P.V.R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (podzólico vermelho-amarelo sob chuva natural). *Revista Brasileira de Solo*, Campinas, v.8, n.2, p.245-249, maio/ago. 1984.
- ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um latossolo bruno álico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.2, p.259-267, maio/ago. 1989.
- FERNANDES, B.; GALLOWAY, H.M.; BRONSON, R.D.; MANNERING, J.V. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade e na distribuição dos poros, em dois solos (typic argiaquoll e typic hapludalf). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, n.3, p.329-333, set./dez. 1983.
- IAPAR (Londrina, PR). **Relatório técnico anual 1977**. Londrina, 1978. p.221-231: Programa Manejo e Conservação de Solos.
- IAPAR (Londrina, PR). **Relatório técnico anual 1978**. Londrina, 1979. p.205-218. Programa Manejo e Conservação de Solos.
- IAPAR (Londrina, PR). **Relatório técnico anual 1982**. Londrina, 1984. p.173-194: Programa Manejo e Conservação de Solos.
- KEMPER, B.; DERPSCH, R. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.1, p.253-267, 1981.
- LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M. de; DECHEN, S.C.F.; SILVA, I.R.; BENATTI JÚNIOR, R. Sistemas de preparo do solo em relação à erosão e à produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3, 1980, Brasília. **Resumos...** Brasília: Ministério da Agricultura, 1980. p.26.
- MACHADO, J.A.; BRUM, A.C.R. Efeito dos sistemas de cultivo reduzido e convencional na capacidade de infiltração da água no solo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, 1978, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1978. p.331-339.
- MANTOVANI, E.C. Máquinas e implementos agrícolas. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.13, n.147, p.56-63, mar. 1987.
- MARQUES, J.Q.A., BERTONI, J. Sistemas de preparo do solo em relação a produção e a erosão. *Bragantia*, Campinas, v.20, n.9, p.403-459, abr. 1961.
- MONDARDO, A. Manejo e conservação do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Plantio direto no Brasil**. Campinas, 1984. p.53-78.
- MONTOYA, L.J. Aspectos de adoção e da economicidade do manejo do solo em plantio direto. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Atualização em plantio direto**. Campinas, 1985. cap.19, p.325-343.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, n.1, p.95-102, jan./abr. 1983.
- MUZILLI, O. O plantio direto no Brasil. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). **Atualização em plantio direto**. Campinas, 1985. cap.1, p.3-16.
- NUNES FILHO, J.; SOUZA, A.R. de; MAFRA, R.C.; JACQUES, F.O. Efeito do preparo do solo sobre as perdas por erosão e produção de milho num podzólico vermelho eutrófico de Serra Talhada, PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 6; ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 6, 1986, Campo Grande. **Resumos...** Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.81.
- RAMOS, M. A pesquisa sobre os sistemas de preparo mínimo no Paraná. In: REUNIÃO SOBRE PESQUISA EM PLANTIO DIRETO, 1, 1977, Londrina. [Anais...]. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1977. p.316.
- ROTH, C.H., MEYER, B. Infiltrabilidade de um latossolo roxo distrófico durante o período vegetativo da soja sob preparo convencional, escarificação e plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊN-

CIA DO SOLO, 19, 1983, Curitiba. Programa e Resumos... Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983, p.11

SIDIRAS, N., VIEIRA, S.R.; ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um latossolo roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Cam-

pinas, v.8, n.3, p.265-268, set./dez. 1984.

TORRES, L.; AMADO, T.J.C., GUIMARÃES, D.R. Sistemas de preparo do solo para a cultura da cebola em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 6; ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE

CONSERVAÇÃO DO SOLO, 6, 1986, Campo Grande. Resumos... Campinas: Fundação Cargill, 1986, p.9

VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FUNDAÇÃO CARGILL (Campinas, SP). Atualização em plantio direto. Campinas, 1985, cap.8, p.163-179.

# ESPAÇAMENTO DE TERRAÇOS EM FUNÇÃO DOS FATORES QUE AFETAM AS PERDAS POR EROSIÃO

*Geraldo César de Oliveira<sup>1</sup>*

*Joel Carlos Pereira<sup>1</sup>*

*Maria da Glória B. de F. Mesquita<sup>1</sup>*

## INTRODUÇÃO

O terraceamento é uma das práticas mais conhecidas e eficientes no controle da erosão hídrica. Quando bem planejado, executado e mantido, sua eficiência, segundo dados de pesquisas dos Estados Unidos, chega a 87% para as perdas de solo e 12% para as perdas de água (Bertoni, 1959).

Esta prática de conservação já tem sido utilizada há vários séculos em diversas partes do mundo com relativo sucesso.

No entanto, o terraceamento por si só não resolve os problemas de erosão, necessitando que seja utilizado conjuntamente com outras práticas de controle, isto porque os terraços não controlam a erosão causada pelo impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo exposto. Portanto, há necessidade de outras práticas, tais como as vegetativas e edáficas, nas faixas de terra entre terraços, para

protegê-las contra o impacto das gotas de chuva, dificultar o escoamento superficial, facilitar sua infiltração no corpo do solo e finalmente abastecer o lençol freático.

Apesar de o terraceamento ser uma prática bem conhecida pelo agricultor, o Brasil continua perdendo anualmente milhões de toneladas de terra. Uma série de prováveis causas para as perdas observadas pode ser enumerada:

– O terraço tem sido utilizado como uma prática conservacionista isolada, o que diminui sua eficiência no controle da erosão.

– Para dimensionamento de espaçamentos de terraços, as tabelas em uso são empíricas ou adaptadas de outros países e elaboradas com um número pequeno de informações, que não levam em consideração as classes de solos identificadas em levantamentos pedológicos mais recentes.

– Para maiores facilidades de locação e de implantação, a maioria dos terraços tem sido locada em nível, indiscriminadamente, com a finalidade de reter a água e eliminá-la toda, unicamente por

infiltração, sem considerar o tipo de solo.

A maior causa de perdas de solos, no entanto, se deve ao uso de sistema de terraceamento subdimensionado ou de qualquer outra prática de controle da erosão, sem se atentar para a aptidão agrícola das terras, a propriedade e a microclima como um todo.

No que se refere à segunda provável causa para as perdas de solos observadas no país, uma série de considerações será feita visando melhor esclarecer o assunto.

## FATORES QUE AFETAM AS PERDAS POR EROSIÃO

Para se determinarem espaçamentos entre terraços, primeiramente é necessário que se conheçam os fatores que afetam as perdas por erosão.

Segundo Marques (1950), Bertoni (1959), Almeida (1981) e Bertoni; Lombardi Neto (1990), a erosão hídrica surge ocasionada pelos seguintes fatores:

- Chuva
- Topografia: declive e comprimento de rampa

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agríc., Pós-Graduando em Solos e Nutrição de Plantas/ESAL – Caixa Postal 37 – CEP 37200-000 Lavras, MG.

- c) Capacidade do solo em absorver água
- d) Resistência do solo à ação erosiva da água
- e) Densidade da cobertura vegetal

#### a) Chuva

As características da chuva que mais interessam o estudo em foco são: intensidade, frequência e duração.

. **Intensidade:** é o fator pluviométrico mais importante da chuva. Quanto maior a intensidade, maiores as perdas por erosão. Dados obtidos por Suarez de Castro (1980) revelam que para uma mesma chuva total de 21 mm, uma intensidade de 7,9 mm produziu uma perda de terra 120 vezes maior que uma de 1 mm de intensidade.

. **Duração:** este fator complementa o fator intensidade. É a combinação dos dois que determina a chuva total. A importância da duração se deve ao fato de que cada solo apresenta uma capacidade de infiltração e retenção de água. Ultrapassada esta capacidade, a água não mais se infiltrará ou pelo menos o fará de forma muito lenta, o que faz com que a enxurrada se instale, causando erosão.

. **Frequência:** sendo a frequência ou o intervalo entre as chuvas pequeno, o solo se encontrará com um teor de umidade alto, o que provoca enxurradas mais volumosas, mesmo com chuvas de menor intensidade. Por outro lado, o maior intervalo entre chuvas pode ser limitante para algumas coberturas vegetais. Este fato traz como consequência a menor proteção do solo, o que o deixa mais suscetível à erosão.

#### b) Topografia

. **Declive:** o grau de declive do terreno influencia diretamente a quantidade de perdas por erosão, pois dele dependem o volume e velocidade das enxurradas. Quanto maior o declive, maior a velocidade de escoamento e, por conseguinte, menor o tempo para a infiltração da água no solo, do que resulta um maior volume de enxurrada (Bertoni, 1959).

. **Comprimento de rampa:** é um dos mais importantes fatores de perdas de solo por erosão. À medida que o caminho percorrido vai aumentando, as águas vão-

se avolumando, como também a velocidade de escoamento. Isto traz como consequência a maior quantidade de terra perdida por erosão, apesar de as perdas de água diminuírem com o comprimento da rampa, pelo fato de a enxurrada ter que percorrer um caminho mais longo e, portanto, com maior oportunidade de se infiltrar (Bertoni, 1959 e Bertoni; Lombardi Neto, 1990). Baseado neste princípio, os terraços são construídos, visando principalmente diminuir o comprimento de rampa.

#### c) Capacidade do Solo em Absorver Água

Embora o impacto da gota de chuva sobre o solo seja o mais importante fator no que se refere à erosão hídrica, é a água que não se infiltra que faz, normalmente, o papel de transporte das partículas para fora do sistema, caracterizando a erosão (Resende, 1985).

Existe uma tendência de se generalizar que solos mais argilosos apresentam menor permeabilidade. Resende (1985) apresenta os Latossolos como exemplos de solos que, mesmo sendo muito argilosos, podem ser muito permeáveis quando apresentam a estrutura granular muito bem expressa.

Outras propriedades dos solos que têm influência no controle da erosão podem ser listadas: conteúdo de matéria orgânica, profundidade e características do subsolo. A quantidade de matéria orgânica no solo é de grande importância no controle da erosão. Nos solos argilosos, modifica sua estrutura, melhorando as condições de arejamento e de retenção de água, o que é explicado pelas expansões e contrações alternadas que redundam de seu umedecimento e secamento sucessivos. Nos solos arenosos, a aglutinação das partículas, firmando a estrutura e diminuindo o tamanho dos poros, aumenta a capacidade de retenção de água. A matéria orgânica retém de duas a três vezes o peso em água, aumentando assim a infiltração, do que resulta uma diminuição nas perdas por erosão. A profundidade do solo e as boas características do subsolo contribuem para a maior capacidade de armazenamento da água (Bertoni; Lombardi Neto, 1990).

Do que foi exposto, conclui-se que é fundamental que se mantenham as boas

características físicas de um solo, com a finalidade de se obter melhor infiltração da água e, como consequência, menor erosão.

#### d) Resistência do Solo à Ação Erosiva da Água

As condições químicas e físicas de um solo podem oferecer maior ou menor resistência à ação das águas, tipificando o comportamento de cada solo exposto às condições semelhantes de topografia, chuva e cobertura vegetal (Bertoni; Lombardi Neto, 1990), Quadro 1.

Segundo Almeida (1981), as propriedades físicas são as que apresentam maior importância quanto à erodibilidade de um solo. Generalizando, um solo de textura média (15 a 35% de argila) é mais propenso a erodir do que um solo de textura argilosa (acima de 35% de argila).

Os solos que possuem maior força de coesão entre as partículas são mais resistentes à dispersão e, consequentemente, à erosão (Almeida, 1981).

#### e) Densidade de Cobertura Vegetal

As terras completamente cobertas por vegetação estão em condições ideais para resistir à erosão e absorver as águas das chuvas. A vegetação natural dos solos tropicais mantém um balanço hidrológico no qual o deflúvio é mínimo (Baruqui, 1981).

### EQUAÇÃO PARA ESPAÇAMENTO DE TERRAÇOS UTILIZADA NOS EUA

A preocupação dos americanos em desenvolver uma equação válida para todo o país vem de longa data. Já em 1917, Ranser, segundo Hudson (1977), realizava os primeiros estudos sobre espaçamento de terraços. Atualmente a equação utilizada neste país é a seguinte, segundo Troeh et al. (1980):

$$VI = XS + Y, \text{ onde}$$

VI – Espaçamento vertical entre terraços;  
X – Fator precipitação,  
S – Declive em porcentagem;  
Y – Fator solo e manejo.

Pesquisas foram desenvolvidas com o objetivo de se obterem os valores de X e Y. A Figura 1 mostra o mapa dos EUA dividido em regiões hidrológicas. Os va-

QUADRO 1 – Efeito do Tipo de Cobertura Vegetal Sobre as Perdas por Erosão		
Tipos de Cobertura	Perdas de Terra <sup>(1)</sup> (t/ha)	Perdas de Água <sup>(1)</sup> (% de Chuva)
Mata	0,004	0,7
Pastagem	0,4	0,7
Cafezal	0,9	1,1
Batata-doce	6,6	4,2
Milho + feijão	10,1	4,6
Milho	12,0	5,2
Soja	20,1	6,9
Algodão	24,8	9,7
Arroz	25,1	11,2
Mandioca	33,9	11,4
Feijão	38,1	11,2
Mamona	41,5	12,0

FONTE: Bertoni et al. (1986).  
Médias ponderadas para três tipos de solos do estado de São Paulo.

Analisando o significado do fator X e os vários valores assumidos por ele (Quadro 2), nota-se que a tabela proposta por Bentley procura englobar no único fator X vários fatores que afetam as perdas por erosão sem se basear, no entanto, em pesquisas válidas para todo o país, caracterizando-se assim como uma fórmula empírica. O sucesso do uso desta tabela vai depender da experiência do profissional que com ela trabalhar.

No que diz respeito às pesquisas realizadas no Brasil envolvendo perdas de solos com vistas à proposição de uma equação para espaçamento de terraços, é preciso salientar o trabalho exemplar do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), que há várias décadas vem trabalhando com este propósito. Coube ao eminente pesquisador daquele instituto, João Quintiliano Marques, a proposição

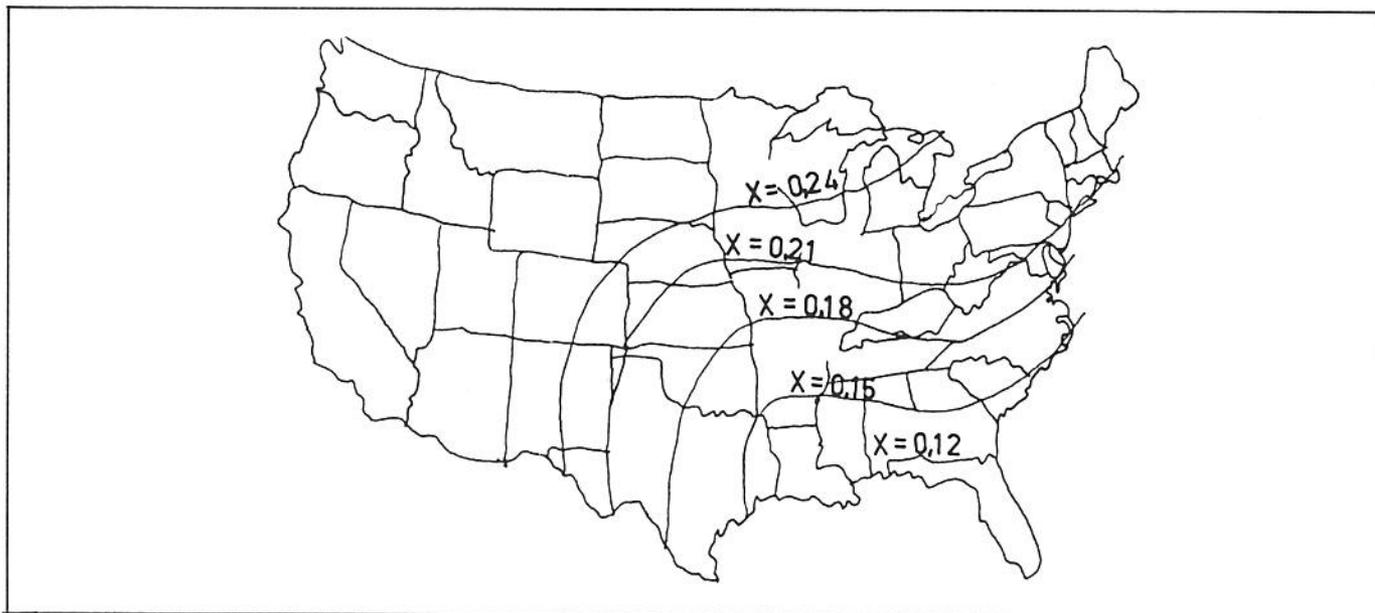


Figura 1 – Valores de X Variações Para as Diversas Regiões dos EUA.

FONTE: Troeh et al. (1980).

NOTA: X – Fator precipitação.

lores de X são daí retirados.

Os valores de Y são variáveis em função da erodibilidade do solo, dos métodos de cultivo e de práticas de manejo e baseiam-se em pesquisas desenvolvidas nas mais variadas condições.

**TABELA DE  
ESPAÇAMENTO DE TERRAÇOS  
EM USO NO BRASIL**

Segundo Embrapa (1980), a tabela de

espaçamento de terraços mais utilizada no Brasil é a de Bentley, cujo espaçamento vertical é dado pela seguinte equação:

$$EV = (2 + D/X) \cdot 0,305, \text{ onde}$$

EV – espaçamento vertical em metros;

D – declive do terreno em %;

X – fator que depende do tipo de solo e sua resistência à erosão, do tipo de cultura e das condições das chuvas da região.

da primeira tabela brasileira de espaçamento de terraços. Para a confecção desta tabela, o pesquisador se baseou em outras desenvolvidas nos EUA, mas, para dar a ela embasamento, desenvolveu pesquisas de perdas por erosão em diferentes tipos de solos do estado de São Paulo (Marques, 1950).

Dando seqüência ao trabalho pioneiro de Marques (1950) e utilizando-se dos dados de determinações de perdas de

QUADRO 2 – Valores de X em Função do Tipo de Cultura e Resistência do Solo à Erosão				
Cultura Perene Terrapço		Cultura Anual Terrapço		Valores de X
Com Gradiente	Sem Gradiente	Com Gradiente	Sem Gradiente	
Alta	–	–	–	1,5
Média	–	–	–	2,0
Baixa	Alta	–	–	2,5
–	Média	–	–	3,0
–	Baixa	Alta	–	3,5
–	–	Média	–	4,0
–	–	Baixa	Alta	4,5
–	–	–	Média	5,0
–	–	–	Baixa	5,5

FONTE: Bahia (1975).

obterem os espaçamentos vertical e horizontal dos terrapços.

Analisando a equação proposta por Lombardi Neto et al. (1989), nota-se um avanço notável no que se refere à proposição de uma equação para espaçamento de terrapços. É fato que a equação apresentada pelos autores tem caráter de validade apenas para o estado de São Paulo, pelo fato de as pesquisas de perdas de solos terem sido realizadas apenas nos solos e com as condições de precipitação daquele Estado. No entanto, é um exemplo que precisa ser seguido por todos os outros estados do país.

**EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DA EQUAÇÃO PARA ESPAÇAMENTO DE TERRAÇOS PROPOSTA POR LOMBARDI NETO et al. (1989)**

Deseja-se terracear um Podzólico Vermelho Amarelo com declividade de 12% e cujas características principais são:

- profundidade efetiva do solo = 1,5 m;
- permeabilidade rápida na superfície e moderada na subsuperfície;
- textura média na superfície e argilosa na subsuperfície razão textural = 1,57.

solos por erosão obtidos nos principais tipos de solos do estado de São Paulo conhecidos na época, Bertoni (1959) propôs uma outra equação para espaçamento de terrapços:

$$EV = 0,4518 \cdot K \cdot D^{0,58}, \text{ onde}$$

EV – espaçamento vertical em metros;

K – índice que reflete a capacidade do solo em absorver água e resistência dele à ação erosiva da água;

D – declividade do terreno em %.

Como os conhecimentos sobre os solos do estado de São Paulo eram incipientes na época e pelo fato de a equação proposta por Bertoni (1959) não levar em consideração os fatores cobertura vegetal e preparo do solo, Lombardi Neto et al. (1989) propuseram uma modificação nesta equação:

$$EV = 0,4518 \cdot K \cdot D^{0,58} \cdot (U + M)/2, \text{ onde}$$

U – índice que reflete a cobertura oferecida por diversas culturas que estão agrupadas no Quadro 3,

M – índice que leva em consideração o preparo do solo e manejo de restos culturais (Quadro 4).

No Quadro 5 estão agrupados os principais solos do estado de São Paulo

segundo levantamento recente, com suas principais características e resistência à erosão, refletidas pelo índice K.

Para maior facilidade de uso da equação proposta por Lombardi Neto et al. (1989), foi montada uma tabela em função somente dos fatores solo e declividade do terreno (Quadro 6). Os valores ali encontrados devem ser multiplicados pelos resultados de  $(U + M)/2$  para se

QUADRO 3 – Grupo de Culturas e seus Respectivos Índices		
Grupo	Culturas	Índice “U”
1	Feijão, mandioca e mamona	0,50
2	Amendoim, algodão, arroz, alho, cebola, girassol e fumo	0,75
3	Soja, batatinha, melancia, abóbora, melão e leguminosas para adubação verde	1,00
4	Milho, sorgo, cana-de-açúcar, trigo, aveia, centeio, cevada, outras culturas de inverno e frutíferas de ciclo curto como abacaxi	1,25
5	Banana, café, citros e frutíferas permanentes	1,50
6	Pastagens e/ou capineiras	1,75
7	Reflorestamento, cacau e seringueira	2,00

FONTE: Lombardi Neto et al. (1989).

QUADRO 4 – Grupos de Preparo do Solo e Manejo de Restos Culturais com seus Respectivos Índices				
Grupo	Manejo do Solo			Índice “m”
	Preparo Primário	Preparo Secundário	Restos Culturais	
1	Grade aradora (ou pesada) ou enxada rotativa	Grade niveladora	Incorporados ou queimados	0,50
2	Arado de disco ou aiveca	Grade niveladora	Incorporados ou queimados	0,75
3	Grade leve	Grade niveladora	Parcialmente incorporados com ou sem rotação de culturas	1,00
4	Arado escarificador	Grade niveladora	Parcialmente incorporados com ou sem rotação de culturas	1,50
5	–	Plantio sem revolvimento do solo, roçadeira, rolo-faca, herbicidas (plantio direto)	Sobre a superfície do terreno	2,00

FONTE: Lombardi Neto et al. (1989).

Pelas características descritas, este solo se enquadra no grupo C (Quadro 6).

No verão, ele será cultivado com feijão; o preparo do solo será feito com arado de disco seguido de gradagem, e os restos culturais serão queimados. No inverno será cultivado com trigo; o preparo do solo será feito com grade pesada incorporando os restos da cultura do feijão.

O Quadro 3 apresenta os valores de índice de uso para as culturas:

$$\text{Feijão} = 0,50; \quad \text{Trigo} = 1,25$$

O valor do índice de uso

$$(0,50 + 1,25/2) = 0,875 = U$$

O Quadro 4 apresenta os valores de preparo e manejo de restos culturais:

– arado de disco + grade niveladora + restos queimados = 0,75

– grade aradora + restos incorporados = 0,50

$$m = 0,75 + 0,50/2 = 0,625$$

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

$$u + m/2 = 0,875 + 0,625/2 = 0,75$$

O Quadro 6 para solo do grupo C com declive de 12% apresenta o valor EV = 1,72 m e EH = 14,30 m. Como o valor de uso e manejo é 0,75, então teremos:

$$EV = 1,72 \times 0,75 = 1,29 \text{ m}$$

espaçamento vertical do terraço

$$EH = 14,30 \times 0,75 = 10,73$$

espaçamento horizontal do terraço

### O BRASIL FRENTE AO PROBLEMA DA EROSÃO

Segundo Marques (1985), a consciência conservacionista nos EUA aflorou em 1911 a partir de um mapeamento dos solos no município de Fairfield, na Carolina do Sul, onde se constatou que cerca de 39.000 ha de terras, antes cultivadas, haviam sido totalmente degradadas. A

partir daí, os americanos criaram suas leis e estratégias para preservar os seus solos. Um movimento conservacionista na década de 30 mobilizou a população, o que forçou o governo federal a investir grandes somas de dinheiro em pesquisas. Os resultados hoje se fazem sentir pelas grandes produtividades alcançadas por aquele país, com as mais diversas culturas.

O reflexo do movimento conservacionista americano chegou ao Brasil ainda na década de 30, despertando a consciência tanto de técnicos como de agricultores. Segundo Marques (1985), em 1949 uma mesa redonda cujo tema foi a necessidade de se implantar um programa de conservação dos solos, foi organizada pela Sociedade Rural Brasileira. A partir dessa reunião, foi iniciada uma campanha nacional de conservação dos recursos naturais renováveis. No entanto, apesar da preocupação dos técnicos, que desenvolveram inclusive inúmeros trabalhos científicos sobre o tema, o governo federal pouco fez.

### CONSIDERAÇÕES

Atualmente muito se fala em preservação do meio ambiente. É fato que existe muito de fantasia e exagero nisto tudo. Mas, no que tange ao problema de perdas de solos, esta é uma questão grave e este é o momento para lançar uma campanha nacional de conscientização para a necessidade de se conservarem os solos. É necessário que técnicos da área de manejo e conservação dos solos do Brasil inteiro se inteirem de suas responsabilidades frente ao problema. Como nos dias atuais os olhos do mundo inteiro se voltam para o Brasil, supõe-se que não deverão faltar recursos financeiros para as pesquisas em conservação.

Considerando-se que o terraceamento constitui-se em uma prática eficaz quando bem utilizada no controle da erosão, e que o Brasil possui um território vasto, todavia sem uma equação para espaçamento de terraços válida para todo o território nacional, necessário se faz que sejam realizadas pesquisas nas mais diferentes condições de solos, regime pluviométrico e cobertura vegetal. Seguindo o exemplo dado pelo IAC, as empresas de pesquisas agropecuárias dos estados deveriam trabalhar em conjunto com as universidades, para encontrarem a solução.

QUADRO 5 – Agrupamentos de Solos segundo suas Qualidades, Características e Resistência à Erosão

Grupo	Grupo de Resistência à Erosão	Principais Características				Exemplos <sup>(3)</sup>	Índice “K”
		Profundidade <sup>(1)</sup>	Permeabilidade <sup>(1)</sup>	Textura <sup>(1)</sup>	Textura <sup>(2)</sup>		
A	Alto	Muito profundo (> 2,0m) ou profundo (1,0 a 2,0m)	Rápida/rápida Moderada/rápida	Média/média M. arg./m. arg. Argilosa/argilosa	< 1,2	LR, LE, LV LRv, LVt, LH, LEa e LVa	1,25
B	Moderado	Profundo (1,0 a 2,0)	Rápida/rápida Rápida/moderada Moderada/moderada	Arenosa/arenosa Arenosa/média Arenosa/argilosa Média/Argilosa Argilosa/m. arg.	1,2 a 1,5	LJ, LVP, PV, PVL, PLn, TE PVLs, R, RPV RLV, LEa <sup>(5)</sup> e LVa	1,10
C	Baixo	Profundo (1,0 a 2,0m) Moderadamente profundo (0,5 a 1,0m)	Lenta/rápida Lenta/rápida Rápida/moderada	Arenosa/média <sup>(4)</sup> Média/argilosa <sup>(4)</sup> Arenosa/argilosa Arenosa/m. arg.	> 1,5	PmL, PVp, PVLs, PC e M	0,90
D	Muito baixo	Moderadamente profundo (0,5 a 1,0m) ou raso (0,25 a 0,50m)	Rápida/moderada ou lenta sobre lenta	Muito variável	Muito variável Variável	Li-b, Li-ag, gr. Li-fi, Li-ac e PVp (rasos)	0,75

FONTE: Lombardi Neto et al. (1989).

(1) Segundo Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso (LEPSCH et al. 1983). (2) Média da porcentagem de argila do horizonte B (excluído B<sub>3</sub> sobre a média da porcentagem de argila de todo horizonte A. (3) Abreviações segundo BRASIL (1960). (4) Somente com mudança textural abrupta entre os horizontes A e B. (5) Somente aqueles com horizonte A arenoso.

QUADRO 6 – Espaçamento entre Terraços, para Valores de  $(u + m)/2$  Igual a 1,00

Declive %	Terraços em Nível				Terraços em Desnível			
	SOLO							
	A <sup>(1)</sup>		B <sup>(1)</sup>		C <sup>(1)</sup>		D <sup>(1)</sup>	
	EH	EV	EH	EV	EH	EV	EH	EV
01	56,60	0,56	49,70	0,50	40,70	0,41	33,90	0,34
02	42,20	0,84	37,20	0,74	30,40	0,61	25,30	0,51
03	35,60	1,07	31,30	0,94	25,60	0,77	21,40	0,64
04	31,60	1,26	27,80	1,11	22,70	0,91	18,90	0,76
05	28,70	1,44	25,30	1,26	20,70	1,03	17,20	0,86
06	26,60	1,60	23,40	1,40	19,20	1,15	16,00	0,96
07	24,90	1,75	22,00	1,54	18,00	1,26	15,00	1,05
08	23,60	1,89	20,80	1,66	17,00	1,36	14,20	1,13
09	22,40	2,02	19,80	1,78	16,20	1,45	13,50	1,21
10	21,50	2,15	18,90	1,89	15,50	1,55	12,90	1,29
11	20,60	2,27	18,20	2,00	14,90	1,63	12,40	1,36
12	19,90	2,39	17,50	2,10	14,30	1,72	11,90	1,43
13	19,20	2,50	16,90	2,20	-	-	-	-
14	18,60	2,61	16,40	2,30	-	-	-	-
15	18,10	2,72	-	-	-	-	-	-
16	17,60	2,82	-	-	-	-	-	-

FONTE: Lombardi Neto et al. (1989).

Nota: EV – espaçamento vertical em metros; EH – espaçamento horizontal em metros.

(1) Agrupamento de solos (Quadro 5).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, J.R. de. Erosão dos solos e suas conseqüências. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.7, n.80, p.17-18, 20-22, 24-26, ago. 1981.
- BAHIA, V.G. *Conservação do solo*. Lavras: ESAL, 1975. 108p.
- BARUQUI, A.M. *Conservação do solo. Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.7, n.80, p.26-28, 30-36, 38-39, ago. 1981.
- BERTONI, J. O espaçamento dos terraços em culturas anuais, determinado em função das perdas por erosão. *Bragantia*, Campinas, v.18, n.10, p.113-140, out. 1959.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: ICONE, 1990. 355p.
- BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. *Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agronômico*. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. 56p. (IAC. Circular, 20).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisa Agronômica. Comissão de Solos. *Levantamento e reconhecimento de solos do estado de São Paulo*. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1960. 643p. (SNPA. Boletim, 12).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Práticas de conservação de solos*. Rio de Janeiro, 1980. 88p. (SNLCS. Série Miscelânea, 3).
- HUDSON, N. *Soil conservation*. Ithaca: Cornell University Press, 1977. 320p.
- LEPSCH, I.F. (Coord.). *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175p.
- LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JUNIOR, R., GALETI, P.A.; BERTOLINI, D.; LEPSCH, I.F.; OLIVEIRA, J.B. *Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços*. In: SIMPÓSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA, 1988, Campinas. [Anais...]. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.99-124.
- MARQUES, J.Q. de A. *Conservação do solo em cafezal*. São Paulo: Indústria Gráfica Siqueira, 1950. 232p.
- MARQUES, J.Q. de A. As experiências de um conservacionista no Brasil. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.77-79, ago. 1985. Entrevista.
- RESENDE, M. Aplicações de conhecimento pedológicos à conservação de solos. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.3-18, ago. 1985.
- SUAREZ DE CASTRO, F. *Conservacion del suelos*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1980. 315p.
- TROEH, F.R.; HOBBS, J.A.; DONAHUE, R.L. *Soil and water conservation for productivity and environmental protection*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1980. 718p.

# COBERTURA VEGETAL X EROSAO

Maria da Glória B. de F. Mesquita<sup>1</sup>  
Geraldo César de Oliveira<sup>1</sup>  
Joel Carlos Pereira<sup>1</sup>

## INTRODUÇÃO

Os solos, responsáveis pela produção agrícola e cultivados continuamente, têm suas produtividades diminuídas cada vez mais. Essa diminuição tem sido atribuída principalmente à erosão e ao manejo inadequado.

A erosão do solo pode ser entendida como um processo constituído por três fases: desagregação, transporte e deposição das partículas do solo, de matéria orgânica, dos nutrientes e dos restos vegetais, pela ação dos fatores água, vento e a associação de ambos, formando as ondas.

A degradação do solo sobrevém quando, por exemplo, se interfere na sua cobertura natural, eliminando-a simplesmente ou substituindo-a por outra cultura mal conduzida. No primeiro caso, o solo fica exposto à erosão acelerada, sendo o efeito dos agentes erosivos mais ou menos intenso, conforme a resistência do solo à erosão. No segundo caso, a degradação do solo pode ser causada seja pela erosão acelerada, seja pela deterioração de suas propriedades por uso e manejo indevidos (EMBRAPA, 1980).

O solo desprovido da cobertura vegetal e da ação fixadora das raízes, exposto ao impacto direto da chuva ou do vento, sofre desagregação e remoção de suas partículas. Este efeito é complementado pelo escoamento superficial das águas, ou pela abrasão das partículas transportadas pelo vento (EMBRAPA, 1980).

A superfície descoberta do solo, aquecida excessivamente pelo sol, perde umidade de forma rápida, o que desfavorece as condições de conservação da matéria orgânica (importante para aumentar a resistência do solo à erosão), e prejudica o desenvolvimento das culturas

(EMBRAPA, 1980). Logo, ocorre erosão por ausência ou deficiência de cobertura vegetal e de raízes fixadoras.

A cobertura vegetal é a defesa natural de um solo contra a erosão.

## EFEITOS DA VEGETAÇÃO

O efeito da vegetação pode ser assim caracterizado:

- proteção direta contra o impacto das gotas de chuva;
- dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo;
- decomposição das raízes das plantas que, ao formar canaliculos no solo, aumentam a infiltração da água;
- melhoria da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, o que aumenta sua capacidade de retenção de água;
- diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície (Bertoni; Lombardi Neto, 1990).

Quando a gota de chuva cai em um terreno coberto com densa vegetação, ela se divide em inúmeras gotículas, diminuindo, também, sua força de impacto. Em terreno descoberto, ela faz desprender e salpicar as partículas de solo, que são facilmente transportadas pela água (Bertoni; Lombardi Neto, 1990).

Assim, reduzindo-se a ação do embate, diminui-se, conseqüentemente, a força erosiva da água, pois as culturas que realizam a cobertura do terreno apresentam a vantagem de contribuir para o aumento da percentagem de líquido que se infiltra no solo. Com isso reduz-se a enxurrada, mantem-se mais umidade no solo e conservam-se ali os adubos e corretivos aplicados. Estes fatores concorrem para a maior produtividade do campo (Corrêa, 1959).

Dentre as vantagens da cobertura vegetal, pode-se citar, além da redução da erosão e da enxurrada do solo, a diminui-

ção da lixiviação dos elementos nutritivos prontamente assimiláveis, principalmente o N; o aquecimento excessivo do solo pelos raios solares diretos, propiciando assim condições de temperatura e umidade favoráveis à atividade biológica; o enriquecimento do solo em matéria orgânica; e a inibição do desenvolvimento de ervas daninhas.

## ESPÉCIES UTILIZADAS

Os tipos de coberturas vegetais variam bastante no grau de proteção ao solo. A erosão será maior se menor for a densidade de cobertura, maior forem o cultivo do solo e a exposição da área. As plantas protegem o solo de várias maneiras (Galeti, 1973), conforme o exposto a seguir.

- As copadas, parte aérea, acima do solo, evitam o impacto direto das gotas de chuva, sombreiam o solo, protegem-no contra o vento.

- A serrapilheira ou manto vegetal são os restos caídos das plantas sobre o solo. Tal vegetação funciona como um tapete que amortece a queda das gotas d'água; dificulta o movimento da água sobre o solo, pois diminui a velocidade dela, força sua infiltração e reduz o arraste de terra.

- As raízes retêm o solo e tornam-no poroso; abrem canais no chão, isto é, ao apodrecerem deixam canais em seu lugar.

A cobertura vegetal deve ser constituída por espécies que apresentem as seguintes características:

- vegetem bem nas condições locais de clima e solo;
- tenham sistema radicular eficiente na fixação do solo;
- tenham sistema foliar suficientemente denso e porte baixo;
- não sejam competitivas com as culturas em exploração;

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agríc., Pós-Graduando em Solos e Nutrição de Plantas/ESAL - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

## Conservação de Solo

– sejam, de preferência, aproveitáveis como adubo verde;

– e, se necessário, sejam resistentes ao pisoteio.

As espécies eficientes na função de cobertura viva para conservação do solo (EMBRAPA, 1980) são as seguintes:

– Para cobertura do solo: margaridinha, grama-portuguesa, capim-gengibre, kudzu-comum, capim-tanganica, capim-de-boi, capim-gordura, capim-colombiano, capim-de-planta, capim-araguai, capim-guiné, capim-elefante var. napier, capim-sempre-verde, capim-elefante var. A x B, capim-elefante var. merker, capim-imperial.

– Para formação de faixas de vegetação permanente: margaridinha, capim-tanganica e capim-vetiver.

– Para revestimento de canais escoadores: margaridinha, grama-batatais de folha larga, grama-americana de folha estreita, grama-seda, capim-angolinha.

– Para revestimento de taludes, cortes e aterros: margaridinha, grama-portuguesa, capim-gengibre, kudzu-comum, capim-gordura, capim-jaraguá, capim-sempre-verde, capim-vetiver.

Outras espécies poderiam ser utilizadas, dependendo das condições locais (Bertoni; Lombardi Neto, 1990 e Corrêa, 1959).

As gramíneas reúnem todas as características protetoras do solo, sendo consideradas como as espécies mais úteis à conservação dele. A parte aérea forma um tapete que cobre completamente a camada superficial, e o sistema radicular fasciculado prende as partículas de solo de tal maneira que a perda de solo por erosão é quase nula. Além disso, elas aumentam a reserva de matéria orgânica e concorrem para a melhoria nas propriedades físicas.

As leguminosas demonstram ser boas plantas recobridoras e de fácil propagação, o que as torna de aplicação mais ampla que as gramíneas no recobrimento de taludes. De modo geral, as leguminosas respondem mais favoravelmente à aplicação de fertilizantes e corretivos e ao plantio por mudas diretamente na cova, dando assim um estabelecimento vegetativo inicial mais rápido e denso que as

gramíneas.

Durante o verão, é comum a área disponível para culturas anuais encontrar-se cultivada. No inverno, uma grande parte da área de cultivo destina-se a pousio, o que a torna sujeita à erosão, à lixiviação de nutrientes solúveis e à proliferação de ervas daninhas. Assim, faz-se necessária a utilização de espécies de plantas como cobertura verde para proteger o solo e evitar os efeitos negativos do pousio invernal. Derpsch et al. (1985) ressaltam a importância da manutenção da cobertura do solo durante todo o ano.

Nos terrenos em que se exploram culturas com capinas continuadas, devem-se prever rotações periódicas, com a introdução de plantas que realizem a cobertura do solo.

Em solos onde são realizadas práticas de culturas em faixa, devem-se prever parcelas de retenção com vegetação densamente plantada, em maiores extensões.

Os barrancos de rios, cortes de estradas devem ser sempre bem cobertos.

Em culturas permanentes, podem-se semear plantas para executar a cobertura do solo entre a cultura, principalmente quando estas apresentam a copa muito desenvolvida. Essa vegetação, que pode ainda ser usada como adubo verde, deve ser enterrada ou ceifada antes do período seco do ano, a fim de não fazer concorrência com a cultura no consumo de água.

A cobertura vegetal de uma floresta natural proporciona ao solo uma proteção eficaz. À medida que esta condição natural é quebrada, os solos tornam-se expostos a fatores intempéricos, iniciando-se assim o processo erosivo. Portanto, um dos princípios básicos, para controle da erosão e conservação do solo em áreas florestadas, é manter em forma permanente a cobertura vegetal.

## EQUAÇÃO DE PERDAS DE SOLO

Na equação universal de perdas de solo apresentada por Wischmeier; Smith (1978), o fator C (uso e manejo do solo) é uma das variáveis que influenciam a erosão. O fator C é definido como a relação obtida entre as perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e cultivado. Dessa forma, a combinação de

diferentes coberturas vegetais, a seqüência das culturas e as práticas de manejo oferecem diferentes tipos de proteção ao solo. Entretanto, essa proteção não depende só do tipo, estande e desenvolvimento da vegetação, mas varia grandemente nos diferentes meses ou estações do ano.

O fator C mede o efeito combinado de todas as relações das variáveis de cobertura e manejo. Por outro lado, a proteção oferecida pela mesma cobertura vegetal durante seu ciclo vegetativo é gradual.

Com base nisso, dividiu-se o ano agrícola em períodos ou estádios da cultura, definidos de tal modo que os efeitos de cobertura e manejo possam ser considerados aproximadamente uniformes dentro de cada período. Tais períodos estão descritos a seguir:

– período D: preparo do solo: do preparo ao plantio

– período 1: plantio: do plantio a um mês após o plantio

– período 2: estabelecimento: do fim do período 1 até dois meses após o plantio.

– período 3: crescimento e maturação: de dois meses após o plantio até a colheita.

– período 4: resíduo: da colheita até o preparo do solo.

As intensidades de perdas de solo são computadas para cada um desses estádios e para cada cultura, sob várias condições. Os dados do Quadro 1, obtidos da análise de parcelas experimentais de perdas de solo e enxurrada, efetuados pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), permitiram avaliar os efeitos de sistemas de uso e manejo nas perdas de solo para cada estádio da cultura. Nesse quadro, focaliza-se a relação entre as perdas de solo de áreas cultivadas e as perdas em áreas continuamente descobertas.

Os efeitos das variáveis uso e manejo não podem ser avaliados independentemente, em face das diversas interações que ocorrem entre eles.

O fator C, embora seja o mais susceptível de alterações por parte do agricultor, é o mais complexo.

A amplitude dos valores de C (Quadro 2), que varia de 1,000 (solo desnudo) a 0,001 (floresta densa ou cultura, mantendo a superfície do solo com cobertura

QUADRO 1 – Razão de Perdas de Solo entre Área Cultivada e Área Continuamente Descoberta						
Cobertura, Seqüência e Manejo	Produtividade	Razão de Perdas de Solo				
		Milho, contínuo, palha queimada	Média	37	30	21
Milho, contínuo, palha enterrada	Média	23	19	17	4	2
Milho, contínuo, palha superficial	Média	–	5	2	1	1
Milho, rotação, após pasto	Média	10	11	8	4	1
Milho, rotação, plantio direto após pasto	Média	–	8	5	3	1
Pasto (1º ano), rotação	Média	–	–	40	–	–
Pasto (2º ano), rotação	Média	–	–	40	–	–
Algodão, contínuo, convencional	Média	40	60	40	50	20
Algodão, rotação, após soja	Média	20	20	30	15	13
Cana-de-açúcar (1º ano), convencional	Média	–	–	15	–	–
Cana-de-açúcar (2º ano)	Média	–	–	0,15	–	–

FONTE: Bertoni; Lombardi Neto (1990).

QUADRO 2 – Cobertura Vegetal e Fator C para as Condições da África Ocidental	
Cobertura Vegetal	Valor Anual de C
Solo desnudo	1,000
Floresta densa ou cultura com cobertura morta espessa	0,001
Savana e pastagem em bom estado, sem pastejo	0,010
Savana e pastagens queimadas e/ou superpastejadas	0,100
Culturas de cobertura, de plantio tardio ou com desenvolvimento lento: 1º ano	0,30 – 0,80
2º ano	0,100
Culturas de cobertura com plantio precoce e desenvolvimento rápido desde o 1º ano	0,01 – 0,10
Milho, sorgo, mileto (em função da produtividade)	0,40 – 0,90
Arroz (cultura intensiva)	0,10 – 0,20
Algodão, fumo (2º ciclo)	0,500

FONTE: Roose (1977), citado por Resende; Almeida (1985).

morta densa), é muito maior que a de outros fatores. Esse fator mostra que as técnicas biológicas de controle à erosão são bastante eficientes e podem ser até mais eficazes que as mecânicas, como já foi comentado em Resende; Almeida (1985).

### EROSÃO EÓLICA

A vegetação também tem parte im-

portante na erosão eólica, por reduzir a velocidade do vento na superfície do solo e absorver a maior parte da força exercida por ele. Ao aprisionar as partículas de solo, a vegetação previne a formação de nuvens de areia e impede que tais partículas sejam carregadas pelo vento. Desse modo a vegetação é mais eficiente, e, se os restos culturais estão bem fixados no

solo, torna-se ainda benéfica na redução da erosão eólica ou em campos sujeitos a ventos fortes (Bertoni; Lombardi Neto, 1990).

### CONSERVAÇÃO DA ÁGUA

A cobertura do solo atua sobre a conservação da água de duas formas principais:

- protege a superfície contra a formação de crostas, aumentando a taxa de infiltração, e

- reduz a taxa de evaporação pela reflexão da energia radiante.

Como exemplo, cita-se a presença de palha de trigo na superfície do solo que, dependendo da insolação e da umidade do solo, reduziu a temperatura máxima diária a 5 cm de profundidade, em média, entre 0,6 e 1,13° C/t. Além disso, permitiu maiores teores de umidade (Gráfico 1).

Em estudos sobre a influência da cobertura vegetal na capacidade de infiltração dos solos, as altas infiltrabilidades foram decorrentes da ação granulante do sistema radicular da vegetação, da proteção da sua parte aérea contra o impacto da chuva e do efeito cimentante e estabilizador das substâncias orgânicas secretadas pelas raízes, principalmente, daquelas sintetizadas pelos microorganismos do solo no processo de decomposição da matéria orgânica, além de levar a uma diminuição da amplitude das variações térmicas e hídricas na superfície do solo e induzir o desenvolvimento de propriedades estruturais do solo que afetam sua habilidade para transmitir fluido.

Constata-se, assim, que a cobertura vegetal propicia condições mais favoráveis às atividades biológicas, sendo considerada como um dos principais fatores que influenciam a formação do solo (Fialho, 1985).

### PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS

As práticas conservacionistas constituem-se de um conjunto de técnicas para preservar e melhorar a capacidade produtiva das terras. Seu propósito é o controle da erosão hídrica (mais comum em nosso meio) e a elevação do potencial produtivo do solo. Podem ser divididas em vegetativas, edáficas e mecânicas, ou seja, utilizam da vegetação, do manejo e de movimentação da terra e/ou obras de enge-

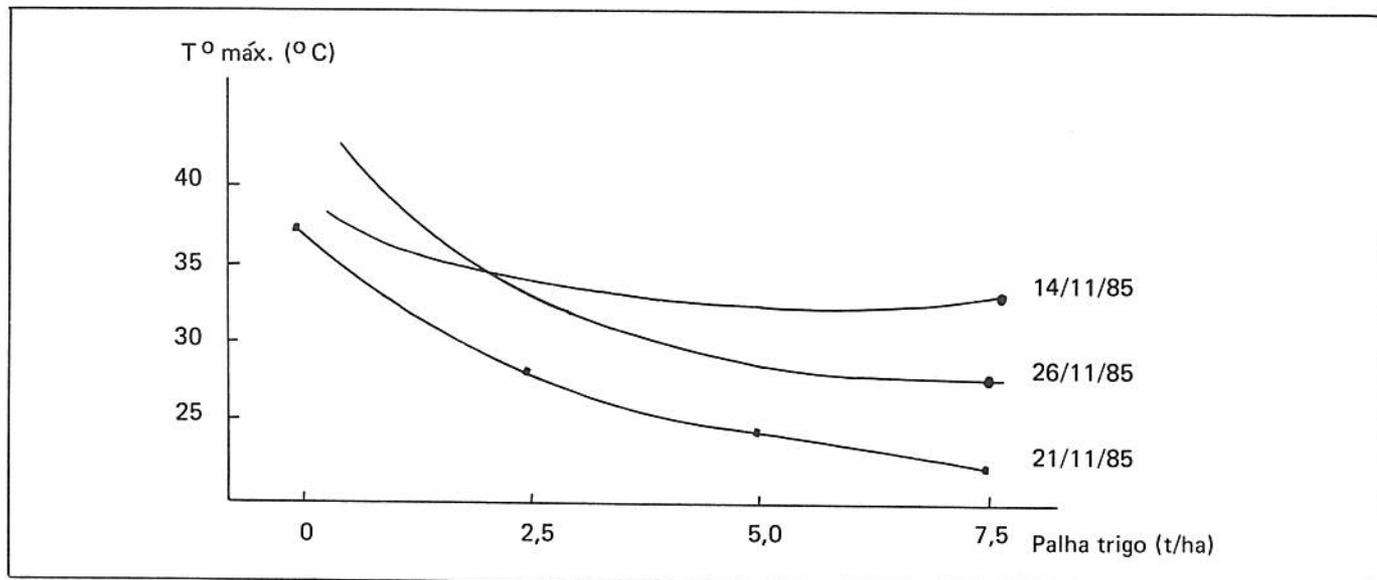


Gráfico 1 – Relação entre Temperatura Máxima do Solo a 5 cm de Profundidade e Doses de Palha de Trigo em 14, 21, 26/11/1985.

FONTE: Bragagnolo; Mielniczuk (1990).

nharia, respectivamente.

As práticas vegetativas visam proteger o solo contra a erosão, com o uso da vegetação. O princípio básico é o da densidade de cobertura oferecida ao solo e sua utilização racional. Dentre as práticas, podem-se destacar as que se seguem:

– **Florestamento e/ou Reflorestamento:** é aplicável às terras de baixa capacidade de produção e que são, ao mesmo tempo, muito susceptíveis à erosão. Para solos muito inclinados, muito pobres ou muito erodidos, esta é a maneira mais econômica e segura de utilização da técnica. Seu objetivo é formar florestas em topos de morros para protegê-los, para impedir que a enxurrada se avolume e permitir o uso para culturas nas encostas dos morros; bem como proporcionar uma regularização das fontes de água pela maior infiltração. Devem-se usar espécies arbóreas que produzam frutos comestíveis (ingazeiro, amoreira para alimentação de peixes e outros animais).

– **Pastagem:** oferece menor densidade de cobertura que as florestas. As raízes facilitam a penetração de água e, depois de mortas, propiciam matéria orgânica a profundidades. A pastagem deve ser limpa e sempre que possível estar associada a uma leguminosa. O ressemeio se torna indispensável, principalmente nas áreas que ficarem descobertas. Para isso,

é necessário cercar estas manchas na área e implantar a pastagem novamente. Além disso, deve-se adubar e corrigir a acidez do solo de acordo com a necessidade (análises periódicas do solo); fazer a rotação de pastagens e rodízio de pastos, para evitar o sub e o superpastoreio. São indicadas como prática conservacionista em terras onde as culturas não proporcionam produções compensadoras, ou onde é grande o perigo de erosão.

– **Plantas de Cobertura:** destinam-se a manter o solo coberto durante o período chuvoso, a fim de reduzir os efeitos da erosão e melhorar as condições físicas e químicas do terreno (da colheita ao próximo plantio).

As culturas anuais, intercaladas nos ciclos da cultura, visam substituí-la assim que ela for retirada do terreno. Recomendam-se, como substitutas, a mucuna, a crotalária e o feijão-guandu.

No caso de culturas perenes, para suplementar o efeito de cobertura já proporcionado pelas plantas cultivadas, recomendam-se calopogônio, crotalária spp, kudzu-comum, kudzu-tropical.

Deve-se atentar sempre para a concorrência, entre as culturas, principalmente por água.

– **Culturas em Faixa:** seu uso oferece certa complexidade. Consiste na disposição das culturas em faixas de largura

variável, de tal forma que a cada ano se alternem plantas que oferecem pouca proteção ao solo com outras de crescimento denso. Para isso, pode-se combinar tal prática com a de plantio em contorno, com a rotação de culturas, com plantas de cobertura e, em muitos casos, com terraços. É eficiente em termos de resultados mas deve obedecer a critérios previamente estabelecidos e bem planejados (Fig. 1).

Em terrenos com declividade entre 6-8%, recomendam-se faixas de retenção, faixas de rotação, faixas conjugadas. As culturas em faixa protegem o solo tanto da erosão hídrica quanto da eólica. Os princípios básicos são diferença de densidade das culturas empregadas, parcelamento do declive, disposição em contorno (em nível). Quando o terreno tiver pequenas depressões, recomenda-se aterrá-las, e quando tiver morrotes, tirá-los. Para tanto, deve-se colocar na superfície do terreno o mesmo solo superficial da área em uso. Dessa forma evitam-se ruas mortas e consegue-se o paralelismo entre ruas e terraços.

– **Cordões de Vegetação Permanente:** são fileiras de plantas perenes e de crescimento denso, dispostas com determinado espaçamento horizontal e em contorno, com 2 a 3 m de largura. Sua prática consiste em formar barreiras vivas para controle da erosão; quebrar a veloci-

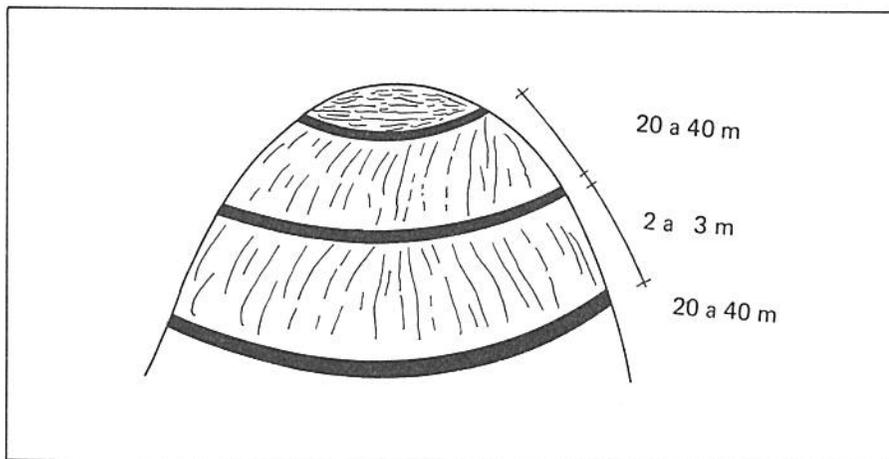


Figura 1 — Culturas em Faixa

dade da enxurrada, provocar a deposição de sedimentos transportados, facilitar a infiltração, possibilitar a formação gradual de terraços. É uma prática simples e de fácil execução.

As espécies utilizadas para a formação dos cordões devem ter crescimento rápido, durabilidade alta e caráter não invasor. Recomendam-se as culturas anuais como cana-de-açúcar, erva-cidreira, capim-gordura e capim-vetiver; as culturas perenes como capim-chorão, leucenas e erva-cidreira.

— **Alternância de Capinas:** é uma prática que não requer despesas e é eficiente. A terra perdida pelas ruas limpas de mato será retida pelas ruas com mato que ficam imediatamente abaixo. Deve-se atentar para a concorrência com as culturas. Seu emprego é recomendado para culturas anuais.

— **Ceifa do Mato:** é recomendada para culturas perenes, do tipo pomar, café, cacau. Sua prática consiste em cortes das ervas daninhas a uma pequena altura da superfície do solo, deixando intactos os sistemas radiculares do mato e das plantas perenes e ainda em uma pequena vegetação protetora de cobertura, constituída de tocos. A ceifa deve ser convenientemente repetida a fim de não prejudicar a cultura pela concorrência. Assim seu número ou frequência deve ser bem maior do que no caso das capinas.

— **Seleção do Mato:** em áreas com altas declividades, corta-se apenas o mato que está para atingir a floração e a reprodução.

— **Cobertura Morta:** é qualquer camada de restos vegetais disposta sobre o solo de modo a formar um revestimento na superfície dele.

Essa cobertura protege o solo contra a ação direta da chuva, do escoamento superficial e do vento, dificultando-lhe a desagregação e o transporte pela água e pelo vento. Com ela evita-se o aquecimento excessivo do solo pelos raios solares diretos, propiciando, assim, condições de temperatura e umidade favoráveis à atividade biológica, além de contribuir para incorporar matéria orgânica e nutrientes no solo e inibir o desenvolvimento de ervas daninhas.

A cobertura morta pode ser constituída por palha de capim, restos de culturas (de preferência leguminosas), cascas de cereais. Sua aplicação é usualmente de 4 a 6 t/ha. Porém, encontra limitações de uso em terrenos muito declivosos. A disposição da cobertura morta deve ser alternada com aceiros para evitar problemas com o fogo.

— **Faixas de Bordadura:** consistem em faixas estreitas formadas com plantas de porte baixo e vegetação cerrada, para conter, sem provocar danos, os excessos de enxurrada que possam escorrer.

— **Quebra-ventos:** são espécies dispostas no sentido perpendicular à direção predominante dos ventos. Seu benefício advém de quanto mais alto desviar o vento, maior será a proteção da área após as plantas.

## CONCLUSÕES

Os tipos de cobertura e manejo do

solo utilizados são de grande importância no processo erosivo, tendo em vista a grande influência que o homem exerce sobre eles.

As práticas conservacionistas têm atuação diferente sobre cada uma das fases do processo erosivo. No entanto, a cobertura da superfície do solo é a única prática capaz de atuar positivamente em todas as fases do processo erosivo.

Ainda que não existam recomendações que possam ser eficientemente aplicadas a todos os solos sob as mais diversas condições, um consenso geral é que se deve procurar manter o solo coberto, principalmente nos meses de chuvas de alto potencial erosivo e/ou no ciclo da cultura, quando esta oferece uma menor proteção ao solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: ICONE, 1990. 355p.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.3, p.369-373, set./dez. 1990.
- CORRÊA, A.A.M. *Métodos de combate à erosão do solo*. Rio de Janeiro: SIA, 1959. 152p. (SIA. Série Didática, 17).
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.20, n.7, p.761-773, jul. 1985.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Práticas de conservação de solos*. Rio de Janeiro, 1980. 85p. (EMBRAPA-SNLCS. Série Miscelânea, 3).
- FIALHO, J. de F. *Efeitos da cobertura vegetal sobre características físicas e químicas e atividade da microbiota de um latossolo vermelho-amarelo distrófico, na região de Viçosa*. Viçosa: UFV, 1985. 55p. Tese Mestrado.
- GALETI, P.A. *Conservação do solo: reflorestamento, clima*. 2.ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 286p.
- RESENDE, M.; ALMEIDA, J.R. de. Modelos de predição de perda do solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.38-54, ago. 1985.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington: USDA, 1978. 58p. (USDA. Agricultural Handbook, 537).

# QUEIMADAS E EROSÃO DO SOLO

Djail Santos<sup>1</sup>

Victor Gonçalves Bahia<sup>2</sup>

Wenceslau Geraldes Teixeira<sup>3</sup>

## INTRODUÇÃO

As queimadas são uma forma de manejo tão antiga como a própria agricultura, sendo bastante comuns em muitas regiões tropicais e subtropicais. A necessidade da renovação das pastagens para seus rebanhos e da limpeza do terreno, a fim de facilitar o plantio, levou o homem primitivo à descoberta da técnica da queima. Este passou, então, a utilizá-la nos campos e florestas para controlar certos tipos de vegetação, possibilitando assim o cultivo do solo.

O termo fogo, de modo geral, é aplicado ao fenômeno físico resultante da rápida combinação do oxigênio com uma substância comburente qualquer, com produção de calor, luz e, geralmente, chama. A combustão é o inverso da fotossíntese e consiste em um processo de decomposição que libera, sob a forma de calor, a energia armazenada (Soares, 1982).

Fotossíntese:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Energia Solar} \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + \text{O}_2$

Combustão:  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + \text{O}_2 + \text{Temperatura de Ignição} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{calor}$

A reação de combustão indica que três elementos são indispensáveis ao processo, formando o triângulo do fogo. Inicialmente, é necessária uma fonte de calor suficiente para elevar a temperatura do material combustível à temperatura de ignição e, assim, iniciar o processo de combustão. Como a combustão consiste em uma reação de oxidação, o oxigênio é necessário para sua continuidade. O terceiro componente é o material combustível, sem o qual não pode haver combustão.

A principal característica das quei-

madras é a redução ou eliminação da cobertura vegetal do solo, o que favorece o escoamento superficial da água das chuvas, agravando o processo erosivo. Com a insuficiente cobertura do solo, a camada superficial sem proteção pode sofrer uma forte compactação pelas gotas de chuva. Esta camada compactada, por sua vez, reduz a infiltração de água e dificulta a emergência e o estabelecimento das plantas. A cobertura vegetal apresenta também um efeito benéfico na melhoria da estrutura do solo, aumentando a sua capacidade de retenção de água, pelo efeito da adição de matéria orgânica.

Entre as diversas razões apresentada como justificativa do uso das queimadas, destaca-se a renovação e limpeza de pastagens, a fim de aumentar a produção de forragem e melhorar sua palatabilidade. Esta prática geralmente é realizada no início do período chuvoso, o que proporciona um aumento da capacidade de pastejo e controla o rebrote de espécies indesejáveis.

Em áreas de florestas, a limpeza total do terreno é feita como uma forma de evitar ou retardar o crescimento da vegetação secundária, permitindo o cultivo da área. O método tradicional de derrubada manual e queima da vegetação é, segundo Seubert et al. (1977), mais eficiente que a abertura mecânica com tratores de esteira, porque produz um aumento na fertilidade do solo, devido aos nutrientes contidos nas cinzas, e evita a compactação e remoção do solo causadas pelas máquinas. A dificuldade e o custo de incorporação da serrapilheira e detritos da floresta, através de aração e gradeação, têm sido apontados como justificativa para o uso das queimadas nessas áreas.

A utilização indiscriminada e generalizada das queimadas em áreas de cerrado e de florestas tem causado preocupações mundiais, devido aos impactos sobre a composição da atmosfera e à destruição de um patrimônio de recursos naturais,

em grande parte desconhecido.

A redução da camada de ozônio na estratosfera (conhecida como buraco na camada de ozônio) faz com que maiores quantidades de raios ultravioleta atinjam a superfície da Terra, podendo produzir efeitos cancerígenos (câncer de pele) e mutagênicos.

O aumento da concentração de gases na atmosfera pode causar problemas na Terra. Os gases que ficam em suspensão na atmosfera absorvem a energia térmica dos raios infravermelhos refletidos pela superfície terrestre (efeito estufa), podendo causar o aquecimento global do planeta, o que ocasiona grandes impactos ecológicos.

O aumento da concentração destes gases na atmosfera é devido, principalmente, ao uso e produção de energia a partir de combustíveis fósseis. Os Estados Unidos são o país que mais contribui para o efeito estufa (21%), seguido da União Soviética (atual CEI) e Comunidade Econômica Européia (CEE), ambos com 14%. O Brasil contribui com 4% da emissão de gases estufas, dos quais uma significativa parcela é devida ao desmatamento através de queimadas. Com uma área desmatada de 50.000 km<sup>2</sup>, o Brasil contribuiu, no ano de 1989, com 36% do desmatamento mundial (Academic. . . , 1990).

As queimadas são um poderoso agente de transformação da floresta. O clima úmido, com índices elevados de precipitação, cria condições altamente desfavoráveis aos incêndios. Esta paisagem natural, no entanto, está sendo modificada pela ação do homem. No lugar da mata original têm-se áreas extensas, com trechos de floresta explorados com a extração de madeira, pastagens e terras abandonadas. Com essas mudanças, provocadas pelo uso da terra, a região amazônica está-se tornando cada vez mais suscetível ao fogo (Uhl et al., 1990). Este, utilizado nas áreas abertas, devido às novas condições de clima, propaga-se mais

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.S. - CFT/UFPA - Campus IV - CEP 58220-000 Bananeiras, PB.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S. - Prof. Titular/DCS/ESAL - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.S. - Merck S.A. - CEP 63950-000 Barra do Corda, MA.

facilmente para áreas ainda ocupadas pela floresta.

Em área de reflorestamento, as queimadas são utilizadas para eliminação parcial de detritos depositados, servindo para evitar incêndios maiores. Esta modalidade de uso do fogo, denominada "queima para limpeza", foi responsável, durante o período de 1983 a 1987, por 33,6% das ocorrências de queimadas nas áreas de florestas plantadas no Brasil, estimadas em 6.000.000 ha (Soares, 1992).

O uso das queimadas em áreas agrícolas visa eliminar os restos culturais para facilitar o trabalho nas operações de preparo do solo (evitar embuchamento nos implementos), facilitar a colheita e controlar pragas e doenças.

No estado do Paraná, a queima da palhada do trigo visando viabilizar o preparo do solo para plantios subsequentes é proibida por lei. Já a queima de canaviais, é uma prática usual do manejo da cultura da cana-de-açúcar, para facilitar a operação de colheita. O uso do fogo nesta cultura deve-se mais à exigência da mão-de-obra usada no corte e ao rendimento do trabalho que, em canaviais queimados, aumenta em cerca de 70%. Na cultura do algodão, o fogo é utilizado obrigatoriamente em vários estados do Brasil, como prática de controle cultural de pragas para eliminação da soqueira no final do ciclo da cultura.

### ACÇÃO DAS QUEIMADAS NAS PROPRIEDADES DO SOLO

A acção do fogo provoca uma série de modificações de natureza física, química e biológica no solo. Algumas dessas modificações serão analisadas.

A primeira reacção ao se referir ao uso do fogo como método de manejo de solo, é a condenação dele devido a sua possível acção na degradação e esterilização do solo. Entretanto, segundo Lombardi Neto; Bertoni (1974), as queimas não são prejudiciais em todos os casos e, em muitas circunstâncias, produzem efeitos benéficos, como o controle de pragas e ervas daninhas. Há situações, no entanto, em que a utilização do fogo deve ser evitada ou ao menos reduzida, tais como no caso de solos excessivamente arenosos, em sistemas de agricultura em que se utiliza a cobertura morta, em solos muito pobres e com pequena quantidade

de massa para ser queimada e em regiões com déficit hídrico acentuado (Demattê, 1988).

### TEMPERATURA DO AR E DO SOLO

Um dos efeitos das queimadas é a imediata elevação da temperatura local. A intensidade desse efeito depende, em grande parte, tanto da quantidade de massa vegetal combustível que recobre o solo, quanto do tipo de massa vegetal. A variabilidade da temperatura do solo durante a queima depende da sua intensidade e duração.

Em queimada de campo sujo, realizada no Distrito Federal, a temperatura do ar, no ponto máximo das chamas, atingiu valores da ordem de 800°C. Quanto às medições feitas no solo, bem próximo à superfície, foi encontrado um valor máximo de 280°C (Coutinho, 1990). Em uma savana da Venezuela, Vareschi (1962), citado por Coutinho (1980), encontrou valores de temperatura no topo das chamas variando de 600 a 800°C ou mais, dependendo da presença ou não de arbustos e árvores. Em relação à superfície do solo, os valores mantiveram-se entre 70 e 90°C. Valores semelhantes (70 a 100°C) foram obtidos por Walter (1971), citado por Coutinho (1980).

No caso dos cerrados brasileiros, determinações de temperatura do solo a diferentes profundidades da superfície (0, 1, 2 e 5 cm), durante queimadas experimentais, mostraram que o valor mais elevado foi de 74°C, à superfície. Às profundidades de 1, 2 e 5 cm, o aquecimento foi bem menor (Coutinho, 1978).

Em experimento com queima de palhada de milho em Campinas (SP), Lombardi Neto; Bertoni (1974) observaram que:

- a temperatura à superfície do solo atingiu valores ao redor de 125°C, no momento da queima, para uma quantidade de material de cerca de 1,5 kg/m<sup>2</sup>, sendo que, após cessar a queima, o abaixamento da temperatura foi rápido;

- a temperatura a 2 cm de profundidade atingiu 60°C poucos instantes após o início da queima, sendo que o seu abaixamento foi mais gradual do que para a temperatura na superfície do solo;

- a temperatura a 5 e 10 cm de

profundidade não foi alterada pela queima.

Os principais efeitos da elevação da temperatura do solo estão relacionados a alterações biológicas e químicas. A queima produz uma esterilização parcial do solo, seguida de um aumento rápido da população de microrganismos que, por sua vez, atinge um novo nível de equilíbrio. Isto se deve a um conjunto de fatores, dentre os quais citam-se:

- aumento da disponibilidade de nutrientes;
- alteração do pH;
- aumento da fonte de carbono;
- aumento da temperatura e da água disponível, em virtude da ausência de cobertura, o que propicia melhores condições de multiplicação.

O aumento da temperatura do solo a valores elevados pode provocar a oxidação da matéria orgânica. Em solos da Colômbia, foi verificada uma redução no teor de matéria orgânica, em 55% e 95%, quando a temperatura atingiu 300°C e 500°C, respectivamente. Os teores de fósforo ligados a alumínio, ferro e cálcio aumentaram com a elevação da temperatura, sendo observada diminuição nos teores de fósforo orgânico (Fassbender, 1975). Neste mesmo estudo, constatou-se a liberação de Ca, Mg e K na solução do solo, o que as torna, no entanto, um decréscimo das reservas dessas bases na CTC do solo, o que as torna mais suscetíveis às perdas por lixiviação. Estudo realizado em condições de campo no Brasil por Araújo et al. (1991), não detectou alterações no teor de matéria orgânica e nos valores de CTC em um Podzólico Vermelho Amarelo distrófico, apesar de terem sido verificadas temperaturas de até 559°C durante a queima.

Mesmo depois da queima, há alteração do aquecimento na superfície do solo, devido à maior absorção da radiação solar, já que a cinza tem cor variável (desde cinza até quase preta), em função do material queimado e de sua duração (Costa, 1990). A perda de cobertura em si também é responsável pela elevação da temperatura do solo.

### UMIDADE DO SOLO

A queima pode alterar a umidade do solo, por causa de mudanças na taxa de

infiltração de água, no volume de enxurrada, na taxa de transpiração, na porosidade e na repelência do solo à água.

Nos EUA, Anderson (1965), citado por Costa (1980), verificou que as queimadas anuais de pastagens nativas, localizadas em áreas montanhosas, reduziram a umidade do solo em diversas profundidades estudadas. Já Hulbert (1969), citado por Coutinho (1980), verificou, em uma pradaria do Kansas, que a remoção do folheto pelo fogo provocou uma diminuição da umidade do solo.

Em áreas de floresta, o que ocorre é um aumento na quantidade de água que atinge a superfície do solo, pois as copas das árvores podem interceptar e evaporar cerca de 16% do total da precipitação, que estarão disponíveis após a queimada (Greenland; Kowal, 1960, citados por Demattê, 1988).

Um fenômeno importante que também tem sido associado à queima é a repelência do solo à água. Tal fenômeno, observado principalmente nos períodos mais secos do ano em povoamentos de eucalipto, causa uma redução da perda de água no período mais crítico, e passa a ser um mecanismo importante de economia de água (Costa, 1990). Segundo esse autor, a repelência ocorre devido à formação de compostos apolares durante a decomposição do material orgânico pelo eucalipto. Ao recobrir os agregados ou partículas individuais, estas substâncias reduzem o contato entre a água e as superfícies que a adsorvem. Como consequência, a água fica sujeita à evaporação, ou à infiltração. A água não infiltrada dará início ao escoamento superficial, que, por sua vez, concorrerá para o aumento da erosão. Quando o solo se encontra seco, a repelência chega a paralisar a infiltração de água (Debano; Rice, 1973, citados por Costa, 1990), o que tende a favorecer o processo erosivo, perdendo-se, além do solo, também a água. A repelência vai-se reduzindo à medida que o solo começa a receber a água.

O efeito negativo da queimada na umidade do solo é mostrado nos dados de Peterson (1970), citado por Primavesi (1986) (Quadro 1).

#### PERMEABILIDADE, DENSIDADE APARENTE E ENCROSTAMENTO

O efeito da queima nas propriedades

QUADRO 1 – Efeito da Queimada e da Época de sua Utilização sobre a Umidade de um Solo sob Pastagem

Época da Queimada	Umidade (%)	Água Escorrida de 125 mm de Chuva (mm)	Água Escorrida (%)
Sem queimar	83	19,6	15,7
Tardio – primavera	46	70,0	56,0
Meio – primavera	39	70,0	56,0
Início – primavera	37	70,0	56,0
Tardio – outono	39	70,0	56,0

físicas do solo é variável, em função das características de cada solo. Solos argilosos e com elevado teor de material amorfo na fração argila foram beneficiados com a ação do fogo, pois tiveram a permeabilidade aumentada (Demattê, 1988). Em solos arenosos da Nigéria, Lal et al. (1975), citados por Demattê (1988), observaram, após a queima, a formação de crostas superficiais reduzindo sensivelmente a infiltração, o que aumentou as perdas por erosão. Esse encrostamento e essa redução na porosidade também foram observados em solos arenosos do sul do Pará (Demattê, 1988). Trabalhando com Latossolo Amarelo álico sob uma capoeira de 12 anos, Hernani et al. (1987) não verificaram grandes alterações após a queima, no volume total de poros e na densidade aparente. Segundo Popenoe (1951), citado por Primavesi (1986), a melhoria das características químicas do solo, após uma queimada, é acompanhada por uma decadência física, que é a perda de macroporos.

Estudos realizados por Mallik et al. (1984) em um podzólico, mostraram uma redução da taxa de infiltração de água em 74%, após a queima, o que foi atribuído ao entupimento dos poros da camada superficial do solo pelas cinzas.

Em experimento de queima de restos de cultura de milho em um Latossolo Roxo, Lombardi Neto; Bertoni (1974) não observaram efeitos na densidade aparente do solo após oito anos de utilização desta prática.

Segundo Testa (1983), a formação de encrostamento verifica-se, principalmente, em solos queimados pela primeira vez e a sua eliminação ocorre por fenômenos mecânicos, como as enxurradas carregadas de detritos, pela ação do vento ou

pelo corte por implementos agrícolas. O peso específico da crosta queimada aumenta de 10 a 25% em relação ao peso do solo não queimado, devido à evaporação. Há então um endurecimento excessivo do solo, que aparece como compactado.

#### AGREGAÇÃO

A agregação do solo é de grande importância para o estabelecimento e manutenção de sua estrutura. A estabilidade de agregados caracteriza a resistência que o solo apresenta à erosão. A dimensão dos agregados estáveis em água determina a suscetibilidade do solo ao transporte das partículas pela erosão hídrica e a sua porosidade, o que afeta o movimento e a distribuição do ar e da água no solo (Carmargo et al., 1986).

Em trabalho de laboratório, visando ao efeito do aquecimento na agregação do solo, Pinto (1980) observou que, em materiais de solo de LRd, passados em peneira de 2 mm, houve um aumento na quantidade de agregados estáveis com diâmetro de 1,00 a 0,50 mm e diminuição na daqueles com diâmetro menor que 0,105 mm, o que indica o efeito do aquecimento (simulando o efeito da queimada) na reagregação do sistema.

Scott, Burgy (1956), trabalhando com um material de solo derivado de xisto, verificaram em laboratório que, com o aquecimento, houve um aumento na quantidade de agregados de maior tamanho, o que aumentou a permeabilidade e a infiltração de água. Estes efeitos não foram observados em solo derivado de rocha ígnea. Aumentos na taxa de infiltração e na estabilidade de agregados em água foram observados na camada superficial de um solo na Colômbia (Uribe et al., 1967). A esse efeito na agregação fo-

ram atribuídos, em parte, aumentos na produtividade do milho cultivado na área queimada.

Wünsche; Denardin (1978) compararam o efeito de restos culturais de trigo e soja sobre a estrutura do solo, através da análise de distribuição de agregados por via úmida, de um Latossolo Vermelho Escuro. Nas amostras superficiais (0 – 5 cm), o plantio direto apresentou maior estabilidade de agregados maiores em relação aos tratamentos de palhada queimada, que tiveram comportamento semelhante. Na profundidade de 5 a 20 cm, a queima da palha apresentou cerca de 4% menos agregados maiores que 2 mm, em relação aos outros dois tratamentos. Isto indica um aumento da suscetibilidade à erosão destes solos, quando se utiliza a prática das queimadas.

Em um Latossolo Roxo, Lombardi Neto; Bertoni (1974) não observaram efeitos da queimada na agregação do solo (medida pela distribuição de agregados a seco e dos estáveis em água) após oito anos de sua utilização. Os efeitos da queimada sobre a agregação do solo não podem ser generalizados para os diferentes tipos de solos, pois os dados disponíveis são poucos e, além disso, contraditórios, o que indica a grande variabilidade nas características deles.

### DEFLÚVIO SUPERFICIAL E EROSÃO

As perdas por deflúvio superficial e erosão são atenuadas na maioria dos solos, quando estes são protegidos pela vegetação. A erosão é freqüentemente aumentada com a queima. No entanto, a magnitude de seus efeitos depende de diversos fatores, como a natureza e a estação da queima, o intervalo entre queimas, a incidência, o tipo e a intensidade das chuvas, o relevo da área, a natureza e o tipo do solo e o clima.

Segundo Suarez de Castro (1957), as perdas de solo por erosão em uma área queimada para limpeza, visando ao plantio, foram de 6,1 e 40,4 t/ha, respectivamente, aos 30 e 60 dias que sucederam a operação. Já a perda em área vizinha não queimada foi, no mesmo período, de 3,8 e 9,8 t/ha, o que demonstra a magnitude do problema. Em se tratando de queima da área com vistas à implantação de pastagens, é recomendável deixar o remanes-

cente da queimada (tocos, galhos e raízes) sobre a superfície do solo, o que irá dificultar o movimento lateral da água, reduzindo, assim, a erosão (Demattê, 1988).

A cobertura do solo em áreas de pastagens compostas, principalmente de capim-jaraguá e kudzu tropical, teve uma redução de cerca de 300% em um período de 30 meses após o tratamento de queima (Corrêa et al., 1979). Em pastagem natural do Rio Grande do Sul, Fontaneli; Jacques (1988) verificaram que a cobertura do solo diminuiu em 73%, necessitando de cinco meses para o rebrote completo após a queima.

Em áreas de pastagens nativas em Cambissolo na microrregião dos Campos da Mantiqueira (MG), a perda de solo por erosão em parcelas mantidas sem vegetação foi avaliada por Santos et al. (1992), no período de novembro/90 a fevereiro/92, em 151,2 t/ha, o que demonstra o potencial de perda de solo no período existente entre a queimada (prática de manejo comum na microrregião) e a rebrota do pasto. As parcelas mantidas com as pastagens nativas apresentavam perdas de solo de 22,4 t/ha, indicando que apenas a manutenção da cobertura vegetal pode reduzir as perdas por erosão em 98% em relação ao solo descoberto.

Os efeitos danosos da erosão após as queimadas são atenuados, quando não há o pisoteio pelo gado e nem a ocorrência de chuvas torrenciais até a regeneração da cobertura vegetal. O processo erosivo em solos descobertos pelas queimadas, visando à renovação das pastagens, tem levado à degradação, em muitos casos irreversível, de vastas áreas do Brasil.

Trabalhando com sistemas de limpe-

za do terreno em Latossolo Amarelo com capoeira de 12 anos, Hernani et al. (1987) notaram que, dos métodos testados (enleiramento, queima e destoca), o que provocou maior perda de terra por erosão foi a destoca, com 1,8 t/ha (Quadro 2).

O método da destoca apresentou uma perda de solo cerca de 36 vezes maior que a floresta secundária ou capoeira, aproximadamente 15 vezes maior que o de enleiramento e oito vezes maior que o da queima, apresentando o maior volume de enxurrada, que dá informação sobre o escoamento superficial da água. O escoamento superficial de água é freqüentemente maior após uma queima, devido à redução de perdas de água por transpiração, formação de crostas superficiais, redução de macroporos, repelência do solo à água, e aumento da quantidade de água que atinge a superfície, por causa da eliminação da cobertura vegetal. Um efeito contrário foi observado por Suarez de Castro (1957), na Colômbia, mostrando que o escoamento de água diminuiu depois do desmatamento. O autor atribuiu este efeito a um aumento na permeabilidade como consequência da queimada.

Quanto aos solos cultivados, Bertoni et al. (1986), comparando diferentes sistemas de manejo dos restos culturais para a cultura de milho, verificaram que a queima da palhada acarretou acréscimo de 46% nas perdas de solo e 38% nas perdas de água, em relação ao sistema de enterrio da palha (Quadro 3). Por outro lado, esses autores verificaram que o controle de erosão proporcionado pelo sistema da palhada deixada na superfície foi de 52% em solo, e de 56% em água.

A intensidade das operações de pre-

QUADRO 2 – Perdas por Erosão nos Tratamentos da Área Desmatada e sob a Floresta Secundária (Capoeira) no Período de Janeiro de 1984 a Dezembro de 1985

Tratamento	Perdas de Solo nos Tratamentos			
	Volume de Enxurrada mm.ano <sup>-1</sup>	Em Suspensão kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	Decantado kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>	Total kg.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>
Enleiramento	139,2	104,5	25,8	130,8
Queima	208,0	104,8	130,0	234,8
Destoca	307,9	1.237,3	620,0	1.893,3
Capoeira	223,6	48,6	3,6	52,2

QUADRO 3 – Efeito do Manejo dos Restos Culturais sobre as Perdas por Erosão		
Sistemas de Manejo	Perdas	
	Solo (t/ha)	Água (% da Chuva)
Palha queimada	20,2	8,0
Palha enterrada	13,8	5,8
Palha na superfície	6,5	2,5

FONTE: Bertoni et al. (1986).  
 NOTA: Médias na base de 1.300 mm de chuva e declives entre 8,5 e 12,0%.

paro do solo, aliada à prática da queimada, agrava sobremaneira as perdas de solo por erosão, conforme os dados de IAPAR (1980), para um Latossolo Roxo Eutrófico de Londrina (PR) Quadro 4.

Perdas de solo de apenas 10% em relação ao preparo convencional (com queima dos restos culturais) foram obtidas por Wünsche; Denardin (1978) com o uso do plantio direto (sem preparo) nas culturas de trigo e soja (Quadro 5). Esta maior eficiência está basicamente relacionada à manutenção da cobertura do solo, com os restos culturais absorvendo a energia das gotas de chuva e, portanto, diminuindo o seu potencial erosivo. Por outro lado, pode-se verificar, através dos dados de perda total de solo do perfodo, que a simples incorporação dos restos culturais, ao invés de sua queima, propiciou uma redução na perda de solo em quatro vezes (4,22 t/ha versus 16,56 t/ha), já que ela facilita a infiltração de água, reduzindo o escoamento.

**VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA QUEIMADA**

Sempre houve controvérsia sobre os efeitos da queima. Em geral, os agricultores são partidários de tal prática, por vários motivos, dentre os quais Bertoni et al. (1986) citam:

- É um dos únicos meios, dentro de suas possibilidades, de se conseguir, após a derrubada, a limpeza do terreno e prepará-lo para o cultivo;
- é um sistema barato de eliminar os

QUADRO 4 – Perdas de Solo por Erosão sob Vários Sistemas de Manejo de Resíduos de Trigo em Latossolo Roxo Eutrófico		
Tratamentos	Perdas de Solo	
	t/ha	%
P + Ar. + 2GN	2,73	100
Q + Ar. + 2GN	6,92	253
R + Ar. + 4GN	12,83	470
Q + Ar. + 4GN	18,03	660

FONTE: Dados básicos: IAPAR (1980).  
 NOTA: Q – Queima de restos culturais; Ar – Aração; GN – Grade niveladora; P – Palhada deixada à superfície.

restos culturais de um ou vários anos;

- diminui as pragas e moléstias;
- remove o capim passado (macega), o qual não é palatável e nem aceito pelo gado (Mattos, 1970).

Os técnicos, em geral, são inimigos da queima e seus argumentos mais frequentes, segundo Bertoni et al. (1986), são:

- Deixa o solo desnudo, o que aumenta as perdas por erosão, principalmente em terrenos íngremes;
- volatiliza substâncias necessárias à nutrição das plantas;
- destrói grande parte da matéria orgânica do solo;
- elimina os microrganismos do solo;
- diminui a produção.

Alguns autores preconizam o uso da queimada, porém, com ressalvas. Primavera (1986) recomenda o uso do fogo controlado somente para limpeza de pastagens, quando o solo ainda estiver úmido e o capim, seco. É importante ainda haver uma brisa, que faz o fogo ser rápido.

Segundo Costa (1980), caso seja necessário o uso de fogo em pastagens, alguns cuidados essenciais devem ser observados:

- Construir aceiros de aproximadamente 2 a 5 m de largura, para proteger cercas e áreas vizinhas;

- evitar a queima em terrenos muito declivosos, a fim de prevenir a erosão;

- queimar com umidade no solo. Isto pode ser feito dois dias após uma chuva

de razoável intensidade;

- queimar a favor do vento, porque assim a queima será rápida e menos profunda. Contra o vento, ela é lenta e profunda, havendo maior possibilidade de reduzir a matéria orgânica do solo;

- dar um descanso às pastagens após a queima, a fim de que a cobertura vegetal se restabeleça mais rapidamente;

- dar um manejo racional à pastagem, para que haja melhor utilização da forragem disponível, evitando-se as queimas frequentes.

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A queimada é considerada uma das maneiras mais fáceis e econômicas de limpar um terreno recém-desbravado;

QUADRO 5 – Chuva, Escorrimento de Água e Perda de Solo, com Diferentes Métodos de Manejo, sob Chuva Natural, Ocorrida de Novembro/1976 a Novembro/1977

Chuva (mm)	Solo Descoberto		Preparo Convencional				Sem Preparo		
			Trigo – Soja				Trigo – Soja		
	Sem Palha		Com Queima de Palha		Com Enterrio de Palha		Palha sobre o Solo		
	Escorri-mento (mm)	Solo Erodido (t/ha)	Escorri-mento (mm)	Solo Erodido (t/ha)	Escorri-mento (mm)	Solo Erodido (t/ha)	Escorri-mento (mm)	Solo Erodido (t/ha)	
Soja nov./76 a abr./77	855,0	241,3	171,01	109,4	2,98	95,3	1,17	123,1	0,990
Trigo maio/77 a nov./77	1.019,0	262,8	48,01	241,0	13,58	175,3	3,05	89,1	0,700
Total	1.874,0	504,1	219,02	350,4	16,56	270,6	4,22	121,2	1,69

FONTE: Wünsche; Denardin (1978).

eliminar o trabalho e as dificuldades de enterrio de restos culturais; combater certas pragas de culturas e limpar e renovar pastagens. Seus efeitos são de grande importância no que diz respeito ao solo. Entretanto, tais efeitos ainda não estão muito bem esclarecidos, devido à diversidade de dados obtidos em condições e locais os mais variados.

A queimada também ocasiona mudanças no ciclo hidrológico e na composição da atmosfera, contribuindo para o processo de degradação ambiental. Isso mostra que os estudos devem ser intensificados e que os dados obtidos em determinado ecossistema não podem ser generalizados para outros ambientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACADEMIC RESEARCH NETWORK GROUP ON TROPICAL FOREST AND GLOBAL WARNING (EUA). Tropical forestry and global climate change. In: CONFERENCE ON TROPICAL FORESTRY RESPONSES OPTIONS TO GLOBAL CLIMATE CHANGE, 1990, São Paulo. *Proceedings*. . . Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 1990. p.

395-415.  
 ARAÚJO, Q.R.; LIMA, P.C.; DUETE, R.R.C.; LUORES, E.G. Efeito da queima sobre a matéria orgânica e CTC de um PVd. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, 1991, Porto Alegre. *Anais*. . . Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p. 287.  
 BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo, no Instituto Agrônomo.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1986. 57p. (IAC. Circular, 20).  
 CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1986. 94p. (IAC. Boletim Técnico, 106).  
 CORRÊA, A.N.S.; ARONOVICH, S. Influência da queima periódica sobre a vegetação e sobre a fertilidade dos terrenos de pastagens. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.8, n.2, p. 332-347, 1979.  
 COSTA, B.M. da. Degradação das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 5, 1978, Piracicaba. *Anais*. . . Campinas: Fundação Cargill, 1980. p. 5-27.  
 COSTA, L.M. da. Manejo de solos em áreas re-

florestadas. In: BARROS, N.F. de; NOVAIS, R.F. de (Ed.). **Relação solo eucalipto.** Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. cap. 6, p. 237-264.  
 COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado: I - a temperatura do solo durante as queimadas. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.1, n.2, p. 93-96, dez. 1978.  
 COUTINHO, L.M. O cerrado e a ecologia do fogo. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.12, n.68, p. 22-30, 1990.  
 COUTINHO, L.M. As queimadas e seu papel ecológico. *Brasil Florestal*, Brasília, v.44, n.10, p. 7-22, 1980.  
 DEMATTÊ, J.L.I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos: região Amazônica.** Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215p.  
 FASSBENDER, H.W. Experimentos de laboratório para el estudio del efecto del fuego de la quema de restos vegetales sobre las propiedades del suelo. *Turrialba*, San Jose, v.25, n.3, p. 249-254, Jul./set. 1975.  
 FONTANELI, R.S.; JACQUES, A.V.A. Melhoramento de pastagem natural: ceifa, queima, diferimento e adubação. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.17, n.2, p. 180-194, mar./abr. 1988.  
 HERNANI, L.C.; SAKAI, E.; LOMBARDI NETO, F.; LEPSCH, I.F. Influência de métodos de limpeza de terreno sob floresta secundária em latossolo amarelo sob Vale da Ribeira, SP: II – perdas por erosão. *Revista*

## Conservação de Solo

- Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, n.2, p. 215-219, maio/ago. 1987.
- IAPAR (Londrina, PR). **Relatório técnico anual 1979**. Londrina, 1980. p. 123-145: Programa Manejo e Conservação de Solos.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Manejo dos restos culturais: efeito da queima sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo e sobre a produção de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14, 1973, Santa Maria. *Anais.* . . Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p. 690-701.
- MALLIK, A. V.; GIMINGHAM, C. H.; RAHMAN, A.A. Ecological effects of heather burning: I - water infiltration, moisture retention and porosity of surface soil. *Journal of Ecology*, London, v.72, n.3, p. 767-776, 1984.
- MATOS, J.A.C. A influência do fogo na vegetação e o seu uso no estabelecimento e manejo de pastagens. *Zootecnia*, Nova Odessa, v.8, n.4, p. 45-58, 1970.
- PINTO, P.A.C. **Conseqüências do aquecimento sobre a agregação e outras características dos materiais de latossolos do Triângulo Mineiro**. Viçosa: UFV, 1980. 70p. Tese Mestrado.
- PRIMAVERSI, A.M. **Manejo ecológico de pastagens: em regiões tropicais e subtropicais**. São Paulo: Nobel, 1986. 184p.
- SANTOS, D.; CURTI, N.; EVANGELISTA, A.R.; FERREIRA, M.M.; CARVALHO, M.M.; TEIXEIRA, W.G. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas com diferentes práticas de manejo em cambissolos da microrregião dos campos da Mantiqueira (MG). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992. Lavras. *Anais.* . . Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.45.
- SCOTT, V.H.; BURG, R.H. Effects of heat and brush burning on the physical properties on certain upland soils that influence infiltration. *Soil Science*, Baltimore, v.82, n.1, p. 63-70, July, 1956.
- SEUBERT, C.E.; SANCHEZ, P.A.; VALVERD, C. Effects of land clearing methods on soil properties and crop performance in an ultisol of Amazon Jungle of Peru. *Tropical Agriculture*, London, v.54, n.307-321, 1977.
- SOARES, R.V. Ocorrência de incêndios florestais em reflorestamentos. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE INCÊNDIOS FLORESTAIS E QUEIMADAS, 1, 1992, Brasília. *Resumos.* . . Brasília: IBAMA, 1992. p.18.
- SOARES, R.V. **Prevenção e controle de incêndios florestais**. Curitiba: FUFEP, 1982. 69p.
- SUAREZ DE CASTRO, F. Las quemas como pratica agrícola y sus efectos. *Boletim Técnico de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia*, Bogotá, v.2, n.18, p. 1-21, 1957.
- TESTA, A. **Mecanização do desmatamento: as novas fronteiras agrícolas**. São Paulo: CERES, 1983. cap. 3, p. 30-44: Desmatamento não mecanizado, tração animal, dinamite, dessecantes e fogo.
- UHL, C.; KAUFFMAN, J.B.; SILVA, E.D. da. Os caminhos do fogo na Amazônia. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.11, n.65, p.24-32, 1990.
- URIBE, H.A.; SUAREZ DE CASTRO, F.; RODRIGUEZ G.A. Efectos de las quemas sobre la productividad de los suelos. *Cenicafé*, Caldas, v.18, n.4, p. 116-135, oct./dic. 1967.
- WUNSCH, W.A.; DENARDIN, J.E. Perdas de solo e escorrimento de água sob chuva natural em latossolo vermelho escuro nas culturas de trigo e soja. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2, 1978, Passo Fundo. *Anais.* . . Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1978. p. 289-296.



### ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SEMENTES E MUDAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS

REGISTRO NA JUNTA COMERCIAL - ISENTO - ITEM 1 - ART. 38 - 4726/65  
INSC. C.G.C. 16.518.912/0001-90 - INSC. ESTADUAL 062.160234.0063

ESCRITÓRIO: RUA SÃO PAULO, 818 - S/1301 - FONE/FAX: (031) 222-5959  
TELEX (39)1586 APSM - 30170-131 - B.HTE. - MG

Senhor Produtor,

A Associação dos Produtores de Sementes do Estado de Minas Gerais (APSEMG) conta com uma estrutura laboratorial apta à prestação de serviços de análise de sementes. Além da realização das análises, a APSEMG providencia, junto ao Serviço de Inspeção e Fiscalização Vegetal/IMA, o controle de produção dos lotes de sementes aprovados.

Para que possam ser analisadas, as amostras de ALGODÃO e FEIJÃO deverão conter 2.000 g; as de MILHO e SOJA, 1.600 g; as de ARROZ e SORGO, 1.000 g e as de GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS, 300 g. Elas deverão ainda estar embaladas em sacos de papel ou de pano ou em caixas de papelão.

Além desta quantidade, deverá ser enviada uma amostra de 200 g de cada lote, embalada em saco plástico para determinação do teor de umidade. Para as Forrageiras, não há necessidade da amostra para umidade.

Na identificação da amostra deverão constar:

- NOME DO PRODUTOR
- ENDEREÇO
- CULTIVAR
- NÚMERO DO LOTE
- REPRESENTATIVIDADE (Nº de sacos ou toneladas/lote)
- PESO DOS SACOS
- SAFRA
- PENEIRA (no caso do milho)
- INFORMAÇÃO (no caso de semente tratada).

Estamos à disposição para atendê-lo.

Cordiais saudações.

# CONTROLE DA EROSÃO EM TERRAS NÃO CULTIVADAS

Joel Carlos Pereira<sup>1</sup>

Geraldo César de Oliveira<sup>1</sup>

Maria da Glória B. de F. Mesquita<sup>1</sup>

## INTRODUÇÃO

A erosão é um processo que se traduz na desagregação, transporte e deposição de partículas do solo, causada pelas águas, ventos ou geleiras. A erosão pode ser dividida em erosão geológica ou normal e erosão acelerada ou, mais simplesmente, erosão (Bahia, 1980).

A erosão sempre existiu e sempre existirá. A superfície da terra é modelada por processos erosivos que, às vezes, a nivelam e às vezes tornam-na movimentada. Estes processos trabalham em direções opostas, sendo que a superfície terrestre que vemos atualmente é o resultado de modificações muito lentas, cujos efeitos aparecerão somente após muitos anos. A erosão é um dos aspectos deste processo constante de trocas, em que o homem atua de forma direta.

A erosão geológica, normal ou natural, é um fenômeno da natureza que ocorre em consequência das forças naturais. Constitui-se no intemperismo das rochas por efeito, principalmente, dos fatores climáticos. Este intemperismo irá formar o solo. Em condições naturais existe um equilíbrio entre a formação e o desgaste do solo.

A erosão induzida ou acelerada acontece quando o homem interfere, quebrando o equilíbrio natural do solo, ao despi-lo de sua camada vegetal protetora. O desgaste do solo ocorrerá em ritmo muito mais rápido que a sua formação e, como consequência, haverá uma degradação do solo que, se não for controlada ou combatida, poderá transformar em de-

serto solos outrora férteis (Osório, 1968).

Quando o solo desprotegido recebe o impacto direto da gota de chuva, ele desagrega, formando partículas menores e mais soltas. A ação do impacto é então complementada pela ação das enxurradas. Portanto, a erosão é a realização de um trabalho, não sendo, contudo, o produto desse trabalho (Galetti, 1973).

A região Noroeste do Paraná, por exemplo, era protegida por uma densa cobertura vegetal, porém, com o rápido desmatamento levado a cabo para o desenvolvimento agrícola e para a urbanização, rompeu-se o equilíbrio que era assegurado pela vegetação natural (Departamento. . ., 1972).

O desequilíbrio permanecerá enquanto a ocupação agrícola não respeitar as classes de uso das terras, não se adotarem práticas conservacionistas adequadas, e as expansões urbanas não forem planejadas respeitando-se claros limites naturais.

O solo constitui o recurso natural básico de uma nação. Pode ser considerado um recurso natural renovável, se conservado e usado devidamente. Seu uso indevido tem na erosão uma das mais nefastas causas de degradação do recurso terra.

## EROSÃO EM REPRESAS E AÇUDES

As represas são construídas por meio de um aterro que atravessa, lado a lado, o curso de água. Na construção delas, atenção especial deve ser dada aos sangradouros, pois estes, se mal dimensionados e/ou não protegidos por vegetação ou outro meio, podem sofrer e/ou causar forte erosão, o que leva inclusive ao desmoronamento da barragem. Segundo Hull

(1951), é provável que a principal causa do desabamento de barragens de terra esteja na insuficiência do sangradouro. Ainda que se projete um sangradouro amplo, é aconselhável dar à barragem um altura adicional, acima daquela que é exigida, a fim de prevenir pequenas obstruções no canal emissário ou eventuais defeitos no aterro.

Torna-se impossível calcular as dimensões de um sangradouro ou vertedor, sem determinar previamente o maior deflúvio que se pode esperar da bacia alimentadora durante a vida útil de um reservatório.

Silva; Paiva (1985), estudando a retenção de sedimentos por cordões em contorno, em uma encosta de Litossolo, concluíram que é importante o controle da erosão e produção de sedimentos em bacias hidrográficas, visto que os melhores locais para construção de barragens são recursos naturais de limitada disponibilidade, necessitando-se, portanto, prolongar ao máximo a duração daqueles já existentes.

Deve-se ainda ressaltar que a razão de numerosos desastres, como por exemplo o rompimento da barragem de Santa Cruz, localizada no município de Santa Cruz - RN, que inundou a cidade, deixando desabrigadas mais de 5.000 pessoas, deve-se à ausência de um planejamento criterioso no aproveitamento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica e de um adequado controle nas fases de projeto e construção de pequenas e médias obras hidráulicas, cuja ruptura afeta a segurança das grandes estruturas de jusante (Araújo, 1982).

## EROSÃO PRODUZIDA POR RODOVIAS

Uma das operações que modifica ra-

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agríc., Pós-Graduando em Solos e Nutrição de Plantas/ESAL - Caixa Postal 37 - CEP 37200-000 Lavras, MG.

pidamente o meio ambiente é a construção das modernas rodovias. De acordo com Jordani (1978), elas são reconhecidamente danosas ao meio ambiente silvestre. Na abertura destas estradas, morros inteiros são arrasados, rios assoreados, florestas derrubadas e o solo esferizado pelo revestimento.

O assoreamento e a erosão ativa, devido ao incremento da enxurrada proveniente do sistema rodoviário, podem causar danos para as represas de usinas hidrelétricas e instalações públicas e causar sérias voçorocas nas áreas agrícolas circundantes.

Escavações realizadas com a finalidade de aterro são geralmente executadas em terrenos paralelos às rodovias e deixadas sem proteção, às vezes separadas destas por estreitas faixas de terra, o que deixa dois cortes sujeitos à erosão, além de criar uma trilha ao longo da rodovia que é uma voçoroca em potencial.

Também, ao longo da maioria dessas estradas, a água concentrada na superfície flui para terras adjacentes sem nenhuma canalização ou controle, sendo esta uma das causas principais das voçorocas nas áreas rurais (Departamento. . ., 1972).

Sabemos, que as estradas são um dos componentes necessários ao nosso meio, mas elas têm capacidade para beneficiar ou prejudicar esse ambiente, se o planejamento for adequado ou inadequado.

Segundo Good; Nebauer (1976), a construção de estradas não precisa necessariamente causar danos ao ambiente, se um planejamento adequado for feito, devendo-se haver cooperação entre paisagistas, engenheiros e técnicos em conservação do solo.

### EROSÃO NAS ESTRADAS

O maior inimigo da estrada é, sem dúvida alguma, a água, por isso, devemos livrá-la tanto quanto possível desse elemento de deterioração. Nas estradas de terra, principalmente, as erosões representam um dos mais sérios problemas e têm como causa a falta ou deficiência de um sistema de drenagem adequado.

As extensas áreas descobertas e com sulcos causados pelos equipamentos pesados de remoção de terra, durante a construção da estrada, são fontes potenciais de erosão, sendo que as superfícies desnudas são alisadas, o que diminui a capacidade

de infiltração. Os taludes e as áreas circundantes são bastante íngremes e a razão de escorrimento é elevada. A erosão pode continuar por muito tempo após a construção da estrada, se medidas adequadas não forem tomadas para controlá-la.

Dentro da estrada, a erosão é inicialmente causada pela deposição de silte nos drenos e bueiros, o que vem reduzir a eficiência do sistema de drenagem e causar um perigo potencial para o pavimento da estrada (Good; Nebauer, 1976). A falta de adequada observação e conservação das obras para o controle da erosão tem sido responsável por muitos insucessos ocorridos.

Observa-se, também, certa tendência de manter "limpas" de vegetação áreas que ficariam naturalmente protegidas, caso isso não ocorresse. As equipes de conservação de estradas destroem a vegetação ao longo das voçorocas e da faixa de domínio das estradas, às vezes com uso de fogo, o que torna muito difícil o controle da erosão. O voçoroamento, quando atinge profundidades elevadas, dificulta a manutenção da estrada, de áreas agrícolas e é, até, um perigo constante para as construções.

Muitas vezes, em estradas rurais, os taludes verticais são raspados até que se tenha certeza de que nenhuma vegetação sobreviverá. Isto contribui para a erosão, é dispendioso e impede a estabilização de muitos locais já quase estáveis (Departamento. . ., 1972).

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1985), duas regras básicas devem ser seguidas na construção e manutenção de estradas vicinais:

– O leito das estradas de terra deve-se manter o máximo possível próximo à superfície do terreno. Isto porque os solos superficiais são, geralmente, melhores para receber as estradas, principalmente por ser mais resistentes à erosão e mais facilmente compactados, devido a sua composição granulométrica. Por estes motivos, os trabalhos de conservação baseados em uma patrolagem sistemática, devem ser evitados, pois a raspagem do leito da estrada traz como consequência a remoção do solo mais resistente e compactado e expõe o subsolo, que é menos resistente, à erosão. Tem-se ainda de forma praticamente irreversível uma estrada encaixada, que inviabiliza a im-

plantação de saídas laterais de drenagem.

– Um bom sistema de drenagem é essencial para a estrada de terra. Sem ele, por melhores que sejam as condições técnicas da pista, mais cedo ou mais tarde sua deterioração será total.

Uma estrada, normalmente, implica na interceptação das águas pluviais de superfície. Assim, além da chuva recebida em seu leito, a estrada tende a ser o escoadouro das águas de chuva recebidas das áreas adjacentes. Portanto, a drenagem tem os seguintes objetivos:

– diminuir a quantidade de água conduzida através da estrada, por meio de obras, tais como: canaletas de cristas em cortes, saídas laterais, bueiros etc.;

– proteger a pista de rolamento, impedindo que a água corra diretamente sobre ela. Isto pode ser feito com o abaulamento transversal da pista e a concomitante proteção das laterais.

Os trabalhos de conservação de estradas devem levar em conta a chuva máxima que pode ocorrer num determinado local, fazendo-se o controle da enxurrada e direcionando-a, com segurança, para áreas bem protegidas por vegetação, onde ela não possa causar erosão.

Atenção especial deve ser dada aos taludes de cortes e aterros das margens de estradas e aos taludes de aterros ao longo dos cursos de água, pois se eles não forem protegidos convenientemente, a erosão logo se estabelece, podendo inclusive destruir grandes trechos de estrada.

O requerimento básico para controle da erosão nos taludes é procurar cobri-los com vegetação permanente, de maneira a estabilizá-los. Bertoni et al. (1986) concluíram que as gramíneas, após se estabelecerem, são mais eficientes que as leguminosas, na consolidação da superfície dos taludes, devido às características próprias de seu sistema radicular.

Outra medida que deve ser tomada nos taludes de aterros situados à beira de cursos d'água é protegê-los com empedramentos até uma altura de 70 a 80 cm acima das enchentes máximas, afastando-os dessa forma do perigo de erosão.

### EROSÃO CAUSADA PELA MINERAÇÃO

A mineração é uma das atividades

humanas que mais contribui para a alteração da superfície terrestre. Devido a sua própria natureza, a mineração provoca alterações nas condições ambientais, ao afetar tanto o ambiente externo, provocando grande impacto sobre água, ar, solo, subsolo e paisagem, como um todo (Lorenzo, 1991).

Rodrigues et al. (1986) destaca dois momentos para o sistema mineração: antes e após a descoberta do minério. O momento anterior a sua descoberta é caracterizado por um relativo equilíbrio entre exploração econômica, densidade populacional e meio ambiente. No momento em que o minério é descoberto, rápidas mudanças passam a ocorrer na comunidade, como, por exemplo, aumento populacional. Tal aumento eleva a demanda por alimentos e outros bens e serviços, inicialmente supridos por fontes externas e, posteriormente, pela própria comunidade. As atividades geradas no sistema acabam por degradar o meio ambiente.

A mineração provoca altos níveis de erosão, juntamente com a atividade agropecuária. Esta o faz porque intensifica a exploração acima do que suporta o meio ambiente.

Lorenzo (1991), estudando a regeneração de uma área minerada de bauxita em Poços de Caldas - MG, observou que houve mudanças nas características do solo e da vegetação, quando a área foi comparada com áreas não mineradas. Observou ainda que estas transformações foram maiores nas áreas com grandes escavações e que, após aproximadamente 50 anos, a vegetação conseguiu estabelecer-se, regenerando a área naturalmente.

### EROSÃO URBANA

A maioria das cidades brasileiras são instaladas nas áreas mais altas das colinas ou "espigões". Essa instalação ocasiona a concentração das águas pluviais em cabeceiras de drenagem de primeira ordem, o que provoca o aparecimento de voçorocas, precedidas por ravinas, tão comuns nas periferias de nossas cidades.

Os núcleos populacionais, no estado do Paraná, localizaram-se inicialmente nas partes planas das elevações dos terrenos. Com o desenvolvimento das cidades, as ruas estenderam-se até as encostas com declives da ordem de 10%. Este fato, aliado ao tipo de solo e à carência de sis-

tema adequado de esgotos pluviais e de pavimentação das vias públicas, deu origem a violentas erosões (voçorocas) nas zonas urbanas de mais de 70 cidades da região Noroeste do Paraná (Pontes, 1977).

Levantamentos realizados no estado de São Paulo, compreendendo 404 municípios, detectaram 412 voçorocas, e consideraram 48 municípios críticos quanto aos efeitos da erosão na degradação dos recursos hídricos (São Paulo, 1990).

Em São João del'Rei - MG, as encostas apresentam um estado crítico de instabilidade, com a presença de "badlands" (concentração de voçorocas) acentuada pela prática de queimadas sazonais (Brasil, 1983).

Além das voçorocas, a erosão em áreas urbanas manifesta-se nas formas de erosão superficial e em sulcos. A erosão superficial consiste na retirada sucessiva, pelas águas escoadas superficialmente, de camadas de solo, com o conseqüente rebaixamento de toda a superfície exposta. A erosão em sulcos desenvolve-se com o escoamento das águas superficiais em linhas de drenagem, ocasionando a formação de sulcos no terreno.

As voçorocas, também chamadas boçorocas, são o resultado da ação erosiva das águas sobre o terreno, que aprofundam e alargam o canal natural, até alcançar dimensões superiores às que se encontram nas erosões por ravinas. Segundo Pontes (1977), as voçorocas, no noroeste do Paraná, podem atingir profundidades de até 30,0 m, larguras de algumas centenas de metros e extensões de alguns quilômetros.

A origem, complexidade e progressão das voçorocas dependem das condições locais de ocorrências, tanto no que se refere aos elementos do meio físico (solo, relevo, intensidade e frequência das precipitações), como às modificações introduzidas pela urbanização (arruamento, edificações) (São Paulo, 1989).

O desenvolvimento das cidades, com a conseqüente ampliação das áreas construídas e pavimentadas, além de aumentar o volume e velocidade das enxurradas, concentra o fluxo sobre terrenos geralmente desprotegidos da cobertura vegetal, primitiva, o que acelera o desenvolvimento das voçorocas.

Juntamente com os riscos de acidentes geotécnicos, as voçorocas, em geral,

tornam-se áreas de despejo de lixo, às vezes até como uma tentativa desastrosa de contenção delas. Entretanto, o lixo e os lançamentos de esgotos transformam-nas em focos de doenças, tornando-as ainda mais danosas ao meio ambiente urbano (São Paulo, 1989).

O problema da erosão, normalmente considerado como um problema rural, pode causar grandes danos à terra e aos recursos hídricos das comunidades urbanas, fornecendo um requisito adicional para o planejamento. Porém, o que se nota é que há uma evidente carência de planejamento urbano, que pode constituir um elemento chave no controle de erosão e desenvolvimento econômico.

Dentre as principais causas do desencadeamento e evolução da erosão nas cidades, destacam-se:

- Traçado inadequado do sistema viário, muitas vezes agravado pela falta de pavimentação, guias e sarjetas;

- deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais e servidas;

- crescimento da população e expansão urbana descontrolada, com implantação de loteamento e conjuntos habitacionais em locais não apropriados.

Um importante aspecto da erosão com relação ao planejamento urbano é o fato de que o controle da erosão requer certas limitações no uso da terra, fator que pode envolver assuntos de caráter político ou jurídico, tanto quanto dependentes de critérios técnicos (Departamento. . ., 1972).

### CONTROLE DE VOÇOROCAS

Deve-se evitar o surgimento da voçoroca, um desmoronamento do solo resultante da erosão, que causa sérias "feridas" na terra. Caso elas tenham surgido, é necessário estabilizá-las, adotando algumas medidas, tais como:

- Interceptar e desviar as águas da cabeceira da voçoroca, por meio de terracimento do terreno marginal e/ou a construção de um canal divergente com gradiente máximo de 0,5%, devidamente vegetado e com obstáculos para reduzir a velocidade da água;

- isolar a área com cercas divisórias, que impeçam o trânsito de animais e má-

quinas;

– suavizar os taludes, se possível, para facilitar a restauração;

– construir uma série de anteparos escalonados ao longo do fundo da voçoroca, dividindo-o em trechos, nos quais a velocidade de escoamento possa chegar a um valor capaz de estabelecer a situação de equilíbrio. Isto porque geralmente o perfil longitudinal do fundo da voçoroca é mais íngreme que o de equilíbrio;

– revestir os taludes, o fundo e as margens da voçoroca com gramíneas e essências florestais.

Sendo pequena ou em início de formação, a voçoroca poderá ser aterrada com o uso de trator de esteira ou motoniveladora. Porém, deverá ser feito um plano de conservação para a área de captação que gerou a voçoroca.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, pode-se afirmar que a erosão acontece pela ação antrópica, isto é, pela intervenção do homem que, ao utilizar o recurso natural "solo" para atividades agropecuárias, urbanização, construção de estradas, barragens etc., quebra o equilíbrio natural até então existente. Quando as terras eram protegidas pela vegetação, a ação das chuvas – principal agente causador da erosão nas regiões tropicais e subtropicais úmidas, caso da maior parte do território brasileiro – era bastante atenuada, configurando um quadro normal de erosão. Havia, portanto, um balanço entre erosão e pedogênese.

A ocupação do território brasileiro foi iniciada com o desmatamento, seguido pelo cultivo, implantação de estradas, criação e expansão de vilas e cidades, geralmente sem nenhum planejamento, o que fez com que os processos erosivos fossem grandemente acelerados.

Há necessidade, portanto, de um planejamento adequado para o uso do solo, tanto para fins agrícolas, quanto para a ocupação urbana, bem como leis que regulamentem o uso do solo.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J.A. de A. Barragens no Nordeste do Brasil. Fortaleza: DNOCS, 1982. 158p.

BAHIA, V.G. Conservação do solo. Lavras: ESAL, 1980. 91p.

BERTONI, J. et al. Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo, no Instituto Agronômico. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. 57p. (IAC. Circular, 20).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL – folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1983. 775p. (Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais, 32).

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS E SANEAMENTO (Brasília, DF). Relatório do estudo para o controle da erosão no Noroeste do estado do Paraná. Curitiba, 1972. 107p.

GALETI, P.A. Conservação do solo: reflorestamento – clima. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 286p.

GOOD, R.B.; NEBAUER, N.R. Erosivos control integrates with highways landscape. Journal of the Soil Conservation Service, Sydney, v.32, n.2, p. 63-67, Apr. 1976.

HULL, W.X. (Ed.). Manual de conservação do solo. Washington: US Department of Agriculture, 1951. 307p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (São Paulo, SP). Estradas vicinais de terra: manual técnico para conservação e recuperação. São Paulo, 1985. 128p.

JORDANI, I. Danos de rodovias em áreas silvestres. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ECOLOGIA, 1, 1978, Curitiba. Anais. . . Curitiba: Instituto de Terras e Cartografia, 1978. v.3, p.50-51.

LORENZO, J.S. Regeneração natural de uma área minerada de bauxita em Poços de Caldas, Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1991. 117p. Tese Mestrado.

OSÓRIO, F.H.S. Importância da conservação do solo. A Granja, Porto Alegre, v.24, n.242, p. 30-40, mar. 1968.

PONTES, A.B. Controle da erosão na região Noroeste do Paraná/Brasil. Rio de Janeiro: DNOCS, 1977. 163p.

RODRIGUES, V.; LIMA, M.G. de; FONTES, M.M.; ALMEIDA FILHO, A.J. de; MATALLO JÚNIOR, H.; FERREIRA, D.G. Processos de desertificação no Estado do Piauí. In: SEMINÁRIO SOBRE DESERTIFICAÇÃO NO NORDESTE, 1986, Recife. [Anais. . .] Documento final. Brasília: SEMA, 1986. p. 30-57.

SÃO PAULO. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Plano estadual de recursos hídricos: primeiro plano do estado de São Paulo. São Paulo, 1990. 137p.

SÃO PAULO. Secretaria de Energia e Saneamento. Controle da erosão: bases conceituais e técnicas, diretrizes para o planejamento urbano e regional, orientação para o controle de voçorocas urbanas. São Paulo, 1989, 92p.

SILVA, J.R.C.; PAIVA, J.B. Retenção de sedimentos por cordões de pedra em contorno em uma encosta de litossolo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.9, n.1, p. 77-80, jan./abr. 1985.

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
Governador: Hélio Garcia

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA,  
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO  
Secretário: Alysson Paulinelli

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas  
Gerais - EPAMIG

Conselho de Administração

Efetivos: Alysson Paulinelli, Mário Ramos Vilela,  
Murilo Carlos Paiva Carvalho, Eduardo Borges de  
Andrade, Elvino Carlos Moreira, Juvenino Idílio de  
Souza, Geraldo Martins Chaves, Ali Aldersi Saab,  
Sílvio de Carvalho Grossi, Paulo Eduardo Ferraz

Suplentes: Dalton Colares de Araújo Moreira, José  
Jesus de Abreu, Márcio de Andrade, Francisco Ra-  
phael Ottoni Teatini, Mário José Fernandes, Ro-  
berto Abramo, Laura de Sanctis Viana, Antônio  
Stockler Barbosa

Presidente  
Mário Ramos Vilela

Unidades de Assessoramento

Assessoria de Comunicação e Publicações  
Geraldo Magela Carozzi de Miranda

Assessoria de Planejamento e Coordenação  
Maria Lélia Rodrigues Simão

Assessoria Jurídica  
Maria Auxiliadora Duque Portugal

Auditoria Interna  
Ronald Botelho de Oliveira

Superintendência de Pesquisa e Operações  
Gabriel Ferreira Bártholo

Departamento Técnico-científico  
Reginaldo Amaral

Departamento de Produção  
Emílio Elias Mouchrek Filho

Superintendência de Administração e Finanças  
Marcelo Franco

Departamento de Recursos Humanos  
Iara Regina Lima David

Departamento de Patrimônio e Administração  
Geral  
Argemiro Pantuso

Departamento de Contabilidade e Finanças  
Geraldo Dirceu de Resende

Centros de Pesquisa

Centro de Ensino e Pesquisa/Instituto de Laticí-  
nios Cândido Tostes  
Cid Maurício Stehling

Centro de Ensino e Pesquisa/Instituto Técnico  
de Agropecuária e Cooperativismo  
Laura de Sanctis Viana

Centro Regional de Pesquisa do Sul de Minas  
Emlson Abraão

Centro Regional de Pesquisa do Norte de Minas  
Rogério Antônio da Silva

Centro Regional de Pesquisa da Zona da Mata  
Geraldo Antônio de Andrade Araújo

Centro Regional de Pesquisa do Centro-oeste  
de Minas  
Geraldo Antônio Resende Macêdo

Centro Regional de Pesquisa do Triângulo e Alto  
Paranaíba  
Moacil Alves de Souza

Centro Regional de Pesquisa do Noroeste de  
Minas  
João Carlos Pereira Calmon

Centro Regional de Pesquisa do Rio Doce e Je-  
quitinhonha  
José Reinaldo Mendes Ruas

A EPAMIG integra o Sistema Cooperativo de Pes-  
quisa Agropecuária, coordenado pela EMBRAPA

# EPAMIG: GERANDO

# TECNOLOGIA

vés da tradição e experiência de 54 anos do seu Centro de Pesquisa e Ensino/Instituto de Laticínios Cândido Tostes – CEPE/ILCT.

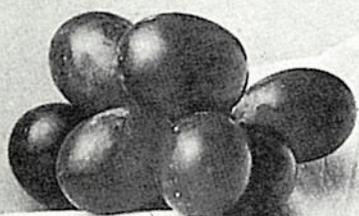
# EM

A indústria brasileira emprega, hoje, tecnologias desenvolvidas pela EPAMIG em diversos campos, como industrialização do leite, fabricação de queijos e outros derivados, controle de qualidade, produção de doce de leite, aproveitamento e economia de energia, produção e sanidade animal, desenvolvimento de novos produtos e de alimentos de caráter social.

# LATICÍNIOS

Há 16 anos a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG realiza trabalhos científicos envolvendo os mais diversos produtos de interesse de Minas Gerais nas áreas vegetal, animal, agroindustrial e de recursos naturais, melhorando sistemas de produção e permitindo o aumento da oferta de alimentos.

A pesquisa e o ensino na área de laticínios é uma das ações prioritárias da EPAMIG, atra-



**A EPAMIG PESQUISA. VOCÊ COLHE O RESULTADO.**

---

**Fosfato faz  
bem pra memória.**

---

Lembra quando você  
esqueceu e a colheita foi  
pro brejo? Pois é...  
Tá em cima da hora. Vê se  
não esquece.

---

**Fosfato faz  
bem pra vista.**

---

Usou, a plantação fica  
bonita, verdinha, viçosa.  
É de encher os olhos e  
abarrota o silo de grão.  
Tá em cima da hora.  
Vê se abre os olhos.

---

**Fosfato faz  
bem pro bolso.**

---

Você vai ganhar dobrado.  
Usou, lucrou.  
Esqueceu, pode pôr a mão  
no bolso que ele tá furado.

# **Vê se não esquece. Fosfato de Araxá, da Comig. Usou, a terra agradece.**

E não esqueça: o Fosfato de Araxá garante  
ainda melhores resultados se você usar o  
Calcário Dolomítico e o  
Corretivo Agrícola no preparo da terra.  
Vendas: (034) 661-2170.

