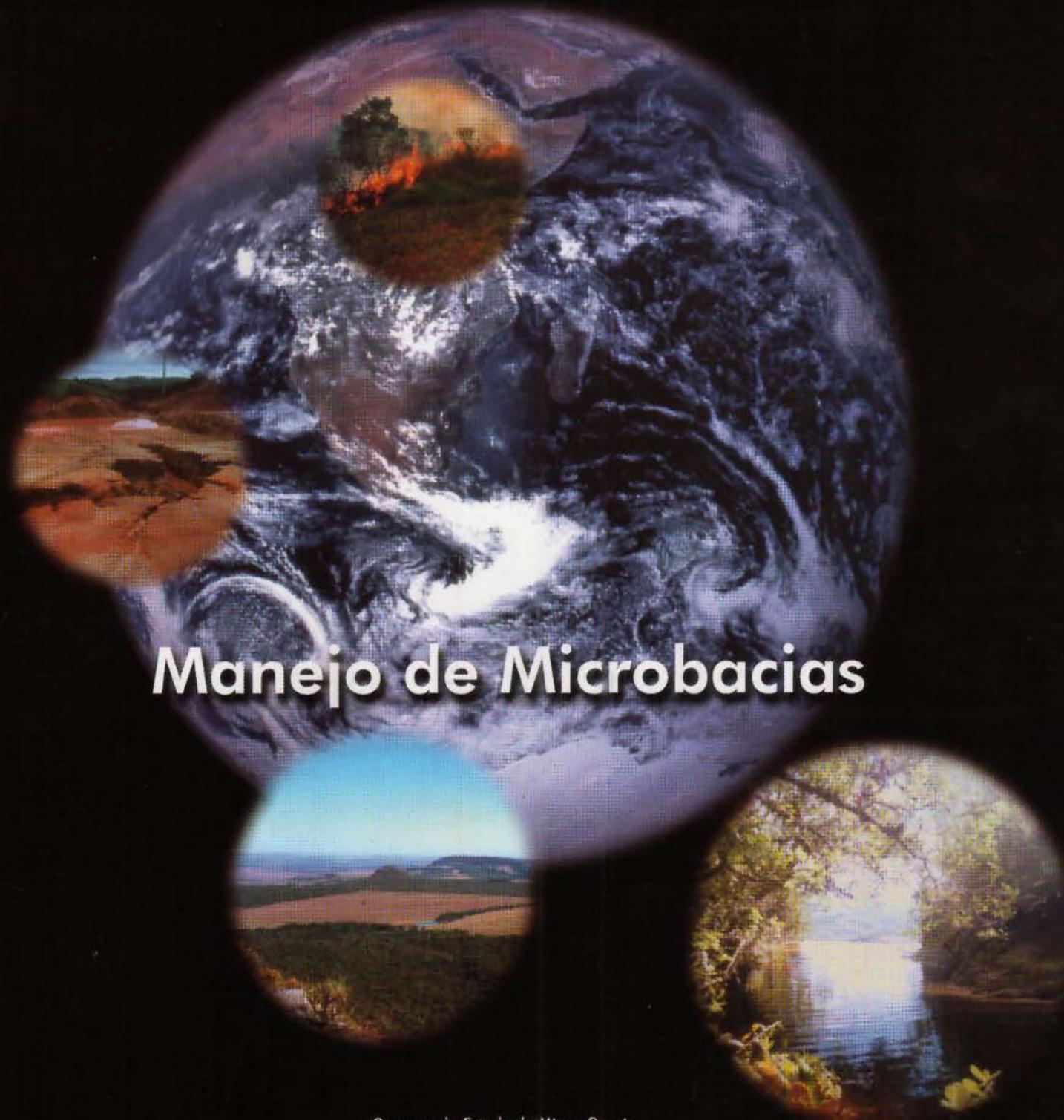


INFORME AGROPECUÁRIO



v. 21 - n. 207 - nov./dez. 2000 Uma publicação bimestral da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais



Manejo de Microbacias

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



Voltar



Avançar



Parar



Atualizar



Página inicial



Pesquisar



Favoritos



Histórico



Canais



Tela cheia



Correio

A EPAMIG está com novo endereço:

www.epamig.br



Faça-nos uma visita!



Reutilizar e reciclar a água é um dever de todos

O engenheiro agrônomo Maurício Roberto Fernandes é formado pela Universidade Federal de Viçosa, MG. Possui mestrado em Solos, com especialização em Israel e na França. Atuou por vários anos como consultor autônomo na área de Estudos Ambientais para empreendimentos hidrelétricos, agrícolas e minerários. Atualmente, é coordenador técnico de bacias hidrográficas da Emater-MG e garante que a melhor estratégia para preservação desses recursos é atuar localmente com efeitos globais.



Maurício Roberto Fernandes

Coordenador Técnico de Bacias Hidrográficas da EMATER-MG

IA - Em Minas Gerais, quando e onde se iniciaram os trabalhos de Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas (MIBH) e como estão atualmente?

Maurício Fernandes - Minas Gerais é um Estado estratégico com relação aos recursos hídricos, em especial os superficiais. Com exceção da Bacia Amazônica, as principais bacias hidrográficas brasileiras originam-se no território mineiro. Dentre estas, destacam-se as dos rios: São Francisco, Grande, Paranaíba e Doce. Os trabalhos de MIBH, em Minas Gerais, têm reflexos nacionais. Isto implica em dizer que o governo federal deve investir com maior intensidade nos recursos hídricos mineiros.

Por outro lado, Minas Gerais apre-

sentada uma variação significativa de ecossistemas que nos leva a difundir técnicas de manejo de bacias diferenciadas para cada região fisiográfica do Estado. Assim, algumas regiões apresentam-se em estágio mais avançado de implantação desta técnica, como o Sul de Minas, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Esses trabalhos foram iniciados no Sul de Minas, nos municípios de Varginha e Pouso Alegre, devido à maior conscientização das respectivas comunidades rurais para os aspectos ambientais.

Em nível municipal, as bacias trabalhadas são aquelas que se inserem nestes territórios. Para gestão dos trabalhos são constituídas ou apresentadas comissões municipais orientadas para a questão ambiental. Nas bacias hidrográficas,

esses trabalhos são conduzidos por associações de produtores e comunidades rurais que são os principais atores desse cenário. A estratégia de trabalho do MIBH, em Minas Gerais, determina que as médias e grandes bacias hidrográficas são constituídas por pequenas bacias, que devem ser a base dos trabalhos inerentes à produção e ao desenvolvimento sustentável.

IA - Qual a importância do meio rural para a qualidade e quantidade das águas em Minas Gerais?

Maurício Fernandes - Cerca de 70% da superfície do Estado são constituídos por áreas rurais e isto quer dizer que a grande área coletora e distribuidora de águas de chuvas e superficiais é repre-

sentada pelo espaço rural. O meio rural está mais próximo das condições naturais que o meio urbano, o que justifica a ênfase dos trabalhos ambientais no primeiro.

Todavia, os trabalhos ambientais no meio rural refletem significativamente no meio urbano, especialmente nos setores da economia como hidroenergético, abastecimento público com água potável, abastecimento industrial e atividades minerárias. Dessa forma, a sociedade urbana deve valorizar o produtor e a área rural, não só como produtora de alimentos, fibras e energia, mas também como fornecedora de água em qualidade e quantidade desejáveis para todas as atividades de sobrevivência humana.

IA - Quais as medidas tomadas pela extensão rural com relação às bacias hidrográficas?

Maurício Fernandes - O MIBH, que em sua essência consiste no uso e ocupação dos recursos naturais renováveis dentro de critérios de sustentabilidade, exige trabalhos interdisciplinares e, sobretudo, interinstitucionais. Assim, a Emater-MG atua com uma variada gama de parceiros, destacando-se instituições ligadas à agropecuária, saneamento básico, hidroenergia, mineração e indústrias/agroindústrias. Os mais importantes parceiros, entretanto, são os produtores e comunidades rurais, que têm como matéria-prima para produção e sobrevivência os recursos naturais renováveis, especialmente o solo, a água e a vegetação.

Entre as principais ações da extensão

rural, destacam-se: a conscientização dessas comunidades e a organização de comissões, diagnósticos participativos de problemas ambientais e técnicas adequadas para atenuação, prevenção e correção dessas situações, segundo a realidade física e socioeconômica de cada bacia hidrográfica.

IA - Como tem sido feita a capacitação técnica de extensionistas dentro deste enfoque de MIBH?

Maurício Fernandes - Não é suficiente que apenas os extensionistas rurais sejam capacitados. Faz-se necessária uma capacitação de técnicos das mais diversas áreas que atuam no município.

A EPAMIG e a Emater-MG vêm desenvolvendo, em nível de regiões e de bacias hidrográficas, cursos técnicos visando diagnósticos ambientais e propostas técnicas estratégicas e operacionais dentro de cada uma dessas realidades. Esses treinamentos têm enfatizado mais a regularização da quantidade e qualidade de água.

Considerando que as águas, tanto superficiais quanto subterrâneas, são o resultado do equilíbrio ou desequilíbrio na interação entre os recursos naturais de uma bacia hidrográfica, a caracterização dos ecossistemas regionais, identificando-se suas potencialidades e limitações, constitui a estrutura básica para planejamentos rurais sustentáveis. As situações identificadas nas regiões e municípios demandam ações prioritárias para as bacias hidrográficas, onde se inserem os mananciais de consumo humano e desenvolvimento social.

IA - Como são feitos esses treinamentos?

Maurício Fernandes - Esses treinamentos receberam o título de *Raids* - colheita de chuvas para produção de águas. Consistem na discussão de métodos e técnicas que potencializem o aproveitamento efetivo das águas de chuvas, considerando-se as bacias hidrográficas como compartimentos coletores destes recursos naturais, que, na maioria dos casos, têm sido perdidos sob a forma de escoamento superficial (enxurrada).

O escoamento superficial excessivo deflagra problemas altamente negativos para as comunidades rurais e urbanas, como as erosões do solo, inundações, assoreamento de rios, lagos e represas. Por outro lado, o escoamento superficial excessivo leva à baixa infiltração das águas de chuva, responsáveis pelo abastecimento das águas subterrâneas, e, conseqüentemente, influi na regularização de vazões de nascentes e cursos d'água.

IA - Quais são as principais dificuldades no processo de MIBH?

Maurício Fernandes - Trata-se de uma mudança de paradigma nos aspectos relacionados como o uso e a ocupação do espaço rural e, em especial, na interação de processos de produção agrossilvipastoril com os recursos naturais renováveis. Como em toda mudança, coexistem aqueles que a aceitam e a praticam (inovadores) e aqueles que continuam com os métodos convencionais. No caso específico das práticas do

MIBH, é fundamental o associativismo e as atividades participativas entre produtores e comunidades rurais que ainda deixam muito a desejar no meio rural mineiro. Por outro lado, faz-se necessário um novo enfoque nos métodos de extensão rural, para que a paisagem natural, em interação com as respectivas comunidades, passe a ser considerada como um sistema, em que as unidades produtivas rurais estão inseridas, bem como as respectivas bacias hidrográficas.

Considero que a adequação à necessidade de compatibilizar, em nível de bacias hidrográficas, os aspectos produtivos, de preservação e de recuperação de recursos naturais torna-se o primeiro obstáculo a ser vencido. É também fun-

damental a mudança de uma engenharia agressiva, para uma engenharia ambiental em todas as suas especialidades.

IA - Quais são os grandes usuários e beneficiários com o MIBH?

Maurício Fernandes - Toda atividade econômica do ser humano será beneficiada com o trabalho que visa à garantia da qualidade e quantidade de água propiciada pelo MIBH, desenvolvido em especial nas áreas rurais. Os grandes usuários/beneficiários, como as atividades agrossilvipastoris, hidroenergéticas, de saneamento, industriais/agroindústrias e minerárias, já se conscientizaram de que a água é um recurso

escasso e de importância vital e estratégica. Um exemplo desta conscientização foi a realização, em caráter pioneiro, do I Seminário Mineiro de Água-Negócios, cujo tema central foi "A colheita de chuvas para produção de águas". Esse evento contou com a participação dos grandes usuários e enfatizou medidas concretas para garantia de quantidade de água desejável para todos.

A água normalmente é vista apenas como insumo, entretanto, ela também é produto, matéria-prima, energia e resíduo. Jamais poderá ser considerada rejeito...

Reutilizá-la e reciclá-la é um dever de todos os usuários.

LANÇAMENTO

R\$4,00

PEDIDOS PELO TELEFAX
(31) 3488-6688

FORMAS DE PAGAMENTO
 Depósito Bancário
 Banco do Brasil - Agência 1615-2 c/c 028063-1.
 Enviar cópia do comprovante de depósito, nome e endereço completos via fax (31) 3488-6688 ou para a Revista Informe Agropecuário Av. José Cândido do Silveiro, 1647, CEP 31170-000 - Belo Horizonte - MG
 Cheque nominal à EPAMIG
 Enviar para a sede da empresa no endereço acima

A pesquisa é fundamental para a sustentabilidade das atividades agrossilvipastoris

O engenheiro agrônomo Sérgio Mário Regina é formado pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Esalq/Piracicaba-SP), com mestrado em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa. Possui um vasto currículo em diversos programas e projetos em todo o Estado. Assessor técnico da EPAMIG, Sérgio Regina, exerce, também, os cargos de presidente do Subcomitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde, membro da Comissão Técnica de Pesquisas de Hortaliças e Frutas da Embrapa, conselheiro curador da Faped/Embrapa Milho e Sorgo e coordenador e idealizador do Programa Raid Colha Chuvas para a Produção de Água, Recarga de Aquíferos e Controle de Inundações.



Sérgio Mário Regina
Assessor Técnico da EPAMIG

IA - O que a pesquisa tem feito para contribuir no processo de Manejo e Conservação das Bacias Hidrográficas (MIBH)?

Sérgio Regina - A pesquisa tem feito pouco, deveria fazer mais. O treinamento em MIBH é uma prioridade também para pesquisadores. Uma grande contribuição, no caso específico da EPAMIG, tem sido o lançamento de publicações que versam sobre meio ambiente, conservação de solos e agora sobre bacias hidrográficas. A EPAMIG tem apoiado a coordenação de eventos sobre bacias hidrográficas. Estive em todos os Centros Tecnológicos da Empresa, há cerca de quatro anos, ministrando curso a pesquisadores sobre Recupera-

ção e Preservação de Recursos Naturais. A EPAMIG vem atuando com eficiência no controle de poluições agrossilvipastoris, visando à qualidade de água. As contribuições da Empresa têm sido muito importantes também na criação de cultivares resistentes ou tolerantes a doenças e a pragas, porque são tecnologias que levam à redução de gastos com pulverizações de agrotóxicos e fertilizantes. Os sistemas de produção animal desenvolvidos pela EPAMIG, com prioridade para animais mais rústicos, criados a pasto, proporcionam redução de custos, especialmente com nutrição, e de poluições.

Mas, sem dúvida, a maior contribuição da EPAMIG tem sido a difusão de conhecimentos na área de qualidade

de água através dos cursos do Programa Raid Colha Chuvas para a Produção de Água e Recarga de Aquíferos.

IA - Como as instituições de pesquisa devem atuar neste processo?

Sérgio Regina - Devem intensificar as pesquisas que assegurem tecnologias poupadoras de matérias-primas, de recursos naturais, de energia, de insumos, de resíduos e de rejeitos nos sistemas de produção vegetal, animal e agrossilvipastoris. As pesquisas devem atender para tecnologias reutilizadoras dos recursos já citados e, posteriormente, tecnologias recicladoras. Criar tecnologias de segurança para destinação final de rejeitos inevitáveis, não recicláveis,

e também tecnologias de tratamento de efluentes.

Na área de insumos, deve-se dar especial atenção aos estudos e pesquisas (não extrapoláveis) para as condições regionais de nossos solos e de nossas águas. Esses estudos e pesquisas devem abranger mais a área de ingredientes ativos de agroquímicos e resíduos de metais pesados. Devem abranger também as pesquisas sobre meias-vidas, coeficientes de partição, efeitos das diversas degradações, sobretudo, elevação de pH, percentuais de água, de matéria orgânica, de carbono e de atividades microbiológicas, atentando para os produtos intermediários e finais formados depois destas degradações. As pesquisas precisam atentar também para as dispersões e deslocamentos miscíveis de ingredientes ativos e metabólitos em colunas dos solos mais representativos de nossas produções vegetais e animais. Num futuro próximo, devem-se promover, também integradas com o Cetec, Embrapa, Copasa e universidades federais de Lavras, Viçosa e Uberlândia, pesquisas e estudos simulados em estação-piloto de tratamento de água sobre a eficácia de processos de remoção desses ingredientes ativos, metabólitos e de metais pesados. Em cooperação com o IMA deverá ser pesquisada a ocorrência de agroquímicos nos produtos colhidos e respectivas regiões produtoras nas cadeias produtiva, alimentar e ambiental. A pesquisa deverá buscar parcerias multiinstitucionais e transdisciplinares para descrever técnica e socioeconômica-mente os principais pólos de produção agrossilvipastoril do estado de Minas

Gerais, dando ênfase aos levantamentos dos ecossistemas físicos de suas respectivas aptidões e restrições para a ocupação racional das glebas e solos produtivos, resguardando as áreas de recarga de aquíferos, visando à compulsória proteção de mananciais de consumo e dessedentações e desenvolvimento social. A EPAMIG deverá criar tecnologias e conhecimentos para monitorações mais científicas de poluições e contaminações de solos e águas em bacias hidrográficas trabalhadas. Essas monitorações, em parceria com companhias hidrelétricas e de saneamento, podem estimar as responsabilidades de cargas poluidoras dos grandes grupos de usuários em médias e pequenas bacias hidrográficas. Buscar pesquisas de fitotecnia e zootecnia com potenciais de redução dos impactos e passivos ambientais em solos e águas das diversas regiões produtoras do Estado. Um exemplo clássico seria a manutenção de pHs elevados para que a absorção de nutrientes pelas plantas seja quase completa, evitando arrastamentos e lixiviações de nutrientes.

IA - Como ocorre e como solucionar a contaminação das bacias hidrográficas pelo uso de agrotóxicos e agroquímicos?

Sérgio Regina - Lamentavelmente a poluição de bacias hidrográficas tem sido observada somente pelo uso indevido de agrotóxicos, herbicidas, inseticidas e fungicidas. De fato a grande maioria de ingredientes ativos utilizados pelas culturas no Estado baseia-se em

informações tecnológicas extrapoladas de outros países com condições edafoclimáticas totalmente diversas do Brasil. O registro desses ingredientes ativos em todos os ministérios responsáveis deveria basear-se em um horizonte maior de pesquisas realizadas pelas empresas federal e estadual de pesquisa e pelas universidades de ciências agrárias. Estas pesquisas deveriam ser efetuadas nas condições de nossos principais pólos de produção agrossilvipastoris. Nesses pólos, as pesquisas devem ser aferidas para posteriormente serem efetuados os registros, as difusões tecnológicas e as posteriores promoções comerciais. O mais importante para ingredientes ativos é conhecer os seus coeficientes de partição (adsorção) e também as suas meias-vidas (permanências) em águas e solos brasileiros. As áreas de recargas de lençóis freáticos e de aquíferos de nossos mananciais não poderiam permitir, por exemplo, a utilização de ingredientes ativos de baixos coeficientes de partição (abaixo de 100), principalmente em períodos chuvosos e sob intensas e perduráveis irrigações. A pesquisa deverá dedicar especial atenção aos excessos de correções, adubações de plantio e de cobertura e aos resíduos de metais pesados e elementos-traços que ocorrem em fertilizantes isolados, em suas formulações e também nos corretivos calcários utilizados no Estado. Todas as bacias hidrográficas trabalhadas devem contar com um diagrama unifilar destacando pontos para análises de qualidade e de toxicidade de água. Através de um perfil inicial, deve ser procedido um programa de monitorações de

quantidade de sedimentos de Índice de Qualidade de Água (IQA) e Índice de Toxicidade de Água (ITA), para avaliar cientificamente os resultados alcançados de melhoria das águas.

IA - Como as atividades agrossilvipastoris podem-se tornar auto-sustentáveis?

Sérgio Regina - Citando Jean Marc Von Der Weid, Agricultura Sustentável 1 e 2: "É interessante notar que se as formulações teóricas da agroecologia, a prática da pesquisa e do desenvolvimento rural continuam presas aos modelos convencionais agroquímicos motorizados, numa espécie de fuga para adiante, na qual não se aplicam os novos paradigmas, a não ser no linguajar adotado pelos técnicos, cientistas, administradores e políticos, que continuam a fazer o mesmo que sempre fizeram, isto é, aplicando os mesmos princípios da Revolução Verde", percebemos que nossos pesquisadores estão atentos a este conceito e procuram realmente criar tecnologias poupadoras, reutilizadoras e recicladoras para assegurar a busca progressiva da agrossustentabilidade dentro de uma racional transição entre o suplementar e o complementar. Para tanto, quatro palavras de ordem são básicas e deverão ser desenvolvidas por professores, pesquisadores e extensionistas: Reduzir (diminuir/poupar) matéria-prima, insumos, energia, resíduos e rejeitos; Reutilizar e Reciclar matéria-prima, insumos, energia e resíduos. Destinar com segurança os rejeitos (mesmo os inertes).

IA - Como a política agrícola e a Ciência e Tecnologia devem trabalhar para o desenvolvimento das cadeias produtiva, alimentar e ambiental?

Sérgio Regina - Primeiro elaborando e implantando projetos executivos de alto interesse aos nossos pólos de produção agrossilvipastoris. Os projetos devem ser completos e abranger um bom número de subprojetos que alcancem as cadeias produtiva, alimentar e ambiental. Cada projeto deverá abranger no mínimo um subprojeto que avalie os impactos e os passivos ambientais dos sistemas de produção, beneficiados com novas tecnologias nas cadeias produtiva e alimentar.

IA - Quais são os programas e recursos que os governos têm apresentado?

Sérgio Regina - Desde 1976, os recursos destinados aos programas de recuperação e preservação de recursos naturais (sobretudo, matas, solos e águas) têm sido escassos e irregulares. Ressaltem-se alguns recursos especiais dos Projetos de Execução Descentralizada da Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) para um reduzido número de pequenas bacias hidrográficas em projetos demonstrativos e exemplares. Vale lembrar a contribuição do Ministério da Agricultura para o Programa Pró-nascentes, com a mesma finalidade, beneficiando pequenos produtores organizados em pequenas

sub-bacias hidrográficas. Há também recursos destinados pela Copasa através do Sistema Integrado de Proteção Ambiental de Mananciais (Sipam) e de convênios com a Cemig para proteção conservacionista de reservatórios de hidroenergia no baixo Rio Grande, em parceria com a Emater-MG. No entanto, o alto interesse do executivo e legislativo mineiros em recuperar e preservar seus mananciais de águas superficiais e/ou profundas e, também, o interesse das companhias de água tratada e de hidroenergia em manter a quantidade e a qualidade de água de seus reservatórios estão reclamando a destinação dos recursos do Fundo Estadual dos Recursos Hídricos (Fhidro), já regulamentado pelo governo do Estado para financiamento de pequenos e médios agricultores organizados nos altos segmentos de bacias hidrográficas estratégicas. Estes financiamentos deverão ser destinados prioritariamente à elaboração e implantação de projetos executivos que visem o desenvolvimento florestal sustentável e de proteção e a recuperação de pastagens nas regiões formadoras de águas das principais bacias hidrográficas do Estado (sobretudo na Mantiqueira). Esses recursos pela regulamentação do Fhidro poderão ser destinados a fundo perdido para obras e serviços coletivos de grande alcance social, financiando a implantação de práticas conservacionistas em condições atrativas aos nossos produtores: prazo de 12 anos, carência de três anos, 3% de juros ao ano e 20% de contrapartida.

REVISTA BIMESTRAL

ISSN 0100-3364
INPI: 1231/0650500

COMISSÃO EDITORIAL

Márcio Amaral
Marcos Reis Araújo
Marcelo Franco
Antônio M. S. Andrade
Luthero Rios Alvarenga
José Braz Façanha

EDITOR

Vânia Lacerda

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Maria Inês Nogueira Alvarenga e Miralda Bueno de Paula

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Marlene A. Ribeiro Gomide

AUTORIA DOS ARTIGOS

Antônio Cláudio Davide, Cláudio Milton Montenegro Campos, Cláudio de Souza Magalhães, Ênio Resende de Souza, João Luiz Lani, José Márcio Rocha Faria, José Maria de Lima, Leandro Roberto Feitoza, Luiz Roberto Guimarães Guilherme, Maria Inês Nogueira Alvarenga, Marilusa Pinto Coelho Lacerda, Marx Leandro Naves Silva, Maurício Roberto Fernandes, Mauro Resende, Miralda Bueno de Paula, Patrícia Vaz, Renê Luís de Oliveira Rigitano, Robério Anastácio Ferreira, Rose Myrian Alves Ferreira, Schirley Cavalcante Alves, Sérvulo Batista de Rezende e Soraya Alvarenga Botelho

REVISÃO LINGÜÍSTICA E GRÁFICA

Marlene A. Ribeiro Gomide e Rosely A. Ribeiro Battista Pereira

NORMALIZAÇÃO

Fátima Rocha Gomes

PRODUÇÃO E ARTE

Digitação: Maria Alice Vieira e Rosângela Maria Mota Ennes

Formatação: Maria Alice Vieira e Rosângela Maria Mota Ennes

Capa: Lamounier Lucas Pereira Júnior

Programação visual: Lamounier Lucas Pereira Júnior

IMPRESSÃO**PUBLICIDADE**

Miguel Talini Marques Filho
Assessoria de Marketing

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova
Caixa Postal, 515 - CEP 31.170-000 - Belo Horizonte-MG
Fone: (31) 3488-8473 - Fax: (31) 3488-8473

Copyright © - EPAMIG - 1977

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.3, n.25 - (jan. 1977) - . -
Belo Horizonte: EPAMIG, 1977 - .
v.: il.

Bimestral
Cont. de Informe Agropecuário: conjuntura e estatística. -
v.1, n.1 - (abr.1975).
ISSN 0100-3364

1. Agropecuária - Periódico. 2. Agricultura - Aspecto
Econômico - Periódico. I. EPAMIG.

CDD 630.5

ASSINATURAS: SETA/EPAMIG

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - Cidade Nova - Caixa Postal, 515
CEP 31.170-000 - Belo Horizonte-MG - Fone: (31) 3488-8473 - Fax: (31) 3488-8473
CGC(MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

Manejo e preservação das microbacias: uma conscientização política

A demanda por alimento em todo o mundo é crescente, devido ao aumento populacional acompanhado da melhoria das condições materiais de vida da sociedade. O Brasil, por sua vasta extensão territorial, tem um potencial eminentemente agrícola, em que a exploração da terra e a maior produtividade muitas vezes vêm sendo obtidas com alto custo econômico e ambiental. Torna-se, portanto, fundamental conciliar resultados econômicos com preservação ambiental para a produção de alimentos.

A sustentabilidade da produção agropecuária não se constitui num problema apenas técnico, mas desloca-se para âmbitos sociais. Questões ambientais como a conservação dos solos e a preservação das microbacias não dizem respeito apenas a uma tecnologia de manejo, mas a uma conscientização política. Os recursos naturais devem ser mantidos em benefício das sociedades rural e urbana, para isso é preciso uma ação governamental justa, com equilíbrio entre o custo de produção e o preço final do produto agrícola para o produtor.

A EPAMIG, em seus 26 anos de pesquisa, tem procurado contribuir para a recuperação e preservação do meio ambiente. A necessidade de produção de alimentos, aliada à conservação dos recursos naturais, poderá levar à prática de uma agropecuária sustentável. Esta edição do Informe Agropecuário tem como objetivo despertar o interesse dos governos e de toda a sociedade para a importância do meio rural na manutenção das áreas urbanas, a partir do manejo das microbacias.

Os artigos reunidos nesta publicação fornecem uma visão abrangente das microbacias e seu manejo, com ênfase para procedimentos que visem a sua preservação e a implantação de uma agricultura sustentável.

Márcio Amaral

Presidente da EPAMIG

Nesta Edição

Para implantação de um sistema agropecuário sustentável é necessário o conhecimento amplo dos ecossistemas, nos quais a atividade está inserida. Partindo-se do conceito de microbacias, ressalta-se uma grande variedade de vertentes do conhecimento englobadas, que vão desde a importância da paisagem na transferência de informações através dos tempos, até o seu aspecto material ou físico como suporte de uma infinidade de atividades. Assim, a microbacia deve ser vista como unidade básica do ecossistema para implementação de ações de manejo sustentável, visando à conservação e/ou à preservação ambiental.

Esta edição revela a importância da conscientização sobre a necessidade de usar os recursos ambientais dentro de um limite de sustentabilidade, bem como de uma formação profissional e educativa de técnicos e educadores que manipulam os recursos naturais. Abrange ainda informações conceituais, componentes das microbacias, contaminantes, opções planejadas de uso e recuperação de microbacias.

A coordenação técnica

Sumário

A água como elemento fundamental da paisagem em microbacias	
<i>Schirley Cavalcante Alves</i>	9
Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais	
<i>Ênio Resende de Souza e Maurício Roberto Fernandes</i>	15
Recursos naturais da microbacia	
<i>Marilusa Pinto Coelho Lacerda e Maria Inês Nogueira Alvarenga</i>	21
Áreas de preservação permanente em uma microbacia	
<i>Cláudio de Souza Magalhães e Rose Myrian Alves Ferreira</i>	33
Contaminação de microbacia hidrográfica pelo uso de pesticidas	
<i>Luiz Roberto Guimarães Guilherme, Marx Leandro Naves Silva, José Maria de Lima e Renê Luís de Oliveira Rigitano</i>	40
Planejamento conservacionista em microbacias	
<i>Maria Inês Nogueira Alvarenga e Miralda Bueno de Paula</i>	55
Restauração de matas ciliares	
<i>Antônio Cláudio Davide, Robério Anastácio Ferreira, José Márcio Rocha Faria e Soraya Alvarenga Botelho</i>	65
Sistemas agroflorestais como opção de manejo para microbacias	
<i>Patrícia Vaz</i>	75
A microbacia no contexto dos assentamentos agrícolas	
<i>Mauro Resende, João Luiz Lani, Sérvulo Batista de Rezende e Leandro Roberto Feitoza</i>	82
Tratamento de esgotos em áreas rurais	
<i>Cláudio Milton Montenegro Campos</i>	95

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v.21	n.207	p.1-104	nov./dez. 2000
----------------------	----------------	------	-------	---------	----------------

O Informe Agropecuário é indexado nas Bases de Dados: CAB INTERNATIONAL e AGRIS.

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

A água como elemento fundamental da paisagem em microbacias

Schirley Cavalcante Alves¹

Resumo - Partindo do conceito de microbacias, resalta-se a grande variedade de motivos paisagísticos presentes neste ambiente e mostra a importância estética destes na representação da paisagem através dos tempos; tanto no aspecto material ou físico, como os riachos, cascatas etc, quanto no aspecto imaterial ou cultural através dos mitos e símbolos representados pela água, elemento captado, reservado e purificado pelas microbacias. Através de uma rápida análise da evolução do conceito da paisagem no Brasil, resalta-se a importância da apreensão cultural do conceito da paisagem e conclui-se que o mito da abundância é um dos fatores responsáveis pelos danos ambientais contemporâneos. Por fim, diante dos questionamentos atuais sobre quantidade e qualidade da água, a paisagem é colocada como importante ferramenta de sensibilização e desmitificação da abundância deste elemento na cultura brasileira, colaborando, assim, para com os critérios e indicadores da sustentabilidade no manejo de microbacias hidrográficas.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Motivos paisagísticos; Indicadores de sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é uma unidade geográfica formada por uma área da superfície terrestre, que contribui na formação e no armazenamento de um determinado curso d'água.

As microbacias ou bacias de cabeceiras, segundo Castro (1999), são pequenas áreas de terras localizadas em regiões montanhosas, que formam as nascentes e drenam córregos e riachos.

Uma bacia hidrográfica, geralmente é formada por inúmeras microbacias, que por sua vez possuem inúmeros pequenos riachos, que formam a malha de drenagem dessa bacia.

Esta unidade geográfica, a microbacia, além de dar origem aos cursos d'água, nos presenteia com inúmeras paisagens, pois, por serem geralmente montanhosas, apresentam o elemento água escoando em grande velocidade e com aspecto cristalino.

Entendemos por motivo paisagístico a razão pela qual se age na paisagem, desenvolvendo uma composição paisagística. Poderíamos dizer que o motivo paisagístico está para a representação da paisagem (*in visu* ou *in situ*), assim como o tema está para a música

Dentro do espaço geográfico definido pelas microbacias, podemos distinguir vários destes motivos paisagísticos, tais como nascentes, riachos, florestas, bosques, cascatas e cachoeiras, todos girando em torno do elemento água.

As microbacias, ambiente responsável pela origem da água, elemento purificador, formam um verdadeiro jardim natural, que devido a sua escala facilitam a percepção humana como unidade paisagística. Comparado ao Jardim do Éden, citado na Bíblia, onde o "Senhor Deus fez brotar da terra toda sorte de árvores de aspecto agradável e de frutos bons para comer... e de onde saía um rio para regar o jardim", o ambiente das microbacias deve ser considerado co-

mo verdadeiro santuário ecológico.

Os motivos paisagísticos encontrados nas microbacias foram representados nos seus mais variados aspectos, no decorrer dos tempos, através da poesia e da arte dos jardins.

Na arte dos jardins, desde a antiguidade estes motivos paisagísticos foram representados. Por exemplo, o *Amaltheum*, uma das primeiras composições paisagísticas que surgiram nos parques romanos, representava uma nascente, onde Zeus teria passado seus primeiros anos de vida aos cuidados de uma Ninfa. Para ter acesso ao *Amaltheum*, era preciso percorrer um caminho por entre os plátanos que contornavam um riacho. Temos aí, nesta composição, a representação de três motivos paisagísticos de uma microbacia: a nascente, o riacho e sua mata ciliar.

Segundo Grimal (1994), nos jardins o ideal de frescor sempre foi simbolizado pelos riachos e canais de água corrente, inspirados nos ambientes das microbacias.

¹Eng^a Agrícola, M.Sc., Doutoranda em Jardins, Paysages, Territoires, Av. D^{ra} Damina Zakhia, 193/B, CEP 37200-000 Lavras-MG. E-mail: jmca@ufla.br

No estilo de jardim pitoresco é que encontraremos o motivo dos riachos que interligavam os lagos em cursos sinuosos entre bosques e pradarias. O estilo pitoresco, marcado pelo primado dos valores pictóricos sobre a natureza observada, também chamado de inglês, surgiu na Inglaterra entre 1720 e 1730 e foi inspirado nos temas chineses e nos cenários das pinturas de Nicolas Poussin e Claude Lorain, pintores do século XVII, que representavam a mitologia em paisagens da Arcádia italiana.

Na atualidade, são os pequenos pântanos que surgem como motivo das grandes obras paisagísticas contemporâneas. Como exemplo, o Parque de Bercy, em Paris, que, além de oferecer plantas aquáticas, objetos que causam grande admiração aos homens, incitam o aparecimento das aves, remetendo à estética criada por Maupassant, que acreditava ser nas paisagens misteriosas dos pântanos (Fig. 1, p.51), que se encontraria o provável lugar da criação.

No romance *Nouvelle Heloise*, escrito por Rousseau, por volta de 1760 na França, tem-se uma descrição deste estilo, no jardim de Júlia:

“Todas estas pequenas estradas, estavam bordadas e eram atravessadas por uma água límpida e clara, que às vezes circulava o gramado e as flores em sulcos quase que imperceptíveis, ou então em riachos correndo sobre um pedregulho que tornava a água ainda mais brilhante. Víamos fontes borbulhar e sair de dentro da terra, e alguns canais mais profundos, nos quais a água calma e passiva refrescava os objetos só de olhar.”

Mas não é apenas a arte dos jardins e a poesia que representam estes motivos encontrados nas microbacias, a pintura e a fotografia também os privilegiam. Na representação pictural das florestas os riachos são de suma importância. São eles que criam as clareiras e perspectivas naturais destas, dando condições ao artista de

representá-las. Assim, pode-se verificar, na maioria das representações das florestas brasileiras, que os riachos são uma constante. Na obra de Martin Johnson Heade, *Brazilian Forest*, tem-se o curso d'água como criador da perspectiva e do ponto de fuga (Fig. 2, p.51).

Dentro do ambiente da microbacia a água permanece como elemento centralizador dos motivos paisagísticos. Mesmo quando ela não está presente visualmente, pode-se percebê-la através do ruído do seu escoar, motivo paisagístico representado na arte dos jardins através das fontes.

MITOS E SÍMBOLOS DA ÁGUA

A mitologia grega gira em torno dos temas Céu e Terra. Neste dualismo, o homem vai-se apropriando progressivamente do elemento sólido e a Terra torna-se o símbolo da posse, da propriedade e do individualismo.

A água é então o plural e são inúmeras as divindades relacionadas com ela. Ninfas, Níades, Nereidas, oceânicas e sereias são representantes do elemento água dentro da mitologia grega, largamente utilizadas nos jardins romanos e no estilo clássico da arte dos jardins.

A água também conserva seu caráter religioso. No cristianismo, a falta d'água é um símbolo de necessidade espiritual, ao passo que sua presença significa refrigério e bênção. Tem-se, ainda, a água do batismo que tira o pecado original e a água benta utilizada para abençoar pessoas, lugares e coisas. No catolicismo, têm-se as águas que brotam dos santuários e a água que misturada ao vinho simboliza a união das naturezas humana e divina de Cristo. Na umbanda, tem-se Iemanjá, a rainha das águas, deusa poderosa que recebe de seus súditos, uma vez por ano, oferendas que são lançadas sobre as águas dos rios e do mar. No espiritismo a água é um dos veículos da boa energia.

Além desse caráter religioso, Bachelard, citado por Didier (1998), mostra-nos que esta qualidade da água de ser manifestada em diferentes formas, sólida, líquida e gasosa, conduz a simbologias con-

traditórias: “a água torrencial opõe-se à água calma; a água depurativa das nascentes e fontes opõe-se aos dilúvios e às inundações, a água pura opõe-se à água usada”.

Mas, apesar desta pluralidade, a água é antes de tudo o solvente universal. Por este motivo ela é fonte da fecundidade e da vida germinativa, o que a faz então um elemento voluptuoso por excelência. Além disso, sua imagem é associada também à idéia do líquido medicinal, através das fontes da juventude e das fontes de águas medicinais. Como a água é o elemento que lava, sua virtude purificadora substitui sua função nutritiva.

Didier (1998), para explicar que a água, através dos seus mitos e símbolos, representa todas as características, dificuldades e comportamentos dela mesma dentro da sociedade contemporânea, lembra da frase de Claude Watelet²: “a água está para a paisagem assim como a alma está para o corpo”.

Dentro desta afirmativa, voltamos nossa atenção à origem deste elemento e notamos a importância do ambiente microbacia como gerador da alma de nossas paisagens reais. Quando falamos de paisagens é importante lembrar que, além do seu conceito dentro do espaço concreto, tem-se ainda o conceito cultural desta palavra, que se apresenta com grande peso, dentro da percepção humana e que, muitas vezes, determina suas atitudes. Diante de problemas tão graves no manejo das microbacias, torna-se importante uma revisão cultural da formação deste conceito nas culturas européia e brasileira.

CONCEITOS EUROPEUS DA PAISAGEM

A paisagem é hoje um tema de grandes pesquisas em vários campos de atuação, tais como, agricultura, arquitetura, geografia, biologia, direito, etnologia, história, sociologia, artes etc. Assim, dentro de um campo tão diverso, ela apresenta uma infinidade de conceitos, o que nos obriga a pensar um pouco sobre a etimologia desta palavra.

²Claude Watelet crítico e escritor sobre jardins na França no século XVIII, autor de “*Arts des jardins*”

Segundo Roger (1991), a palavra paisagem apareceu pela primeira vez no século XVI, na Holanda, para designar uma pintura. Portanto, paisagem é um conceito de origem artística e que por isso demanda uma apreciação estética. Hoje em dia, a paisagem em muitos casos passou a ser interpretada como meio ambiente, o que é um outro conceito que deve ser considerado. Meio ambiente é um conceito mais recente em relação à paisagem, sua origem é ecológica. O conceito de meio ambiente surgiu com a teoria de Haeckel, em 1866, e, portanto, este demanda um tratamento científico.

Segundo Pitte (1983), “a paisagem é a expressão observável pelos sentidos, na superfície da terra, da combinação entre a natureza, as técnicas e a cultura dos homens. A paisagem é essencialmente mutante e só pode ser apreendida na sua dinâmica, isto é, na história que lhe restitui sua quarta dimensão”.

Já para Roger (1991), a paisagem só existe quando é enquadrada pelo olhar ou pela pintura. “A paisagem exige cultura e um distanciamento”, para obtermos assim uma visão do todo, unitária e com uma certa abstração, um recuo. Logo, a paisagem consiste em uma forma de representação da natureza, ou seja, mais precisamente, em uma maneira de esquematizá-la, que permita uma apreciação estética.

FORMAÇÃO DO CONCEITO BRASILEIRO DE PAISAGEM

Como muitos dos problemas encontrados no manejo das microbacias, tais como poluição, desmatamento e desperdício, podem ser explicados pela evolução cultural da percepção da paisagem, mesmo tendo o europeu como o principal componente étnico do povo brasileiro, é preciso uma retrospectiva dos valores e impressões da natureza do Brasil, para se conhecer melhor a evolução do conceito da paisagem na sua história e compreender as raízes do comportamento dos brasileiros com relação à natureza.

Quando os europeus chegaram ao Brasil, encontraram uma civilização de índios completamente integrada com a natureza. O mundo se abria aos navegadores e eles chegaram na terra da fartura. A impressão

dos europeus ao chegarem no Brasil, era da terra de belezas e riquezas naturais incalculáveis, citadas na carta de Pero Vaz de Caminha ao rei, por ocasião do descobrimento.

Aquele pequeno mundo europeu que, até a chegada de Colombo nas Américas, se imaginava acabar em uma grande cachoeira nos confins do mundo, ganhou uma amplitude considerável e, então, o homem ocidental pôde-se apoderar das riquezas dos trópicos.

Estas impressões dos europeus para com a paisagem brasileira foram marcadas ainda pelas descrições dos viajantes que estiveram no Brasil, principalmente no decorrer do século XIX, época dos grandes pensadores iluministas na Europa e das grandes expedições naturalistas.

As imagens encontradas nos trópicos por estes pensadores da cultura ocidental, os remeteram aos modelos do paraíso, que contracenando com os conceitos da abundância, fertilidade e fecundidade, muitas vezes os levaram a reflexões metafísicas.

A necessidade de sentir a natureza exuberante, repetida muitas vezes por estes viajantes, marca a construção cultural da paisagem brasileira. Esta mistura do olhar e do sentir, intrínsecas da formação da paisagem deste país, de uma certa forma remete à necessidade de obter um ambiente sadio, para se conseguir contemplar uma paisagem no Brasil. Para os europeus, que possuem uma cultura pictural incomparavelmente maior que a brasileira, o conceito paisagístico é fundamentado na imagem como afirma Lassus, citado por Roger (1991): “Existe uma diferença, uma irreducibilidade de uma água limpa a uma paisagem. Podemos facilmente imaginar que um lugar poluído faça uma bela paisagem, e que ao contrário, um lugar despoluído não seja necessariamente belo”.

No caso das microbacias, o belo se mistura com o bom e, para se obter uma apreciação estética, precisa-se do suporte científico da qualidade, que se deve basear na sustentabilidade deste ambiente, assegurando sua perduração no espaço e no tempo.

Os viajantes europeus do século XIX que passaram pelo Brasil, quando voltavam à Europa, escreviam e publicavam os relatos de suas viagens. Segundo Belluzzo

(1994), estes apresentavam uma percepção estético-científica. Nestes álbuns da visão das paisagens brasileiras predominou-se o estilo pitoresco, onde pressupõe-se a harmonia entre o homem e a natureza. Neste estilo de representação paisagística, muitas vezes a água se apresenta sob a forma de riachos cristalinos ou de pequenas represas e pântanos, próximos às residências, conforme pode-se notar na Figura 3 (p.52).

Em uma rápida análise, percebe-se que os motivos paisagísticos das microbacias geraram grande parte das gravuras, das pinturas e ainda dos relatos da paisagem pitoresca brasileira presentes nos álbuns dos viajantes estrangeiros, conforme se nota nas descrições de Langsdorff, traduzidas por Haro (1996), naturalista alemão que esteve na ilha de Santa Catarina, no século XIX, “Nas proximidades de cada choupana encontra-se, geralmente à sombra dos pés de laranjeiras, uma fonte de água cristalina”.

Um outro estilo de paisagem encontrado nestes álbuns é o sublime, marcado pela representação de uma natureza excepcional e gigantesca diante de um homem pequeno e insignificante, conforme a Figura 4 (p.52). Mesmo que este estilo não tenha sido o mais encontrado na representação pictural das paisagens do Brasil, nota-se diante do comportamento dos brasileiros com relação à natureza, que o sentimento do imigrante europeu em relação à natureza brasileira era do sublime, ou seja, de uma grandiosidade sem limites e, por isso incitava apenas ao desfrute, esquecendo-se dos cuidados.

Este mito do país de riquezas sem fim, só foi começar a ser derrubado na década de 60, quando a terra foi vista pelo homem a partir da lua. Aí então o que já se sabia foi materializado pela imagem e a natureza ilimitada da América alcançou seus limites, o que provocou uma mudança de referência sensível e de escala de apreensão.

A partir de então, houve a revolução verde, citada por Didier (1998), que desencadeou a afirmação dos valores ecológicos. Começaram a surgir questionamentos sobre alguns comportamentos do homem moderno em relação à natureza. No Brasil, começaram-se a questionar certos hábitos

intrínsecos em sua cultura, com relação à natureza. Como exemplo, o problema do lixo e do desmatamento.

Voltando um pouco na história percebe-se que no Rio de Janeiro no século XIX, segundo Alencastro (1997), existiam os escravos chamados tigres, que eram encarregados de levar os dejetos domésticos até a praia (Fig. 5, p.53). Gilberto Freyre, citado por Alencastro (1997), afirma que esta facilidade de dispor de tigres retardou a instalação da rede de esgotos nas cidades do Império e, hoje, pode-se afirmar que de uma certa maneira o mito da abundância d'água retarda a implantação do tratamento de esgotos no Brasil.

Sabemos que no Brasil, na época do Império, estas atitudes não ocorriam somente na capital e nem que eram apenas as águas do mar que recebiam todos os dejetos. Os rios também eram, e ainda são, vítimas deste comportamento da nossa sociedade. Redes de esgotos foram feitas, mas estas não recebem o mínimo de tratamento. O que acabamos por fazer foi simplesmente trocar de agente: dos tigres para as tubulações.

Esta contaminação da água está presente tanto no meio urbano, quanto no meio rural, onde esta não se apresenta de forma tão evidente. Torna-se necessária uma maior atenção dos governantes, para a conscientização da população rural, sobre esta realidade.

As microbacias, sistemas frágeis e de suma importância dentro do abastecimento de água da população como um todo, além de sofrerem com a poluição, tanto doméstica quanto de pesticidas, também sofrem com os desmatamentos indiscriminados, que estão acabando com as matas ciliares, resultado da falta de uma educação ambiental da população rural. Sabemos que no caso dos lixos domésticos, hábitos simples, tais como a separação do lixo orgânico, que pode ser reaproveitado dentro da própria propriedade, do não-orgânico, que pode ser reciclado, no meio urbano mais próximo, já mudariam muito nossas paisagens. É cada vez mais comum ver-se rios com suas matas ciliares ornadas de pedaços de plásticos nos galhos das árvores. Tal fenômeno é explicado pela população como resultado da enchente. É comum escutar a frase: "isto foi trazido pela

enchente". Neste caso, a enchente não pode ser responsabilizada pela presença do lixo, mas sim o homem que o joga nas bordas dos rios e riachos.

O descaso do brasileiro para com seus rios e riachos é evidente também na zona urbana. Quando se pensa nas grandes capitais da Europa e faz-se um paralelo entre estas e as grandes capitais brasileiras, percebe-se claramente a negligência da cultura destas para com a água. Basta pensar na relação que há entre Paris e o rio Sena, e São Paulo e o rio Tietê.

OS QUATRO ELEMENTOS

Segundo Cauquelin (1989), a paisagem não é outra coisa senão a apresentação cultural instituída desta natureza que nos envolve. Desde os antigos gregos, os precedentes da cultura ocidental, os componentes da *phusis*, ou seja, da física natural, são os quatro elementos: água, fogo, terra e ar.

Estes elementos representam as forças básicas que regem a natureza. Segundo Clément & Hak, citados por Cauquelin (1989), dentro da simbologia oriental, o *géomancien* chinês interpreta as formas da natureza, segundo regras complexas de representações simbólicas entre o relevo, a terra, as montanhas, o sol, a vegetação e as construções. São análises que compreendem a morfologia, a estética e a semântica, através de uma transposição alegórica e metafórica. Castro (1999) cita que os chineses na antiguidade tinham o provérbio: "controlar a montanha é controlar o rio". Isto mostra que possuíam noções claras sobre a formação e a dinâmica dos rios.

Segundo Cauquelin (1989), entre uma paisagem e um panorama completos, a diferença está na presença ou não dos quatro elementos. Segundo esta autora, no século XVIII, época em que a baía de Nápoles foi constantemente celebrada como a mais bela paisagem do mundo, este julgamento é atribuído aos viajantes europeus, pela presença dos quatro elementos reunidos em um só lugar: a água do mar, o céu e a terra, perceptíveis entre as ilhas e suas margens, e o fogo, representado pelo Vesúvio, que mesmo adormecido, lança sempre suas chamas na imaginação.

Neste apelo à imaginação, criam-se regras de transformação dentro deste reper-

tório dos quatro elementos fundamentais. Na ausência de um deles, estas regras permitem a substituição de um elemento por outro através da metáfora.

Entre estes elementos fundamentais, o céu e a terra estarão sempre presentes na paisagem, logo os elementos que jogam com esta metáfora são a água e o fogo e, dentre estes dois, no ambiente das microbacias a água é fundamental. Aqui ela é início, meio e fim, já que nos oferece o frescor, o ruído, os animais, o microclima para o surgimento dos vegetais e, ainda, os vários cenários provenientes de seu movimento em cursos sinuosos, seja ele dentre rochas ou simplesmente sobre a terra, formando ainda corredeiras e cascatas que dão graça e charme a este ambiente.

Além do lado estético, o manejo de microbacias é hoje centro de grande interesse dos pesquisadores e governantes, pois a cada dia a água se torna objeto de disputa entre os países ou as regiões, como por exemplo na bacia do Nilo, onde o Egito e o Sudão reclamam pelas águas provenientes das montanhas de oito países: Burundi, República Democrática do Congo, Eritreia, Etiópia, Quênia, Uganda, Ruanda e Tanzânia.

Constatados esses dados, a FAO/Unesco (Montagnes... 2000), neste momento de preparação para o Ano Internacional da Montanha, em 2002, notou que a atual falta de regulamentação do uso da água tem causado problemas diplomáticos entre alguns países. Assim, a Unesco pretende sensibilizar a população da importância de organizar e regulamentar a distribuição, o uso e o tratamento das águas das montanhas para promover a paz.

Diante de um tão amplo espectro de importância e demanda sobre o elemento água, Didier (1998) anuncia o seguimento da revolução verde: a chamada revolução azul, que se desenvolve no contexto de uma visão pela água, pela vida e pelo meio ambiente. Pois acima de tudo é a água que também mata a sede e que renova a vida dos homens, dos animais, das plantas e do planeta.

A ÁGUA COMO UM ELEMENTO RARO

Segundo Didier (1998), a história da relação do homem com a água modifica-se

com o tempo. Na Europa, da antiguidade ao século XVIII, a água era mercadoria de consumo raro e foi apenas no século XIX, nos países ocidentais, que se descobriram os tempos da água comunitária, conduzida através de técnicas hidráulicas. Então passou a ser consumida de forma tão habitual que o homem foi-se esquecendo de sua raridade. No Brasil, não se conheceu época de consumo raro de água, pois no século XVIII são relatados apenas problemas em relação à vazão de esgotos, jamais de abastecimento. Pode-se perceber isto nas pinturas de viajantes estrangeiros do século XIX, como a Cascatinha da Tijuca (Fig. 6, p.53) de Henri-Nicolas Vinet, que celebram as paisagens aquáticas do Brasil.

Com base em descrições históricas e diante de tais representações, pode-se afirmar que o abastecimento de água nunca representou um problema para a maioria dos brasileiros (exceto em algumas regiões). Mas às portas do século XXI, já se observa na Europa, um retorno da situação de precariedade da água e, no Brasil, o início da manifestação deste fenômeno. Os tempos da água escassa estão de volta e a falta dela ameaça cada vez mais regiões do mundo.

A maioria das projeções indica que caminhamos para uma situação de extrema escassez, ou mesmo de falta de água, dentro de 50 anos, se este insumo não for administrado dentro dos padrões que assegurem a sua disponibilidade e preservem sua qualidade (Rolleberg, 2000a).

Este incrível volume de água que cobre a terra, pode nos levar à falsa conclusão de que se trata de um bem abundante e inesgotável. A água doce, própria para o consumo humano e para a produção de alimentos, não passa de 1%, pois 97% do volume total são de água salgada dos mares e oceanos e 2% são de gelo (Rolleberg, 2000b).

A água está presente em múltiplas atividades do homem e, como tal, é utilizada para finalidades diversificadas. Estes níveis de consumo atingem seu maior índice dentro das atividades de abastecimento doméstico e público, produção de energia elétrica e dentro das atividades industriais e agrícolas, que, segundo Rolleberg (2000a),

consomem cerca de 70% da água doce do planeta.

Este dado cria a questão sobre a maneira como tem sido conduzida a irrigação, que, em grande parte dos casos, molha a lavoura sem levar em consideração a evapotranspiração que depende do clima, do tipo de solo e dos fatores de cada cultura. O que se tem visto é o uso indiscriminado da água para a irrigação, gerando desperdício em algumas regiões e causando falta em outras.

O consumo de água por habitante dobrou entre 1940 e 1990. Ao mesmo tempo a população mundial duplicou. Constatou-se que o volume de água consumida quadruplicou. Além do problema do consumo de água, depara-se também com o problema de sua distribuição, pois nos últimos cinquenta anos o número de habitantes do meio urbano aumentou de 300 milhões, para 2 bilhões de pessoas. Isto aumentou também o problema de distribuição de água, que já se apresenta bastante desigual entre as regiões.

Segundo Didier (1998), na África, assim como no Oriente médio, mais de 230 milhões de pessoas dispõem de menos de 1.000 m³ de água por ano, o que já se pode considerar uma situação crítica. Vinte países já se apresentam em estado de penúria em relação ao problema da falta de água e, em 2025, a previsão é de que serão trinta e cinco países.

O Brasil, neste sentido, é privilegiado, pois, segundo Rolleberg (2000b), ele está dentre os dez países que detêm 60% da água doce do mundo, contando com 8% desta. Da água doce brasileira, 70% encontram-se na região amazônica e os outros 30% estão distribuídos desigualmente pelo país, atendendo a 93% da população. Tais dados mostram que é preciso encarar este grande desafio.

Existem limites para o aumento de disponibilidade da água e, se aparecerem novos recursos, é preciso pensar no custo que eles implicarão e no acesso a eles pelas camadas mais pobres da sociedade, o que pode desencadear problemas sociais e ambientais. Soluções tais como a transferência da água de uma região para a outra, ou a dessalinização da água do mar, são de custo elevado e, quanto às reservas subterrâneas

de água, é preciso lembrar que estas não são renováveis e terminam rapidamente.

A qualidade da água

A poluição da água pode ser considerada uma das primeiras causas de sua diminuição. Segundo dados da Unesco, citado por Didier (1998), 450km³ de água usada são jogados por ano sobre as águas de superfície e quase um terço da população dos países em desenvolvimento é privado de água potável.

A água, que por sua natureza é solvente biológico, coletor de produtos, fator de instabilidade microbiológica, desempenha cada vez mais o seu papel de intermediário entre o saudável e o não saudável.

Segundo Figuerêdo (1999), a degradação das águas superficiais é causada principalmente pelos seguintes fatores:

- a) lançamento *in natura* dos esgotos domésticos;
- b) lançamento de efluentes líquidos industriais;
- c) disposição inadequada dos lixos urbanos;
- d) erosão do solo e assoreamento de material carregado;
- e) usos indiscriminados de nutrientes e defensivos agrícolas.

Assim, a água que é restituída aos meios naturais sem tratamento prévio, além de não poder ser utilizada, é nociva ao próprio ambiente. Esta poluição é provocada pelos usos doméstico, público e industrial, além do uso agrícola. Este último é ainda intensificado pelo uso de adubos e pesticidas da agricultura contemporânea. Os produtos de uso agrícola, mesmo quando não se pratica a rega, são transportados pelo escoamento resultante da precipitação.

Segundo Didier (1998), o aumento da poluição nos rios dos países industrializados é considerável. São nitratos, pesticidas, microorganismos, metais pesados, o preço de uma superprodução jamais vista antes. E este excesso da má utilização da água desencadeia a salinização da terra.

Segundo a FAO/Unesco, citada por Didier (1998), dos 237 milhões de hectares de terras agrícolas, trinta milhões já estão gravemente danificados. Assim, grandes planícies de zonas semi-áridas estão perdendo sua capacidade de produção, por

causa da acumulação de sais causada pelo uso de pesticidas e pela irrigação.

Segundo Figuerêdo (1999), no caso particular de países em desenvolvimento como o Brasil, 80% dessa degradação é causada pelos esgotos domésticos. Logo, o tratamento desses dejetos significaria uma melhora considerável na qualidade de nossas águas.

Necessidade da preservação

Dentro do conceito de desenvolvimento sustentável, a questão ambiental é imperativa. Mas é necessário pensar também em uma lucratividade, pois a produção sustentável demanda o equilíbrio entre o lucro e o suporte de produção. Na agricultura, a água assim como o solo e a biodiversidade constituem a base deste suporte de produção agrícola.

O homem contemporâneo ciente dos limites do planeta e da necessidade de explorar com sabedoria a natureza hoje, para não faltar no futuro, criou este conceito de sustentabilidade. A partir de então, constatou-se a necessidade de criar os critérios e os indicadores de sustentabilidade, parâmetros de essencial importância na atualidade, nas mais diversas áreas.

Estas demandas contemporâneas de sustentabilidade, segundo Lima (1999), refletem a percepção atual que o homem tem para com o ambiente, ela inclui a produção de água de boa qualidade pelas microbacias, a moderação climática, a proteção do solo e da ciclagem de nutrientes, a biodiversidade, os valores estéticos da paisagem, assim como os valores culturais e espirituais.

Vimos que a paisagem designa dois tipos de realidades: material e imaterial. A primeira constituída pelos elementos geográficos, que podem ser naturais ou criados pelo homem. A segunda, o que se releva da percepção, ou seja, da estética (bela ou feia) e da ética (boa ou ruim).

Segundo Cabanel (1995), a atitude de querer tratar somente do material, funcional e econômico, independentemente daquilo que é da ordem imaterial, ou "afetiva", é estar pronto para o fracasso. Quanto ao belo, este é um elemento motor entre os homens. Um bom exemplo são os industriais, que souberam compreender que para vender melhor seus produtos era preciso

investir somas consideráveis no *design*.

Segundo Amaral (2000), a atividade rural brasileira tem passado por profundas modificações, não podendo mais ser considerada apenas no âmbito das atividades agropecuárias, pois o meio rural ganhou novas funções e passou a oferecer água, ar, turismo, lazer e bens de saúde. Tornou-se impossível o tratamento do mundo rural independente do mundo urbano.

O manejo de microbacias hidrográficas, segundo Lima (1999), é uma estratégia holística do uso dos recursos naturais renováveis, de tal maneira a salvaguardar os valores do solo, da água e da paisagem. Assim, é preciso conscientizarmos de que a estética da paisagem no âmbito da conservação, pode ser utilizada como suporte de ação, tanto de sensibilização, revelando as belezas naturais à sociedade local, quanto de apreensão de uma realidade complexa. Pois não existe fatalidade e a ação dos homens pode ser apreendida através da paisagem, que é constituída de um conjunto de sinais que reflete a realidade: assim, o espetáculo do acúmulo de lixo nas águas pode significar tanto a falta de leis e regulamentos, quanto o fato de não serem respeitadas, ou, ainda, que as autoridades públicas dão pouca importância à qualidade de vida de seus administrados.

Na França, a paisagem é utilizada como forma de sensibilização da população, pelo Observatório Fotográfico da Paisagem, organismo do Ministério do Meio Ambiente francês, subordinado ao *Bureau Paysage*. O Observatório Fotográfico da Paisagem é responsável pela criação das séries fotográficas. Estas funcionam como forma de sensibilização e questionamento sobre a evolução da paisagem francesa junto aos atores e comandatários.

No Brasil, dentro do manejo das microbacias, a paisagem entra no âmbito da sustentabilidade como uma importante ferramenta de comunicação e desmitificação, acessível e compreensível junto à população, conscientizando-a da importância da conservação dos motivos paisagísticos desta unidade geográfica. A paisagem representa ainda para os técnicos, o objeto de apreensão de uma realidade complexa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCASTRO, L.F. de. Vida privada e ordem privada no Império. In: ALENCASTRO, L.F. de; NOVAIS, F.A. (Ed.). **História da vida privada no Brasil-Império: a corte e a modernidade nacional**. São Paulo: Companhia das Letras, 1997. p.11-93.
- AMARAL, M. Sustentabilidade: o desafio da pesquisa. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.202, p.3, jan./fev. 2000.
- BELLUZZO, A.M. de M. **O Brasil dos viajantes: a construção da paisagem**. São Paulo: Metalivros/Salvador: Fundação Emílio Odebrecht, 1994. v.3.
- CABANEL, J. **Paysage paysages**. Paris: Jean-Pierre de Monza, 1995. 167p.
- CASTRO, P.S. Bacias de cabeceira: verdadeiras caixas d'água da natureza. **Ação Ambiental**, Viçosa, n.3, p.9-11, 1999.
- CAUQUELIN, A. **L'invention du paysage**. Paris: Plon, 1989. 181p.
- DIDIER, S. Ménager, aménager l'eau: plaidoyer pour un liquide précieux. **Cahiers d'Agriculture**, v.7, n.4, p.255-334, 1998.
- FIGUERÊDO, S.V. de A. Produção quantitativa e qualitativa de água. **Ação Ambiental**, Viçosa, n.3, p.7-8, 1999.
- GRIMAL, P. **L'art des jardins**. Paris: Presses Universitaires de France, 1994. 127p.
- HARO, M.A.P. de. **Ilha de Santa Catarina: rela-tos de viajantes estrangeiros nos séculos XVIII e XIX**. Florianópolis: UFSC, 1996. 236p.
- LIMA, W. de P. A microbacia e o desenvolvimento sustentável. **Ação Ambiental**, Viçosa, n.3, p.20-22, 1999.
- LUGINBUHL, Y. **Textes et representations du paysage du siècle des lumières à nos jours**. Lyon: Lamanufacture, 1989. 270p.
- Les MONTAGNES, châteaux d'eau du monde. In: En 2002, l'année internationale de la montagne. Disponível site FAO. URL: <http://www.fao.org/NOUVELLE/2000/000703-f.htm> Consultado em 03 ago. 2000.
- PITTE, J.R. **Histoire du paysage français**. Paris: Taillandier, 1983. 2v. Collection Approches.
- ROGER, A. Le paysage occidental: rétrospective et prospective. **Le Débat**, Paris, n.65, p.14-28, mai/juin 1991.
- ROLLEMBERG, R. **Água fonte de vida**. Disponível site Rollemberg. URL: <http://www.rollemberg.com.br/Agua3.htm> Consultado em 26 jul. 2000a.
- ROLLEMBERG, R. **Água que vem da terra e o céu**. Disponível site Rollemberg URL: <http://www.rollemberg.com.br/Agua1.htm> Consultado em 26 jul. 2000b.

Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais

Ênio Resende de Souza¹
Maurício Roberto Fernandes²

Resumo - O uso dos recursos naturais, sem o conhecimento e a observância de suas interações, vem potencializando impactos ambientais negativos nos ambientes rurais e urbanos. Os principais componentes das bacias hidrográficas - solo, água, vegetação e fauna - coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais (intemperismo e modelagem da paisagem) e àquelas de natureza antrópica (uso/ocupação da paisagem), afetando os ecossistemas como um todo. Nesses compartimentos naturais - bacias/sub-bacias hidrográficas - os recursos hídricos constituem indicadores das condições dos ecossistemas no que se refere aos efeitos do desequilíbrio das interações dos respectivos componentes. Podem-se determinar com razoável consistência prioridades nas intervenções técnicas para correção e mitigação de impactos ambientais negativos que ocorram nas bacias/sub-bacias hidrográficas. Estas vêm-se consolidando como compartimentos geográficos coerentes para planejamento integrado do uso e ocupação dos espaços rurais e urbanos, tendo em vista o desenvolvimento sustentado, no qual se compatibilizam atividades econômicas com qualidade ambiental.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Desenvolvimento sustentável; Gerenciamento; Manejo integrado; Recursos naturais; Meio ambiente.

INTRODUÇÃO

De modo geral, as abordagens de planejamento das atividades antrópicas e do uso dos recursos naturais, com base em modelos clássicos, têm falhado por dissociarem as questões socioeconômicas dos aspectos ambientais inerentes. Falta, nesse caso, o conhecimento das dinâmicas ambiental e socioeconômica e do conflito que, porventura, exista entre as metas de desenvolvimento socioeconômico e a capacidade de suporte dos ecossistemas (Pires & Santos, 1995).

Para reverter essa situação é fundamental o estabelecimento de planos que utilizem uma abordagem sistêmica integrada e participativa, envolvendo o estudo das dimensões antrópicas, biofísicas e econômicas e das formas de desenvolvimento

sustentáveis, inerentes ao local ou região onde forem aplicados.

Alguns instrumentos de planejamento e gestão, enfocando o desenvolvimento sustentável e envolvendo a participação da sociedade organizada, estão sendo utilizados atualmente. Dentre esses instrumentos, destacam-se o Plano Diretor Municipal (por força da Lei Orgânica dos Municípios), a Agenda 21 local, o Plano Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável (PMDRS) ou Plano de Desenvolvimento Local Sustentável (PDLS) e o Plano Diretor de Bacia Hidrográfica. Persistem porém, na maioria desses instrumentos de planejamento, dificuldades de compatibilizar os aspectos socioeconômicos com os aspectos ambientais. O ponto central deste conflito está re-

lacionado com o espaço territorial adotado para o planejamento, uma vez que, na maioria dos casos, a área geográfica, em questão, tem seus limites de contorno estabelecidos artificialmente (como é o caso do espaço municipal, que tem seus limites estabelecidos por critérios políticos/administrativos), dificultando a harmonização dos interesses de desenvolvimento e de preservação ambiental.

As abordagens de planejamento e gestão, que utilizam a bacia hidrográfica como unidade básica de trabalho, são mais adequadas para a compatibilização da produção com a preservação ambiental; por serem unidades geográficas naturais (seus limites geográficos - os divisores de água - foram estabelecidos naturalmente), as bacias hidrográficas possuem características bio-

¹Engº Agrº, M.Sc., Coord. Técnico Meio Ambiente, EMATER-MG - DETEC, Av. Raja Gabaglia, 1.626, CEP 30350-000 Belo Horizonte-MG. E-mail: bacias@emater.mg.gov.br

²Engº Agrº, M.Sc., Coord. Técnico Manejo de Bacias Hidrográficas EMATER-MG – DETEC, Av. Raja Gabaglia, 1.626, CEP 30350-000 Belo Horizonte-MG. E-mail: bacias@emater.mg.gov.br

geofísicas e sociais integradas.

Por outro lado, é em nível local que os problemas se manifestam. As pessoas residentes nele são, ao mesmo tempo, causadoras e vítimas de parte dos problemas. São elas que convivem com eles e as que mais têm interesse em resolvê-los. Leis, normas, regulamentos e fiscalizações punitivas podem ter pouco significado, se a população não estiver sensibilizada para o problema.

Participação implica em envolver, ativa e democraticamente, a população local em todas as fases do processo de planejamento e gestão (diagnóstico, implementação das soluções, avaliação dos resultados etc.).

As atividades desenvolvidas no contexto das bacias e sub-bacias hidrográficas potencializam as parcerias interdisciplinares e interinstitucionais e estimulam a participação das comunidades locais.

BACIAS E SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS: CONCEITOS E FUNDAMENTOS

As medidas para manejo integrado dos recursos naturais renováveis, em especial solo/água/planta, devem considerar como unidades coerentes para planejamento as bacias e suas respectivas sub-bacias hidrográficas em nível de municípios e regiões, enfocando medidas inerentes à produção, à recuperação e à preservação dos recursos naturais renováveis. Nestes compartimentos geográficos interagem as comunidades rurais com os componentes dos meios físico e bióticos.

Conceitos de bacia e sub-bacia hidrográfica

O termo bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Este compartimento é drenado superficialmente por um curso d'água principal e seus afluentes (Silva, 1995). Os conceitos de bacia e sub-bacias relacionam-se a ordens hierárquicas dentro de uma determinada malha hídrica (Fernandes & Silva, 1994). Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, cons-

tituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos.

O termo microbacia, embora difundido em nível nacional, constitui uma denominação empírica, sugere-se a sua substituição por sub-bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica é também denominada de bacia de captação, quando atua como coletora das águas pluviais, ou bacia de drenagem, quando atua como uma área que está sendo drenada pelos cursos d'água (Silva, 1995).

Por constituírem ecossistemas com o predomínio de uma única saída, as bacias hidrográficas possibilitam a realização de uma série de experimentos (Valente & Castro, 1981). As bacias hidrográficas também constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica, os quais podem acarretar riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e da qualidade da água, uma vez que estas variáveis são relacionadas com o uso do solo (Fernandes & Silva, 1994 e Baruqui & Fernandes, 1985).

A subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub-bacias) permite a pontualização de problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais, da natureza, dos processos de degradação ambiental instalados e o grau de comprometimento da produção sustentada existente (Fernandes & Silva, 1994).

Conceitos de bacias hidrográficas quanto à sua ocupação territorial

A partir da Constituição Federal, de outubro de 1998 (Brasil, 2000), todos os corpos d'água passaram a ser de domínio público, sendo:

- a) bens da União: os rios, lagos e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendem a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;

- b) bens dos Estados: as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, nesse caso, as decorrentes de obras da União.

Essa definição não desobriga o processo como um todo. Deve-se considerar inicialmente a real indissociabilidade das águas integrantes do ciclo hidrológico. Existem casos de rios federais, com afluentes estaduais e vice-versa. No caso das águas subterrâneas, os aquíferos, entendidos como estruturas que retêm águas infiltradas, podem ter prolongamentos além das fronteiras estaduais, passando, portanto, a ser de domínio federal. Essas águas, assim, podem ser federais ou estaduais, diferente do que se popularizou como titularidade dos Estados. A caracterização vai depender das direções dos fluxos subterrâneos e das áreas de recarga (alimentação) e se as obras para sua captação foram contratadas pelo poder público federal (Brasil, 1997).

No entanto, para efeitos operacionais, têm sido consideradas:

- a) bacia hidrográfica estadual: quando a sua rede de drenagem (desde as nascentes que a compõem, até a sua foz) está inserida dentro do território do Estado;
- b) bacia hidrográfica municipal: quando a sua rede de drenagem (desde as nascentes que a compõem até a sua foz) está inserida dentro do território do município.

A água como indicadora da qualidade ambiental das bacias hidrográficas

A água é um recurso singular, pois além de servir a uma ampla gama de usos, possui a qualidade de atuar como substância indicadora dos resultados da manipulação da terra pelo homem.

O deflúvio de uma bacia hidrográfica resulta de fluxos líquidos superficiais e subsuperficiais (Resende et al., 1995) e pode ser considerado como o produto residual do ciclo hidrológico, o qual é influenciado

por três grandes grupos de fatores, ou seja, clima, fisiografia e uso de solo. Dessa forma, a qualidade da água de uma bacia hidrográfica depende das suas interações no sistema, tanto no plano espacial quanto temporal (Souza, 1996).

A qualidade de cada corpo d'água está relacionada com a geologia, o tipo de solo, o clima, o tipo e a quantidade de cobertura vegetal e o grau e modalidade de atividade humana dentro da bacia hidrográfica (Lake..., 1988 e Valente & Castro, 1981).

Assim, o uso e ocupação das bacias hidrográficas refletem, em última instância, na qualidade e na quantidade das águas superficiais e subterrâneas (Ranzini, 1990).

Zonas hidrogeodinâmicas de bacias hidrográficas e suas implicações na capacidade ambiental de suporte do solo

As características e distribuição dos solos dentro das bacias hidrográficas determinam, em função da sua capacidade ambiental de suporte, as diferentes alternativas para uso e ocupação sem comprometimento do meio ambiente, sobretudo a qualidade e quantidade de água em circulação dentro da respectiva bacia hidrográfica.

De modo geral, a paisagem pode ser dividida em zonas hidrogeodinâmicas, como a seguir.

Zonas de recarga

Os solos profundos e permeáveis localizados em áreas de relevo suave, são fundamentais para abastecimento dos lençóis freáticos. Estas áreas, portanto, são denominadas de zonas de recarga e devem, dentro do possível, ser mantidas sob vegetação nativa. Se estas áreas forem utilizadas e ocupadas com atividades agropecuárias, a função de recarga pode ser prejudicada pela impermeabilização decorrente da compactação dos solos pela mecanização agrícola e pisoteio pelo gado. A utilização de agroquímicos de baixa retenção pelo solo pode levar, fatalmente, à contaminação do lençol freático carregado pelas águas que infiltram no solo.

Nas diferentes bacias hidrográficas,

estas áreas podem ser constituídas pelos topos de morros e chapadas.

Zonas de erosão

Imediatamente abaixo das áreas de recarga, distribuem-se as vertentes em declives e comprimentos de rampas favoráveis a processos erosivos, podendo ser acelerados pelo uso impróprio. Estas áreas, dentro das bacias hidrográficas, são denominadas zonas de erosão. Nelas o escoamento superficial tende a predominar sobre o processo de infiltração.

Podem ser cultivadas com lavouras anuais/perenes e pastagens, desde que sistemas de controle à erosão sejam implantados, de forma que os comprimentos de rampas sejam seccionados através de faixas vegetativas de retenção, terraços, cordões em contorno e outras medidas adequadas a cada situação e condições climáticas. Implantando-se estas técnicas, reduz-se o escoamento superficial e aumenta-se a infiltração. Estas áreas são as principais contribuintes para o carreamento de sedimentos para os cursos d'água e reservatórios e podem causar assoreamento e elevação da turbidez das águas superficiais.

Zonas de sedimentações - várzeas

O segmento mais baixo das bacias hidrográficas são as planícies fluviais, vulgarmente denominadas várzeas, que constituem a zona de sedimentação (deposição) nas bacias hidrográficas.

Sobretudo nas regiões mais acidentadas, estas planícies apresentam considerável aptidão para o uso agropecuário, especialmente para a agricultura familiar. Algumas destas planícies, entretanto, apresentam sérios riscos de inundações que podem inviabilizar a instalação de infraestruturas e residências, bem como a utilização agropecuária no período das chuvas. Por outro lado, neste segmento da paisagem, o lençol freático próximo da superfície exige cuidados redobrados na implantação de fossas sanitárias, fossos para embalagens de agrotóxicos e na aplicação de agroquímicos de elevada solubilidade. É neste segmento da paisagem que deve permanecer a vegetação ciliar cuja largura é

estabelecida de acordo com a largura do curso d'água. A vegetação ciliar é de fundamental importância na contenção de sedimentos, erosão de margens, regularização de vazões e proteção da fauna aquática. Contudo, a vegetação ciliar deve estar associada com outras práticas de manejo integrado de bacias hidrográficas.

Interação entre recursos naturais e atividades antrópicas em bacias hidrográficas

No início, o processo de gerenciamento e planejamento de bacias hidrográficas visava basicamente à solução de problemas relacionados com a água, com prioridade para o controle de inundações, para os abastecimentos doméstico e industrial, para a irrigação ou para a navegação. O enfoque principal dessa estratégia continua, em muitos casos, sendo a água, sem atentar para o manejo adequado dos outros recursos ambientais da bacia hidrográfica que também influenciam, quantitativa e qualitativamente, o ciclo hidrológico (Pires & Santos, 1995).

Uma vez que as etapas principais do ciclo hidrológico se processam nos limites dos divisores de água, as bacias hidrográficas constituem-se nas unidades coerentes para implantação de medidas integradas (envolvendo todos os recursos naturais/ambientais) de controle do balanço infiltrações/escoamento superficial das águas das chuvas. Enquanto a infiltração das águas de chuvas são altamente benéficas, garantindo o abastecimento do lençol freático e a disponibilidade hídrica para as plantas, o escoamento superficial (enxurrada) constitui perda irreversível das águas, durante a estação chuvosa, pelas bacias hidrográficas, além de causar erosão, inundações e transporte de poluentes e contaminantes para as águas superficiais (Fig. 7).

Os principais componentes das bacias hidrográficas - solo, água, vegetação e fauna - coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais (intemperismo e modelagem da paisagem) e aquelas de natureza antrópica (uso/ocupação da paisagem), afetando os ecossistemas como um todo. Nesses com-

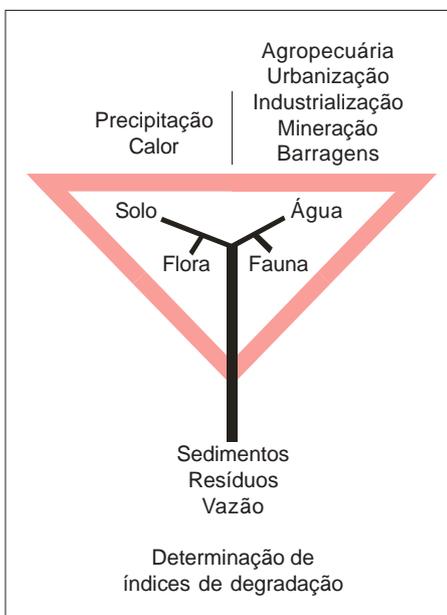


Figura 7 - Interações entre os componentes de uma bacia hidrográfica

partimentos naturais - bacias/sub-bacias hidrográficas, os recursos hídricos constituem-se indicadores das condições dos ecossistemas no que se referem aos efeitos do desequilíbrio das interações dos respectivos componentes.

Assim, podem-se determinar, com razoável consistência, prioridades nas intervenções técnicas para correção e mitigação de impactos ambientais negativos que ocorram nas bacias/sub-bacias hidrográficas.

Por isso, as bacias e sub-bacias hidrográficas vêm-se consolidando como compartimentos geográficos coerentes para planejamento integrado do uso e ocupação dos espaços rurais e urbanos, tendo em vista o desenvolvimento sustentado no qual se compatibilizam atividades econômicas com qualidade ambiental.

INTEGRAÇÃO ENTRE USO DOS RECURSOS NATURAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

A palavra sustentabilidade tem sua origem no latim *sus-tenere*, que significa sustentar ou manter (Ehlers, 1996).

A Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento definiu desenvolvimento sustentável como “aquele que

atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades” (Espinosa, 1993). Esse conceito procura incorporar a conservação ambiental ao crescimento econômico e à equidade social.

Desenvolvimento sustentável é uma expressão que reflete uma grande aspiração da sociedade, mas que não é facilmente alcançável. Tradicionalmente, o planejamento tem sido elaborado e implantado de forma setorial, com carências muito significativas de coordenação e integração intersetoriais. Um dos grandes desafios que enfrentam os governos e a sociedade, em geral, é o de desenvolver e de usar sistemas de gestão, capazes de fomentar e conciliar os três objetivos do desenvolvimento sustentável.

A proposta para manejo integrado de recursos naturais em nível de bacias hidrográficas refere-se, em última instância, ao ordenamento do uso/ocupação da paisagem, observadas as aptidões de cada segmento e sua distribuição espacial na respectiva bacia hidrográfica. Trata-se, portanto, de uma proposta concreta para desenvolvimento sustentado, aqui entendido como o uso dos recursos naturais para fins múltiplos e ocupação dos ecossistemas, observados seus respectivos limites de aptidão, atentando para a prevenção, correção e mitigação de prováveis impactos ambientais indesejáveis sob o ponto de vista econômico, social e ecológico.

Dentro deste enfoque, os recursos naturais são considerados como integrantes da paisagem em estreita interação entre seus constituintes. Nenhuma denominação é mais apropriada que manejo da paisagem, que implica no uso, ocupação e manejo, adequando-os às especificidades de cada elemento da paisagem nos aspectos de aptidão múltipla, dinâmica hidrológica, posição estratégica e inter-relações entre os recursos naturais.

Portanto, o planejamento e o gerenciamento de bacias hidrográficas devem incorporar todos recursos naturais/ambientais da área de drenagem da bacia e não apenas o hídrico. Além disso, a abordagem adotada deve integrar os aspectos ambientais, sociais, econômicos, políticos e

culturais, com ênfase no primeiro, pois a capacidade ambiental de dar suporte ao desenvolvimento possui sempre um limite, a partir do qual todos os outros aspectos serão inevitavelmente afetados (Pires & Santos, 1995). Em outras palavras, o uso e a ocupação são condicionados pelas características intrínsecas de cada sub-bacia hidrográfica. Estas determinam as potencialidades e limitações para as diversas modalidades de uso/ocupação e a potencialização de conflitos de interesses.

PLANEJAMENTO E GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

O gerenciamento eficaz de bacias hidrográficas requer, antes de tudo, um processo de planejamento socioeconômico ambiental dessas unidades, a fim de buscar soluções que se enquadrem dentro dos limites da capacidade de suporte ambiental delas. Dessa forma, são fundamentais a caracterização e o conhecimento da capacidade de suporte, dos riscos ambientais e dos objetivos de qualidade ambiental inerentes às unidades socioeconômicas (comunidades, produtores e famílias rurais) inseridas na unidade biogeofísica (sub-bacia hidrográfica).

É imprescindível que em todas as etapas do planejamento e do gerenciamento de bacias hidrográficas haja a participação e o envolvimento dos atores sociais, de maneira que esses usuários dos recursos naturais possam negociar e acatar as normas e diretrizes de uso, de apropriação, de conservação e desenvolvimento de seu território de forma sustentada. Nesse sentido, é fundamental que os usuários tenham conhecimento do ambiente que os envolve, suas potencialidades e fragilidades, compreendendo, assim, os mecanismos de regulação do uso do solo e dos demais recursos naturais.

A metodologia recomendada para planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas incorpora técnicas de análise integrada de recursos, envolvendo métodos participativos.

O processo de planejamento socioeconômico ambiental consiste em estabelecer objetivos e metas, definidos pelas ca-

racterizações e diagnósticos participativos, que orientarão o gerenciamento da bacia hidrográfica.

A etapa de diagnóstico socioeconômico ambiental resume a análise das condições socioeconômicas e ambientais atuais diante do uso e ocupação da bacia hidrográfica e pode ser dividida em quatro atividades distintas:

- a) inventário e levantamento de dados e informações sobre as condições socioeconômicas sobre os meios físico e biótico;
- b) levantamento de áreas ambientais críticas;
- c) interpretação, juntamente com os usuários, das informações obtidas nos levantamentos/caracterizações, relacionando e hierarquizando os principais problemas e potencialidades da sub-bacia hidrográfica, estabelecendo seus efeitos principais e paralelos e relacionando os efeitos atuais com as causas dos problemas;
- d) análise das informações e classificação das unidades da paisagem e dos ecossistemas de acordo com a sua capacidade de suporte, considerando suas limitações e potencialidades, identificando áreas/usos de conflito.

Com base nesse estudo e nos aspectos legais inerentes, o plano poderá gerar um mapa, enfocando o zoneamento ambiental da bacia hidrográfica.

Nas etapas seguintes, são definidas as questões prioritárias para a bacia hidrográfica e as principais intervenções propostas, geradas a partir das caracterizações, da integração das análises que envolvem as dimensões ambientais, sociais e econômicas e dos diagnósticos.

A última etapa consiste no estabelecimento de um programa de monitoramento e gerenciamento da bacia hidrográfica.

MANEJO INTEGRADO DE SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS (MIBH)

As práticas de MIBH transcendem a ainda persistente aplicação de técnicas de

manejo e conservação de solos em nível de propriedades rurais isoladas, pois integram medidas de saneamento básico/saúde pública, proteção de nascentes, critérios para delimitação de reservas florestais/ecológicas, recuperação de áreas degradadas, proposição de alternativas produtivas em consonância com as aptidões agroclimáticas das bacias hidrográficas e distribuição dos sistemas viários. Todas estas medidas são planejadas e implantadas, considerando-se o contexto das bacias hidrográficas. Em síntese, o elenco de medidas de manejo integrado de bacias hidrográficas busca adequar a intervenção antrópica às características biofísicas destas unidades naturais, sob gestão integrativa e participativa, de forma que minimizem impactos negativos e garanta o desenvolvimento sustentado.

Grande parte das práticas recomendadas para manejo integrado das bacias hidrográficas é de notório conhecimento de técnicos e usuários dos recursos naturais, entretanto, a implantação destas práticas é efetuada isolada e pontualmente, muitas vezes com reflexos localizados e insignificantes (Fernandes, 1998).

Basicamente as propostas do MIBH enfocam três linhas mestras, representadas como vértices do triângulo da Figura 8, ou seja: produção, preservação e recuperação. As diferentes ênfases para cada um dos vértices estão em função das especificidades de cada bacia/sub-bacia hidrográfica. O equilíbrio destas ações básicas reflete concretamente ações de desenvolvimento e produção sustentados em nível de bacias

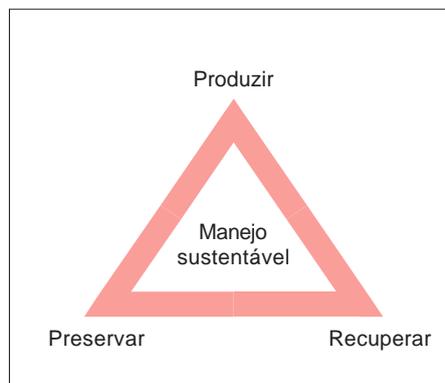


Figura 8 - Ações de manejo integrado de bacias hidrográficas

hidrográficas. Logicamente, as ações/medidas recomendadas são funções de cada realidade biofísica e socioeconômicas das bacias trabalhadas.

Com a subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub-bacias hidrográficas), tornam-se mais viáveis:

- a) a transformação de condições difusas de problemas ambientais para condições pontuais, facilitando sua identificação, seu controle e o estabelecimento de prioridades para a operacionalização;
- b) a identificação de focos de degradação de recursos naturais, da natureza dos processos de degradação ambiental instalados e do grau de comprometimento da produção sustentada;
- c) a priorização e hierarquização de sub-bacias hidrográficas para implantação de medidas atenuadoras daqueles processos;
- d) a municipalização dos trabalhos, uma vez que as sub-bacias de menor grau hierárquico se inserem, em sua maior parte, dentro dos territórios municipais;
- e) as concentrações de esforços técnicos, administrativos e financeiros em unidades físicas (bacia hidrográfica) bem definidas, refletindo em racionalização operacional e respectivos recursos. Desta concentração de esforços resulta uma integração interinstitucional/interdisciplinar efetiva/eficaz;
- f) a quantificação dos custos ambientais.

Aplicações do MIBH

Além de constituir um instrumento coerente para planejamento do uso dos recursos naturais e da ocupação do espaço geográfico, tanto rural quanto urbano, a metodologia de MIBH pode ser aplicada em uma variada gama de atividades inerentes às atividades antrópicas, sobretudo em aspectos relacionados com o Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), planos de controle

ambientais, planos diretores de municípios e de grandes/médias bacias hidrográficas, recuperação de áreas degradadas, proteção de mananciais para abastecimento público e de reservatórios para geração de energia e perenização de cursos d'água.

Considera-se que um significativo percentual das áreas das bacias hidrográficas é constituído pelo espaço rural, sendo que nesse espaço as atividades agropecuárias são aquelas que ocupam maiores extensões do espaço geográfico. Os impactos gerados por estas atividades, além da natureza tipicamente difusa, podem ser refletidos nas bacias hidrográficas de ordem hierárquica superior.

Os reflexos das medidas de manejo integrado das bacias hidrográficas transcendem às áreas rurais, refletindo em garantia de abastecimento hídrico, tanto em qualidade quanto em quantidade, para as populações urbanas, processamentos industriais e vida útil de reservatórios para geração de energia e lazer. Assim, o espaço rural assume relevância não só na produção de alimentos e fibras, mas também como "produtor" de água em qualidade e quantidade satisfatórias ou não, para a utilização múltipla por outros segmentos da sociedade.

Em Minas Gerais, estado de notória importância no contexto hidrológico nacional, estabeleceu-se como estratégia para o serviço

de extensão rural (Emater-MG) a incorporação de sub-bacias hidrográficas, em nível de municípios, ao processo de manejo integrado dos recursos naturais dentro do contexto de bacias hidrográficas de nível hierárquico superior.

Dentro desse enfoque, os territórios municipais podem ser subdivididos em pequenas sub-bacias hidrográficas com características sociofisiográficas próprias, em aspectos relacionados com o uso/ocupação, as densidades demográficas, em nível socioeconômico, aos sistemas viário e hidrológico. A Figura 9 sintetiza esta estratégia, evidenciando a importância das sub-bacias hidrográficas no contexto das bacias hidrográficas de ordem hierárquica superior.

Com a estratificação do território municipal nos componentes sociofisiográficos (sub-bacias), têm-se a unidade celular política (município) e as unidades celulares fisiográficas (sub-bacias hidrográficas). As sub-bacias hidrográficas, dentro do território municipal, são hierarquizáveis para o estabelecimento de subprogramas municipais de curto, médio e longo prazos.

Dentro da região fisiográfica em que se inserem as sub-bacias hidrográficas pilotos, serão obtidas informações e experiências consistentes de modelos de produção sustentada, aplicáveis à respectiva região.

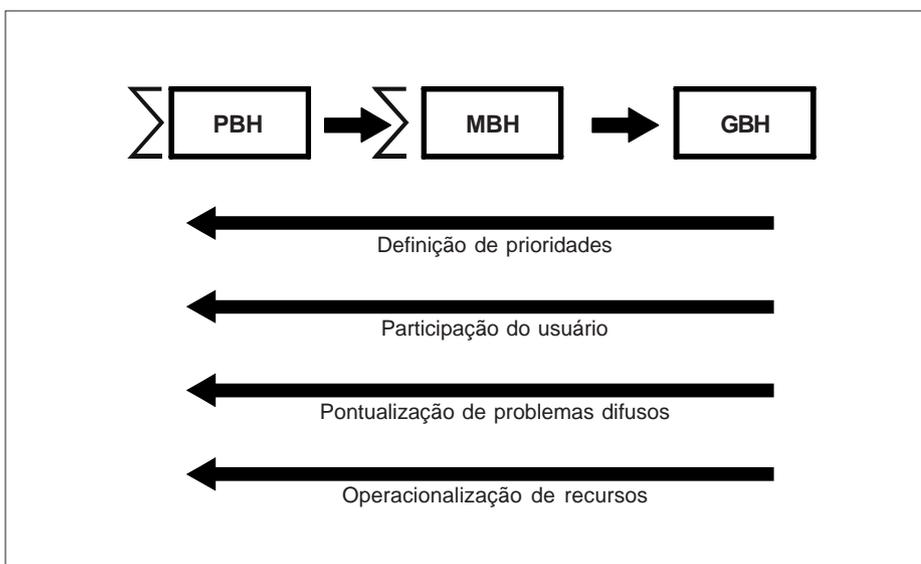


Figura 9 - Relevância das pequenas bacias hidrográficas (PBH), na implementação do MIBH, em comparação com as médias bacias hidrográficas (MBH) e grandes bacias hidrográficas (GBH)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARUQUI, A. M.; FERNANDES, M. R. Práticas de conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.55-69, ago. 1985.
- BRASIL. Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. 25.ed.rev.atual. ampl. São Paulo: Saraiva, 2000. 307p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Política nacional de recursos hídricos**. Brasília, 1997. p.3-11.
- EHLERS, E.M. **Agricultura sustentável**: origens e perspectivas de um novo paradigma. São Paulo: Livros da Terra, 1996. 178p.
- ESPINOSA, H.R.M. Desenvolvimento e meio ambiente sob nova ótica. **Ambiente**, São Paulo, v.7, n.1, p.40-44, 1993.
- FERNANDES, M.R. Controle integrado de erosão hídrica: proposta estratégica para Minas Gerais. In: AÇÃO ambiental. Viçosa: UFV, 1998.
- FERNANDES, M.R.; SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas**: fundamentos e estratégias. Belo Horizonte: EMATER-MG, 1994. 24p.
- The LAKE and reservoir restoration: guidance manual. Washington: Environmental Protection Agency, 1988. 321p.
- PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.19, n.110, p.40-45, 1995.
- RANZINI, M. **Balanço hídrico, ciclagem geoquímica de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com *Eucalyptus saligna* Smith, no Vale do Paraíba, SP**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 99p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1990.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 1995. 304p.
- SILVA, A.M. **Princípios básicos de hidrologia**. Lavras: UFLA - Departamento de Engenharia, 1995.
- SOUZA, E.R. **Alterações físico-químicas no deflúvio de três sub-bacias hidrográficas decorrentes da atividade agrícola**. Lavras: UFLA, 1996. 91p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal/Manejo Ambiental) – Universidade Federal de Lavras, 1996.
- VALENTE, O.F.; CASTRO, P.S. e. Manejo de bacias hidrográficas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.80, p.40-45, ago. 1981.

Recursos naturais da microbacia

Marilusa Pinto Coelho Lacerda¹

Maria Inês Nogueira Alvarenga²

Resumo - São caracterizados, em uma abordagem ambientalista, os principais recursos naturais de uma microbacia hidrográfica, tais como rede de drenagem, geomorfologia, geologia, solos, vegetação e suas inter-relações, e são oferecidos subsídios para a adoção de metodologias sustentáveis de manejo. A microbacia de drenagem é naturalmente delimitada por seus divisores de água, constituindo um ecossistema fechado, que representa uma unidade geográfica ideal para os estudos de planejamento racional integrado dos seus recursos naturais. Os principais recursos naturais interagem entre si e entre a distribuição de solos, na elaboração de estudos conservacionistas de uso sustentável das terras. Assim, o planejamento do uso dos solos pode ser utilizado na programação de manejo de uma microbacia, visando o controle ambiental.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Drenagem; Geologia; Geomorfologia; Manejo.

INTRODUÇÃO

A bacia de drenagem, particularmente a microbacia, constitui a unidade geográfica ideal para um planejamento integrado dos recursos naturais no ecossistema por ela envolvido. É naturalmente delimitada por seus divisores de água e representa um ecossistema fechado, facilmente monitorável em todos seus aspectos, constituindo um campo ideal para estudos do comportamento e da dinâmica dos fatores ambientais. Nela localiza-se de maneira natural o problema da conservação dos recursos naturais, em razão da inter-relação dos seus atributos bióticos e abióticos, o que corresponde a uma unidade fundamental de trabalho nos estudos de planejamentos conservacionistas do meio ambiente.

Assim, os principais componentes de uma paisagem podem ser caracterizados por intermédio da avaliação dos recursos naturais de uma microbacia representativa de tal paisagem. A rede de drenagem, a geologia, a geomorfologia e a vegetação são recursos naturais que interagem entre si e entre a distribuição de classes de solo, considerado o principal recurso natural na

elaboração de planejamentos racionais de uso das terras. Estes programas de uso sustentável dos solos preocupam-se com a conservação dos recursos naturais e envolvem a análise integrada deles e dos seus mecanismos de interdependência. Muitas vezes, os planejamentos têm enfoque reducionista e aplicam-se a apenas alguns segmentos da paisagem geral, o que leva ao desequilíbrio do ambiente natural.

No caso do desenvolvimento agrícola sustentável, o gerenciamento, aliado à conservação dos recursos naturais, deve ser apropriado tecnicamente, viável economicamente e aceitável socialmente, sem degradar o meio ambiente (Water..., 1990). O ecossistema agrícola, no entanto, é bastante heterogêneo, variável de acordo com as características dos meios físico e biótico que compõem a superfície terrestre, e suas inter-relações proporcionam diferentes ambientes. O padrão de uso antrópico, agrícola ou não, é relacionado com esta distribuição de ambientes. O conhecimento dos recursos naturais permite, então, avaliar a capacidade de uso das terras, que, associada às condições socioeconômicas, constituirá a base do planejamento agrônomico.

MICROBACIA HIDROGRÁFICA E REDE DE DRENAGEM

Uma microbacia hidrográfica é definida como o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, cuja delimitação é dada pelas linhas divisoras de água que demarcam seu contorno. Estas linhas são definidas pela conformação das curvas de nível existentes na carta topográfica e ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem considerada (Cunha & Guerra, 1996).

Uma das formas de descrição de uma microbacia é a hierarquização de seus canais de drenagem, ou seja, a definição do número de ordem deles. A ordem oferece maior significado hidrológico do que a toponímia que acompanha o canal na respectiva carta topográfica, sendo definida de acordo com diversas metodologias, e a mais utilizada é a hierarquização de microbacias proposta por Strahler (1952), na qual os menores canais, que iniciam a rede de drenagem, são considerados de primeira ordem. Quando dois canais de primeira ordem se unem, formam um de segunda ordem, que poderá receber um de primeira.

¹Geóloga, Dr^a, Bolsista FAPEMIG, Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. E-mail: marilusa@ufla.br

²Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. E-mail: mines@ufla.br

A união de dois canais de segunda ordem, forma um de terceira e assim sucessivamente. Portanto, numa mesma escala e num mesmo tipo de ambiente, uma drenagem de primeira ordem terá sempre menor volume que uma de segunda, menor número de tributários, menor descarga recebida e assim por diante (Fig. 10).

As bacias hidrográficas contíguas, de qualquer hierarquia, estão interligadas pelos divisores topográficos, formando uma rede onde cada uma delas drena água, material sólido e dissolvido para uma saída comum ou ponto terminal, que pode ser outro rio de hierarquia igual ou superior, lago, reservatório ou oceano. O sistema de drenagem formado é então considerado aberto, onde ocorre entrada e saída de energia (Guerra & Cunha, 1996).

A bacia de drenagem tem papel fundamental na evolução do relevo, uma vez que os cursos d'água constituem importantes modeladores da paisagem. França (1968) atribuiu as variações no padrão de drenagem à natureza do solo, à posição topográfica e à natureza e profundidade do substrato rochoso. Pelo caráter integrador, nas unidades ambientais e, entre elas, as bacias de drenagem revelam-se excelentes áreas de estudos para planejamentos.

As características naturais (topografia, geologia, solos e clima) podem contribuir para a erosão potencial das encostas e para os desequilíbrios ambientais das bacias hidrográficas. Na maioria das vezes, os fatores naturais iniciam os desequilíbrios que serão agravados pelas atividades humanas na bacia (Guerra & Cunha, 1996). A agressão aos recursos hídricos é comum em todos os segmentos da maioria das comunidades antrópicas, mesmo com legislações muito bem elaboradas.

Os desequilíbrios ambientais originam-se, muitas vezes, da visão setorizada dentro de um conjunto de elementos que compõem a paisagem. A bacia hidrográfica, como unidade integradora desses setores (naturais e sociais), deve ser administrada com esta função, a fim de que os impactos ambientais sejam minimizados (Guerra & Cunha, 1996).

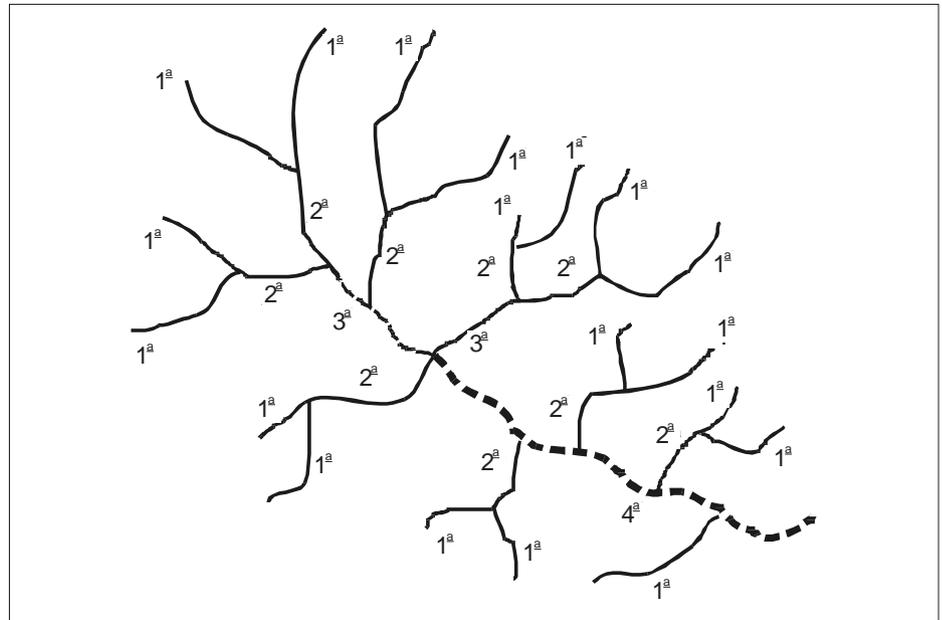


Figura 10 - Hierarquização de bacia de drenagem
FONTE: Strahler (1952).

GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia é a ciência que estuda a forma, gênese e evolução do modelado dos relevos de uma paisagem. Representa a expressão espacial de uma superfície, compondo diferentes configurações da paisagem morfológica. É o seu aspecto visível, a sua configuração, que caracteriza o modelado topográfico de uma área. Entretanto, a geomorfologia não se detém apenas em estudar a topografia, pois envolve os processos responsáveis pela configuração de um relevo, que podem ser endógenos ou exógenos. Os primeiros referem-se às mudanças ocorridas na litosfera; enquanto os processos exógenos traduzem as mudanças ocorridas na atmosfera, biosfera e hidrosfera. Na verdade a gênese de um relevo é elaborada pela integração de ambos os processos no espaço e no tempo (Rostagno, 1999).

Para Ab'Sáber (1969), a geomorfologia é o campo que cuida da compartimentação da topografia regional, assim como da caracterização e descrição das formas de relevo de cada um dos compartimentos. Além dessas preocupações topográficas e morfológicas básicas, a geomorfologia procura obter informações sistemáticas sobre a estrutura superficial das paisagens, refe-

rentes a todos os compartimentos e formas de relevo. Dessa forma, observações geomorfológicas das feições antigas (superfícies aplainadas, relevos residuais etc.) conduzem à visualização da paisagem atual. A geomorfologia moderna procura, ainda, entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, em sua plena atuação; ou seja, procura entender globalmente a fisiologia da paisagem, através da dinâmica climática e observações mais detalhadas.

A geomorfologia pode possuir um caráter integrador, conforme Guerra & Cunha (1996), na medida que procura entender a evolução espaço-tempo dos processos do modelado terrestre, tendo em vista escalas de atuação desses processos, antes e depois da intervenção humana, em um determinado ambiente. O geomorfólogo tem que estar muito atento a essa intervenção, que pode acelerar em poucos anos processos geomorfológicos, o que levaria décadas ou até séculos e milhares de anos para acontecer.

É evidente que o relevo atual, cuja diversidade superficial é o produto do intemperismo da rocha e da cobertura vegetal, comporta um saldo de interferências que somente pode ser compreendido à custa de uma investigação minuciosa das coberturas superficiais, sem esquecer que a

base litológica da paisagem é muito influenciada pelos diferentes domínios climáticos. É dessa forma complexa que os estudos geomorfológicos podem servir às disciplinas vizinhas e atingir algo mais objetivo para a restauração dos eventos que responderam pela evolução do relevo e pelas transformações globais e locais da própria paisagem (Rostagno, 1999).

Davis (1989), citado por Melo (1991), criou um modelo de descrição da evolução da paisagem denominado “ciclo normal de erosão ou ciclo geográfico”, cujo esquema fundamental é a seqüência de fases evolutivas cíclicas até o aplainamento generalizado. Forma-se, então, uma superfície previamente aplainada que, no decorrer dos estádios de erosão, será dissecada, formando cristas e vales rebaixados e aplainados. O peneplano sofrerá novo rejuvenescimento quando, após um novo soerguimento tectônico, terá início outro ciclo de erosão. De acordo com Rostagno (1999), o modelo de Penck é semelhante ao de Davis, porém distintos na essência, pois o soerguimento é constante, não havendo ciclos, e a erosão está sempre atuando.

Portanto, como componente da paisagem, associado aos demais; o modelado de uma paisagem representada por uma microbacia pode ser considerado como uma grande “moldura”, que encaixa e “acomoda” os recursos da natureza.

GEOLOGIA

A geologia envolve o estudo do substrato rochoso de uma dada região ou de uma microbacia, ou seja: composição, propriedades físicas e químicas, formas características de ocorrência, processos de origem e idade geológica das rochas. A geologia estrutural analisa o modo de ocorrência das rochas, a espessura e disposição das camadas, dobradas ou falhadas, além da forma de ocorrência em massas espessas e compactas.

A petrografia, considerada como base das ciências geológicas, estuda a composição mineralógica/geoquímica, a classificação das rochas e os fenômenos genéticos formadores da crosta terrestre, assim como o conjunto geral de processos que agem na superfície e no interior da Terra,

considerados como fatores geológicos endógenos e exógenos (Popp, 1988). Avalia, também, a resistência das rochas em relação aos agentes intempéricos/erosivos, segundo sua origem e constituição mineralógica, responsáveis pela elaboração de formas de relevo.

As rochas, que constituem a crosta terrestre, podem ser associadas nos seguintes grupos genéticos:

- a) rochas ígneas e metamórficas: 95% do volume, 25% da superfície da crosta terrestre;
- b) rochas sedimentares: 5% do volume, 75% da superfície da crosta terrestre.

Os Quadros 1, 2, 3 e 4 apresentam a classificação/caracterização genérica destes grupos genéticos de rochas.

RELAÇÃO GEOLOGIA x GEOMORFOLOGIA

A natureza das rochas, representada basicamente pela constituição mineralógica/geoquímica e estruturação, sob a ação de diferentes condições morfoclimáticas e agentes de erosão, tais como águas correntes (erosão linear ou vertical), erosão

QUADRO 1 - Associação genérica de rochas ígneas

Gênese	Conteúdo em SiO ₂	Cristalização plutônica	Diferenciação vulcânica	Composição mineralógica essencial
Magmas graníticos	Ácida	Granitos	Riolitos	FK, FNa-Ca, Q
		Granodioritos	Dacitos	FCa-Na, FK, Q, M, B
	Intermediária	Tonalito	Q-dacito	FCa-Na, Q, M, B, A
		Monzonito	Latito	FK, FNa-Ca, M
		Diorito	Andesito	FCa-Na, B, A, P
		Sienito	Traquito	FK, Fd(Q)
Magmas toleióticos	Básica	Gabros	Basalto	FCa-Na, B, A(P), [Fe,Ti]
		Hornblenditos	Basalto	A, [Fe,Ti]
		Piroxenitos	P-basalto	P(A), [Fe,Ti]
	Ultrabásica	Peridotitos	P,OL-basalto	P(A), OL, [Fe,Ti]
		Dunitos	OL-basalto	OL, [Fe,Ti]

FONTE: Dados básicos: Willians et al. (1982).

NOTA: FK - Feldspato potássico; FCa-Na e FNa-CA - Plagioclásico cálcio-sódicos e sódico-cálcicos; Q - Quartzo; M - Mica branca (moscovita); B - Biotita; A - Anfibólio; P - Piroxênio; OL - Olivina; Fd - Feldspatóide; [Fe,Ti] - Óxidos de ferro e titânio.

QUADRO 2 - Associação genérica de rochas metamórficas

T(°C)	Fácies metamórficas	Pelíticas	Rochas		Básicas/ Ultrabásicas
			Graníticas	Calcárias	
200-500	Xisto-verde	Mica-xistos	Xistos-graníticos	Carbonato-xistos	Clorita-epidoto-xistos/Talco-xistos
300-600	Anfibolito	Granada, Estaurolita, Cianita-xistos	Gnaisses	Mármore a Anfibólio e/ou Piroxênio	Anfibolitos
>500	Granulito	Sillimanita-granulitos	Granulitos graníticos	Granulitos cálcicos	Granulitos básicos/ Ultrabásicos
>600	Eclogito	–	–	–	Onfacita-piropo (cianita-rutilo)

FONTE: Dados básicos: Willians et al. (1982).

QUADRO 3 - Classificação dos principais tipos de sedimentos clásticos e rochas sedimentares correspondentes

Grupos principais	Granulometria Atterberg (mm)	Nomes dos sedimentos ou rochas sedimentares	
		Sedimentos não-consolidados	Rochas sedimentares
Sedimentos granulometria grossa ou pséfritos	> 200 200 a 20 20 a 2	Matações Cascalho grosso Cascalho fino	Conglomerados Brechas
Sedimentos granulometria média ou psamitos	2 a 0,2 0,2 a 0,02	Areia grossa Areia fina	Arenitos grosseiros Arenitos finos
Sedimentos granulometria fina ou pelitos	0,02 a 0,002 <0,002	Silte Argila	Siltitos Argilitos

FONTE: Dados básicos: Popp (1988).

QUADRO 4 - Principais sedimentos e rochas sedimentares químicas

Rocha	Composição química
Calcário calcítico	CaCO ₃
Calcário dolomítico	(Ca, Mg)(CO ₃) ₂
Depósitos ferruginosos	Óxidos/hidróxidos de Fe
Fosforitos	Fosfatos secundários
Evaporitos	Cloretos, sulfatos e nitratos

FONTE: Dados básicos: Popp (1988).

mecânica sob variações da temperatura e decomposição química, reflete suas propriedades geomorfológicas ou comportamentais em relação à erosão, sintetizadas a seguir, segundo Penteadó (1980):

- a) grau de coesão entre constituintes: é responsável pela velocidade da incisão linear e pelo trabalho de desobstrução. Depende da natureza do cimento (rochas sedimentares) e da porosidade e granulação (rochas ígneas e metamórficas). As rochas não compactas facilitam a esculturação mais rápida de vertentes;
- b) grau de permeabilidade: corresponde ao elemento de escoamento. Depende da comunicabilidade entre os poros, da existência de juntas e fissuras e grau de solubilidade. A permeabilidade afeta o grau de escoamento superficial;
- c) grau de plasticidade: facilita a incisão linear rápida dos canais, dificulta a infiltração, aumenta o escoamento superficial e facilita a evolução das vertentes sob escoamento concentrado ou difuso. As rochas plásticas são sujeitas ao escorregamento;
- d) grau de maciez ou ocorrência de planos de descontinuidade. Relacionam-se aos tipos de planos de descontinuidade: planos de sedimentação ou estratificação, planos de clivagem, planos de diáclases; e

planos de xistosidade. Os planos de descontinuidade favorecem a desagregação mecânica e penetração da água, permitindo lubrificação da superfície de contato entre os planos, provocando escorregamentos, congelamento, expansão e quebraimento ao longo dos planos de descontinuidade, onde a erosão mecânica prepara a rocha para o ataque químico;

- e) tamanho dos grãos: as rochas de granulação fina resistem melhor à decomposição do que as de granulação grossa, pois estas facilitam os ataques mecânico e químico;
- f) grau de solubilidade dos elementos componentes de uma rocha: variável;
- g) grau de heterogeneidade: determina a velocidade do ataque químico; o ataque químico aos elementos mais solúveis permite a desagregação dos demais, rompendo-se a coesão da rocha.

De acordo com o comportamento das rochas em face de erosão, podem-se classificar os principais tipos de rocha que são responsáveis pela elaboração do relevo em:

a) quartzitos

Rochas sedimentares de composição silicosa homogênea, equigranular; quando o cimento é silicoso corresponde ao tipo de rocha que melhor resiste ao ataque químico. São muito resistentes pela homogeneidade, natureza dos grãos e pelo fissuramento que reduz o escoamento superficial. Relevo: Constituem as cristas e arestas mais elevadas de uma paisagem.

b) rochas cristalinas (granitos/gnaisses)

São rochas coerentes, duras, impermeáveis, não plásticas, mas possuem planos de descontinuidade e são heterogêneas, com cristais de plagioclásio mais intemperizáveis ao lado de cristais de quartzo de forte resistência ao intemperismo. Daí a facilidade de alteração dos granitos, especialmente sob certas condições de clima (quente e úmido). O tamanho dos grãos variável explica o comportamento diferenciado, devido à

maior facilidade de perda de coesão nas rochas de granulação mais grossa, assim como a composição mineralógica: biotita-granitos são mais facilmente alterados.

Relevo: Predomina a erosão linear sobre a erosão das vertentes; o relevo caracteriza-se por vales estreitos, fortemente encaixados, vertentes abruptas, perfis convexos, pois o escoamento difuso gerador de vertentes côncavas é pouco eficiente. Ocorre presença de matações e areias. A rede de drenagem é bastante ramificada devido à impermeabilidade da rocha; os vales são atulhados de areias e seixos. O relevo mais comum é o “mar de morros” ou “meias-laranjas”, e os “pães-de-açúcar” em climas úmidos. Já em climas frios, caracteriza-se por agulhas finas, pontões e cumes ponteados. Em climas secos, predominam as planícies arenosas, cristas rebaixadas, vales alargados pela grande contribuição das areias das vertentes e pela incompetência do transporte. Enquanto nos climas temperados e nos tropicais quentes e permanentemente úmidos os granitos dão as saliências topográficas, nos climas semi-áridos ou com estação seca definida, eles correspondem a porções deprimidas e vales.

Os gnaisses resistem menos que os granitos em climas quentes e úmidos devido à textura foliada; os vales encaixados em gnaisses serão mais profundos e mais abruptos; já em climas secos, os gnaisses permanecem em resalto originando cristas, devido aos planos de foliação metamórfica.

c) arenitos

Rochas sedimentares que apresentam planos de descontinuidade (estratificação), são relativamente homogêneas, e quando silicificadas em alto grau são impermeáveis. Em geral, a grande permeabilidade as tornam resistentes à erosão, especialmente a química. O ataque se faz através das fissuras, a partir da base dos conjuntos rochosos (solapamento basal), por erosão mecânica; e, à medida que a base é solapada, os flancos desmoronam, segundo planos verticais de diáclases. A vertente recua sem perder a verticalidade.

Relevo: Os relevos originados apresentam nitidez das formas com contrastes entre pla-

nalto tabulares ou subtabulares e vales fortemente encaixados de paredes íngremes; a densidade de drenagem é fraca acompanhando a rede de diáclases e fissuras.

d) argilitos e xistos

Apresentam composição química homogênea (silicatos de alumínio); elementos pouco solúveis e arranjo micrométrico dos grãos, possuindo fraca resistência à erosão mecânica por escoamento superficial, devido à alta plasticidade e, os xistos apresentam, também, planos de xistosidade; porém são quase imunes à decomposição química.

Relevo: A evolução do relevo é relativamente rápida e à medida que a drenagem escava os vales, as vertentes são reduzidas, dando formas suavemente onduladas. Em clima úmido, o relevo apresenta-se com aspecto de colinas muito pouco onduladas, de cristas convexas. Nos climas secos, a decomposição química é insuficiente, a paisagem caracteriza-se por vertentes inclinadas e recortadas pela erosão dos canais.

e) calcários

Rochas sedimentares de origem química que apresentam alta solubilidade.

Relevo: Característico, denominado relevo cárstico. Caracteriza-se pela ausência de rede de drenagem organizada, desenvolvimento de galerias e cavernas com formas de estalactites e estalagmites, rios subterrâneos e dolinas.

SOLOS

Em nível de microbacia hidrográfica, o conhecimento de ambientes complexos e multivariáveis como os ecossistemas naturais, ocupados ou não por atividades antrópicas, é facilitado por sua estratificação em segmentos representativos dos seus diversos recursos naturais. Estes interagem entre si e particularmente na distribuição dos solos, sendo então a estratificação de ambientes por intermédio do levantamento de solos muito útil (Resende, 1983). O solo é o principal recurso natural para o aproveitamento agrícola, mas pode ser esgotado, se mal utilizado.

O solo é o resultado da ação do clima e organismos (fatores ativos) sobre rochas e sedimentos (fatores passivos), sob influência do relevo, depois de um determinado tempo; podendo ser representado pela “equação” expressa na Figura 11.

A variabilidade de ocorrência de solos é muito grande, porque mesmo que a maior parte dos fatores de formação do solo seja mantida, ao variar um desses componentes, têm-se produtos (solos) diferentes. Por exemplo, comparando-se os solos de topo e base de uma encosta, eles vão-se diferenciar pelo menos na profundidade e teor de matéria orgânica de seus horizontes. Há uma tendência nítida de se encontrar solos mais rasos e mais férteis em condições de clima seco e quente (Nordeste) e solos mais profundos e ácidos em condições de clima frio e úmido (Sul), originários de mesmo substrato rochoso.

De maneira geral, em condições de bioclimas mais ativos (elevada precipitação e/ou temperatura), os solos são mais desenvolvidos do que em condições de bioclimas menos ativos. No que se refere ao desenvolvimento do solo, entende-se que sua idade está mais relacionada com o desenvolvimento do perfil do que com a idade cronológica propriamente dita. Dessa forma, a idade do solo é avaliada pelo número e desenvolvimento dos horizontes e/ou camadas diferenciadas de solo em um perfil.

Basicamente os solos mais desenvolvidos são constituídos pela seqüência de horizontes (A) – (B) – (C), assentados sobre (R), que pode ser a rocha ou sedimentos de origem do solo. A espessura e desenvolvimento desses horizontes varia em função dos fatores de formação dos solos (Fig. 11) e, de maneira geral, quanto mais distante da superfície está o material de origem, mais velho (intemperizado) é o solo.

O horizonte A é o horizonte mineral superficial dos solos, portanto o mais intemperizado; está presente naturalmente em todos os solos, como por exemplo nos Litólicos, que são solos jovens com seqüência A – R.

O horizonte B, subsuperficial, quando presente, é também denominado horizonte diagnóstico, por ser aquele que define a classe de solo de acordo com o desen-

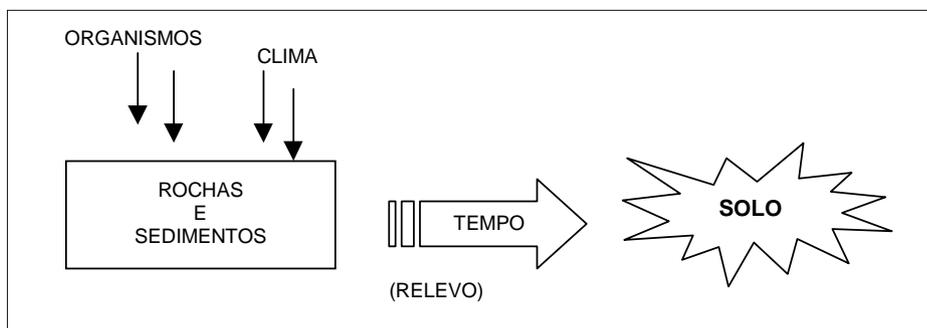


Figura 11 - Fatores de formação dos solos
FONTE: Dados básicos: Resende et al. (1995).

volvimento de características pedogenéticas específicas. Os mais comuns são o horizonte Bw (B latossólico) que é o horizonte diagnóstico dos Latossolos, o horizonte Bt (B textural), diagnóstico de várias classes de solos, sendo as mais comuns os Podzólicos e o Bi (B incipiente) diagnóstico de Cambissolos.

O horizonte C é aquele que se encontra menos intemperizado, mais próximo do material de origem e, conseqüentemente, é aquele que guarda maior relação com o material de origem. Além desses, existem outros horizontes e camadas que definem e constituem outros solos. De forma generalizada podemos entender o desenvolvimento dos solos de acordo com o esquema apresentado na Figura 12, segundo Resende et al. (1995).

Os solos ocupam posição peculiar nos ecossistemas, porque são o resultado da ação conjunta de vários fatores ambientais e, ao mesmo tempo, importantes componentes do ambiente, por serem suporte de desenvolvimento de várias formas de vida, que sustentam outras formas de vida e assim sucessivamente; são a base da transferência de energia na Terra. Assim, dependendo do produto formado, o que inclui a influência marcante do clima, tem-se uma determinada cobertura vegetal e os demais componentes ambientais a ela associados, o que expressa uma determinada relação ambiental e, conseqüentemente, uma determinada paisagem. O uso antrópico dos solos também implica em relações ambientais, porque qualquer alteração provoca reações no ambiente, que busca um novo equilíbrio ou novas relações. Entretanto, em qualquer circunstância, o solo

sempre será um suporte para a transferência de energia na Terra.

Relação solos x rede de drenagem

O modelo ou padrão de drenagem de uma região ou microbacia corresponde ao arranjo planimétrico dos cursos d'água, sugerindo uma tendência de arranjo. O estudo do padrão de drenagem é bastante útil, embora seja difícil estabelecer regras generalizadas. Existem seis tipos básicos de padrões de drenagem (Fig. 13). O modelo mais comum em condições brasileiras é o dendrítico. Este padrão forma-se na presença de substrato que oferece resistência uniforme na horizontal (Marchetti & Garcia, 1977).

O padrão de drenagem desenvolvido em uma área é em grande parte função da relação infiltração/escoamento. Esta razão está por sua vez intimamente relacionada com as características do solo, embora o substrato rochoso, clima, relevo e a cobertura vegetal da região exerçam influência. Solos relativamente arenosos, devido à textura grosseira favorecem a infiltração em detrimento do deflúvio, mostrando um padrão pouco denso. Solos relativamente argilosos oferecem maior resistência à infiltração, favorecendo o deflúvio e criando um padrão de drenagem mais denso (Marchetti & Garcia, 1977). Um exemplo da relação entre a análise de padrão de drenagem em amostras circulares de redes de drenagem e classes de solo é dado na Figura 14.

Relação solos x geologia

A geologia, notadamente a petrologia, através do estudo das rochas, um dos clás-

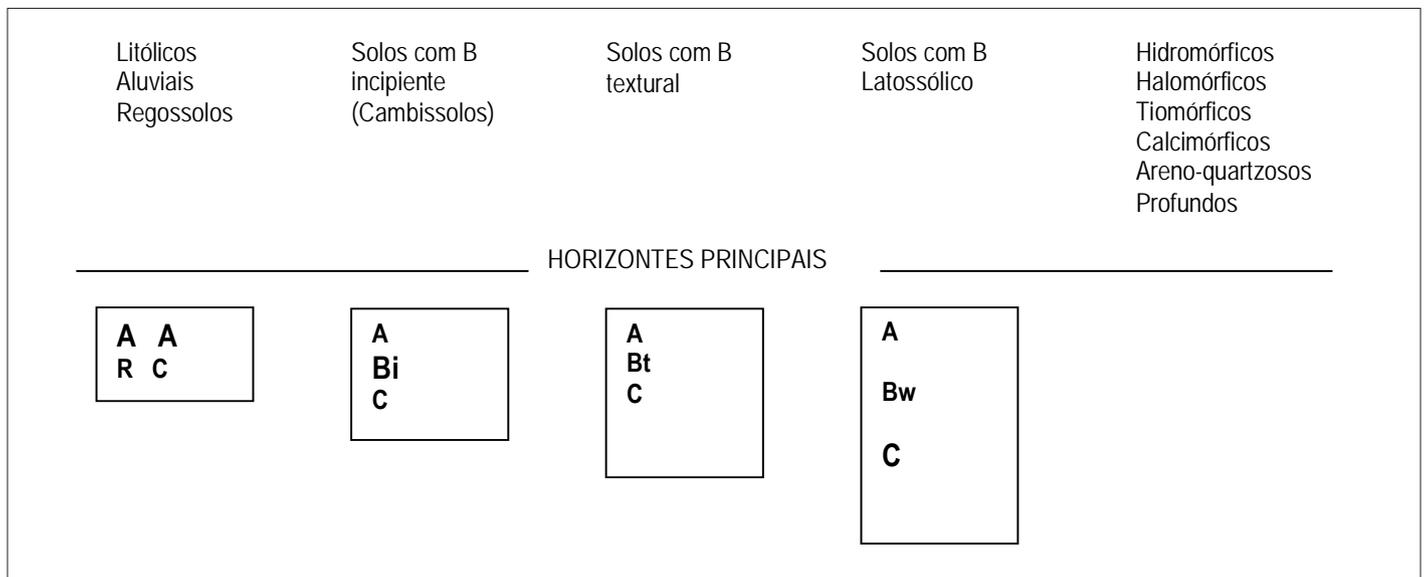


Figura 12 - Esboço das principais classes de solos do Brasil
 FONTE: Dados básicos: Resende et al. (1995).

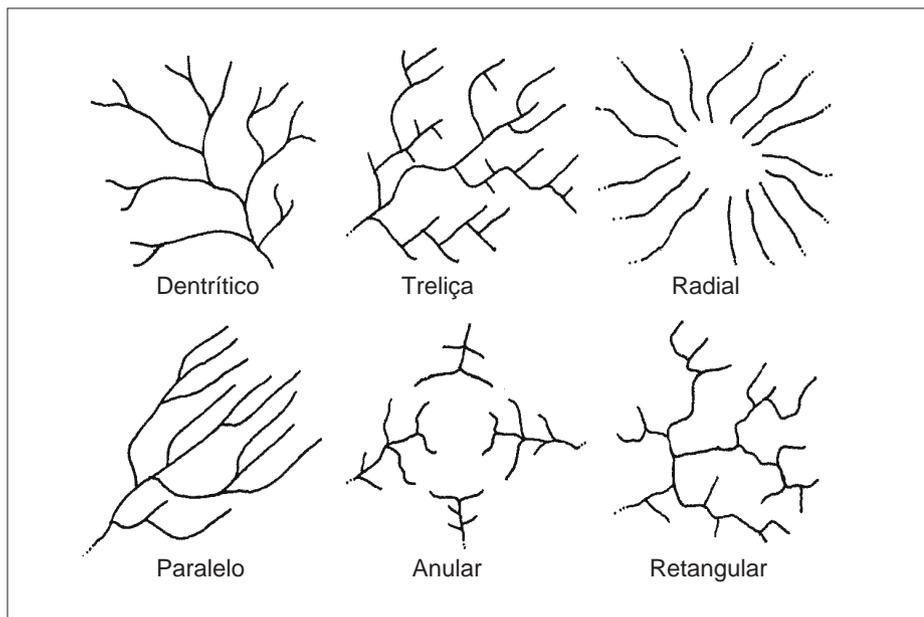


Figura 13 - Padrões básicos de drenagem
 FONTE: Marchetti & Garcia (1977).

sicos fatores de formação dos solos (Macias & Chesworth, 1992), reveste-se de grande importância no que diz respeito à gênese e classificação dos solos, pois é sobre as rochas que os demais fatores de formação exercem sua influência no processo de evolução dos solos (Rotta, 1972). A porção externa e superficial da crosta terrestre é formada por vários tipos de corpos rochosos, constituindo o manto rochoso, sujeito aos agentes de intemperização, propor-

cionando a decomposição das rochas e gênese dos solos (Popp, 1988). As propriedades e evolução dos solos, especialmente nos estádios iniciais, são fortemente afetados pela composição química e mineralógica, assim como a textura e estrutura das rochas das quais eles se originaram. Alguns autores consideram que a morfologia dos solos, especialmente quando as rochas parentais são metamórficas, é geralmente relacionada com a estrutura ori-

ginal das rochas (Macias & Chesworth, 1992). A influência do material de origem nos solos é, então, extremamente importante ao oferecer condições de se predizer características e propriedades dos solos formados, considerando os fatores de formação que atuam intimamente no processo pedogenético.

O produto final do intemperismo de rochas e sedimentos é o solo - um indivíduo multifásico, multicomponente, multivariável e tridimensional, que se situa na interface atmosfera-litosfera. Na formação dos solos ocorrem reações físicas, químicas e biológicas que determinam os diferentes horizontes com suas características peculiares. A composição mineralógica do solo será função da constituição geoquímica do material originário, considerando o processo atuante na sua formação, assim como as reações químicas envolvidas. A seqüência básica de evolução dos solos ou grau de intemperização é a seqüência de idade (cronosseqüência), isto é: Litossolos < Cambissolos < Solos com horizonte B textural < Latossolos (Resende et al., 1995).

O reconhecimento do material de origem indica, então, características e propriedades do solo formado, considerando os fatores de sua formação, assim como o grau de intemperização em que se encontram.

De maneira genérica podem-se estimar algumas destas características e propriedades dos solos formados, a partir do tipo de substrato rochoso pelo qual ele se desenvolveu e vice-versa (Resende et al., 1995).

Estudos de correlação geopedológica na região de Lavras, MG, realizados por Lacerda (1999), permitiram inferir alguns atributos químicos e físicos de solos B texturais, partindo-se do critério do conteúdo de Fe_2O_3 nas rochas originais, uma vez que este encontra-se vinculado à composição mineralógica e geoquímica delas (Quadro 5).

Relação solos x geomorfologia

O relevo é ligado ao fator tempo na gênese dos solos; é, portanto de se esperar que na paisagem brasileira, onde os processos pedogenéticos são ativos, ele tenha um papel crítico como controlador do tempo de exposição aos agentes bioclimáticos (Resende et al. 1995). Para esses autores, as partes mais velhas (expostas ao intemperismo há mais tempo) são justamente as grandes e altas chapadas, comuns no território brasileiro; onde ocorrem os solos mais velhos e lixiviados, muitas vezes cobertos por vegetação de cerrado, enquanto as partes rejuvenescidas, mais baixas e mais acidentadas, apresentam, quase sempre, vegetação melhor sobre solos mais novos.

Segundo Valério Filho (1984), citado por Rostagno (1999), os aspectos do relevo influem de forma direta na evolução do per-

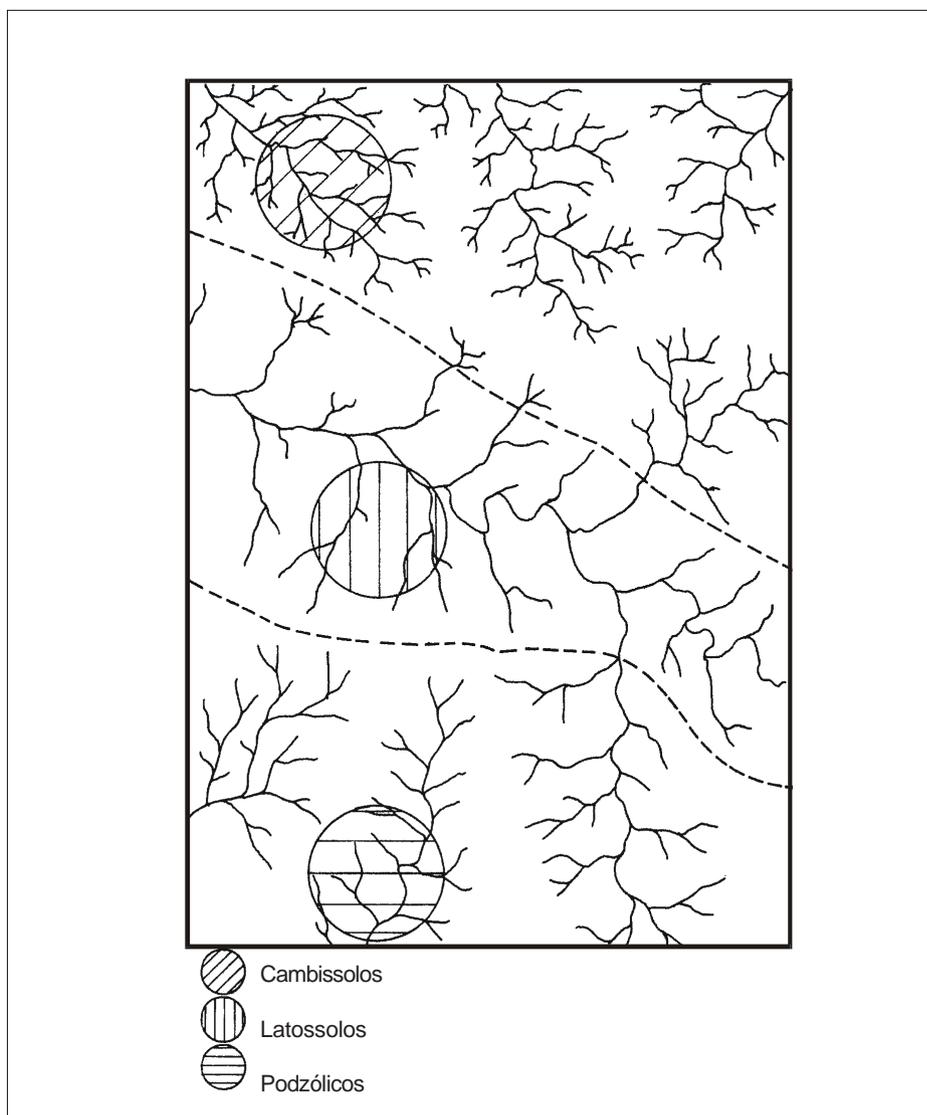


Figura 14 - Mapa de drenagem para três manchas de solos distintos, em amostras circulares

FONTE: Marchetti & Garcia (1977).

QUADRO 5 - Relações entre material originário da região de Lavras-MG, subdividido em classes de acordo com o conteúdo de Fe_2O_3 original e alguns atributos dos solos B texturais

Atributo do solo	Classe 1 < 2% Fe_2O_3	Classe 2 2-3% Fe_2O_3	Classe 3 3-5% Fe_2O_3	Classe 4 5-8% Fe_2O_3	Classe 5 > 8% Fe_2O_3
Cor do horizonte B	Amarelada	Amarelo-avermelhado	Vermelho-amarelado	Avermelhada	Vermelho-escuro
Textura	Média a arenosa	Média	Média a argilosa	Argilosa	Muito argilosa
Macronutrientes	Muito pobre - Álico, Distrófico	Pobre - Distrófico	Moderado - Distrófico	Moderado a rico - Eutrófico a Distrófico	Rico - Eutrófico
Micronutrientes	Pobre (Zn, Mo)	Pobre (Zn, Mo)	Moderado (Fe, Mn, Zn, Mo)	Moderado a rico (Fe, Mn, Zn, Cu, V, Co)	Rico (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, V, Co)

NOTA: Classe 1 - Rochas com conteúdo muito baixo de Fe_2O_3 (< 2%); Classe 2 - Rochas com conteúdo baixo de Fe_2O_3 (2 – 3%); Classe 3 - Rochas com conteúdo médio de Fe_2O_3 (3 – 5%); Classe 4 - Rochas com conteúdo alto de Fe_2O_3 (5 – 8%); Classe 5 - Rochas com conteúdo muito alto de Fe_2O_3 (> 8%).

fil do solo e vice-versa; portanto, ao interpretar a evolução das formas de relevo, pode-se dizer que, ao mesmo tempo, está-se interpretando a evolução do corpo do solo.

É importante ressaltar que essa inter-relação entre solo e relevo reflete nas propriedades físicas e químicas do solo. A pedogênese é determinada pelo tempo de exposição do solo. Essa exposição é controlada pela erosão por unidade de tempo, e a erosão, por sua vez, é influenciada pelo relevo. O tempo de exposição é então função da erosão. Num mesmo tempo, a taxa de modificação (pedogênese) é função da intensidade dos processos de formação do solo. Logo, quanto maior a erosão, menor o tempo de exposição do material, o que determina uma menor taxa de modificação no tempo (Resende, 1985).

Gerrard (1981) cita que Penck relacionou a progressão da formação de solos com a maturidade dos processos de vertente, quando ficou reconhecido que, no esquema de evolução do relevo, muitos processos de solo também eram processos geomorfológicos e que a diferenciação entre a geomorfologia e a pedologia estava sendo obscurecida no limite das duas disciplinas.

A pesquisa moderna demonstra estreita relação entre solos e formas de relevo, e uma nova disciplina, a Geomorfologia do Solo ou Pedogeomorfologia, conforme proposta por Conacher & Dalrymple (1977), parece estar surgindo, incorporando as

abordagens tradicionais aos solos. Existem muitas maneiras pelas quais se expressa a integração entre a geomorfologia e a pedologia. Uma delas é o transporte de matéria de um local para outro; outra é a transformação das propriedades físicas por reações químicas. Isto porque a forma do relevo pode acelerar ou retardar o transporte e também as transformações físico-químicas.

A compreensão de que determinadas formas de vertentes estavam associadas a determinadas seqüências de solo, conduziu à formulação do conceito de catena, que é a interação dos solos e formas de relevo e, portanto, dos processos pedológicos e dos processos geomorfológicos. Esses processos são a chave para as catenas e o motivo pelo qual o conceito tem sido tão importante nos estudos de solo e de formas de relevo. A ampla aplicabilidade do conceito, contudo, é complicada por considerações de variações do material de origem e das diferenças climáticas (Conacher & Dalrymple, 1977).

A caracterização dos diferentes compartimentos da paisagem, em que ocorrem processos superficiais e subsuperficiais distintos, é de grande importância para os estudos de relações solo - geomorfologia. O deslocamento vertente abaixo do material em solução é de grande significado nos estudos catenários. Dessa forma, os solos são afetados pelo influxo de materiais solúveis, especialmente bases, provenientes

das partes mais elevadas da vertente e pela lixiviação e redeposição de material, que constitui um forte elo físico entre membros de uma catena, que é estreitamente análoga ao elo entre horizontes A e B de um perfil de solo (Rostagno, 1999).

No modelo das nove unidades de superfície do terreno argumenta-se que linhas definíveis de fluxo de material podem ser organizadas em unidades do sistema solo-paisagem. Em um sistema de vales, as linhas de fluxo divergem e convergem; os padrões convexos das curvas de nível conduzem ao fluxo divergente e os padrões côncavos ao fluxo convergente. Para Marques Júnior (1995), o modelo aperfeiçoado de Conacher & Dalrymple (1977) identificou e definiu nove unidades fundamentais, conforme características físicas e morfológicas, registradas como respostas a processos pedogeomórficos recentes. Nesse modelo registrou-se com grande ênfase as interações entre os materiais do solo e a sua movimentação, translocação e redeposição pela água e gravidade ocorrendo na superfície e subsuperfície do terreno. Considerado por associar processos geomórficos superficiais aos processos pedológicos de superfície atuais, suas unidades podem mudar através de progressão ou regressão lateral, podendo estar parcialmente ausentes, ou repetidas na catena, constituindo assim um modelo de grande potencial para os estudos em ambientes tropicais (Quadro 6).

QUADRO 6 - Características de cada uma das nove unidades de vertente

Unidade de vertente	Processo geomórfico dominante
Interflúvio (0° - 1°)	Processos pedogenéticos associados com movimento vertical da água superficial.
Declive com infiltração (2° - 4°)	Eluviação mecânica e química pelo movimento lateral da água subsuperficial.
Declive convexo com reptação	Reptação ⁽¹⁾ e formação de terracetes.
Escarpa (ângulo mínimo de 45°)	Desmoronamentos, deslizamentos, intemperismos químico e mecânico.
Declive intermediário de transporte	Transporte de material pelos movimentos coletivos do solo; formação de terracetes; ação das águas superficial e subsuperficial.
Sopé coluvial (ângulo entre 26° e 35°)	Reposição do material pelos movimentos coletivos e escoamento superficial; formação de cones de dejeção; transporte de material; reptação; ação subsuperficial da água.
Declive aluvial (0° - 4°)	Deposição aluvial; processos oriundos do movimento subsuperficial da água.
Margem de curso d'água	Corrasão ⁽²⁾ , deslizamento, desmoronamento.
Leito do curso d'água	Transporte de material para jusante pela ação da água superficial; agradação periódica e corrasão.

FONTE: Christofolletti (1980).

(1) Reptação = deslizamento. (2) Corrasão = deflação, termo usado para indicar o trabalho feito pelo vento destruindo as partes mais salientes, e acumulando nas áreas relativamente baixas.

Para Gerrard (1981), a relativa importância da lixiviação da solução, do rastejamento e dos deslocamentos rápidos de massa depende não somente do clima, mas também do ângulo da vertente, de forma que cada catena é o resultado dos inter-relacionamentos complexos entre os processos de solo e de vertente, e será governada pela diferente proporção de erosão para deposição que ocorre sobre diferentes partes da vertente.

Três fatores diferentes são claramente importantes na determinação da seqüência catenária. A forma da superfície da vertente é obviamente importante, como também a forma da base da rocha intemperizada ou regolito. A forma da frente de intemperismo é amplamente controlada pelo tipo e pela orientação estrutural da rocha fresca. Essa frente de intemperismo pode ser muito variável e o relacionamento entre ela e a superfície da vertente tem significado básico. A esses dois fatores deve ser acrescentada a forma do lençol freático. Esses fatores estão ligados de maneira altamente complexa, porém todos são de elevado significado pedogenético e geomorfológico (Rostagno, 1999).

Uma catena, em qualquer localidade, é uma interação complexa de forma de relevo, solo e tempo. Logo, ela tem que ser considerada como um fenômeno dinâmico, com uma dimensão no tempo e vista como uma parte essencial dos processos de erosão e de deposição (Rostagno, 1999).

A geomorfologia de uma área ou microbacia pode, também, ser expressa através da distribuição de classes de declividade, que, por sua vez, pode ser correlacionada com classes de solos. Andrade et al. (1998) estabeleceram a distribuição de solos na região de Lavras, MG, por meio de correlação e modelagem geomórfico-pedológica, demonstrada no Quadro 7.

Relação solos x vegetação

Quase todos os organismos que habitam a superfície ou o interior do solo, afetam o desenvolvimento deste de uma maneira ou outra. Esses organismos englobam plantas superiores, vertebrados, microrganismos e mesofauna. De acordo com Birkeland (1984), a influência do fator biótico na pedogênese é difícil de ser con-

QUADRO 7 - Correlação entre classes de declividade, unidades geomórficas e classes de solos da região de Lavras (MG)

Classes de declividade (%)	Unidades geomórficas	Classes de solo
0-3	Relevo plano de topo	Latossolos
0-3	Relevo plano de várzea	Solos hidromórficos
3-12	Relevo suave ondulado	Latossolos
12-24	Relevo ondulado	Solos B texturais
24-45	Relevo forte ondulado	Solos B texturais e Cambissolos
> 45	Relevo montanhoso	Cambissolos e Solos Litólicos

FONTE: Andrade et al. (1998).

trolada, devido à dependência tanto da vegetação e solo como do clima e da interação vegetação-solo.

A relação do solo com a vegetação natural é de grande valia nos trabalhos de mapeamentos preliminares de solo, pois o clima dá uma idéia dos grandes grupos de solos. Se a essas informações conhece-se o substrato de origem dos solos, já se pode chegar com mais acerto às prováveis classes de solo.

Os técnicos da Embrapa Solos, segundo Resende et al. (1995), usam a vegetação original como fase de solo para dar idéia, na falta de melhores dados, sobre as condições climáticas da área. É uma outra forma

de se relacionar solos com a vegetação, como mostrado na Figura 15.

Além da importância da vegetação para o conhecimento do ambiente em geral (solo, clima), ela, junto com os outros organismos, é de extrema importância no processo de formação dos solos. As plantas superiores ao estenderem suas raízes dentro do solo agem como amarras (agregantes unindo as partículas de solo) e, portanto, prevenindo a erosão, sendo que as gramíneas são particularmente efetivas neste papel (sistema radicular denso). As raízes podem também crescer dentro das fendas das rochas, forçando sua separação. Quando as plantas morrem e suas raízes se decompõem, elas

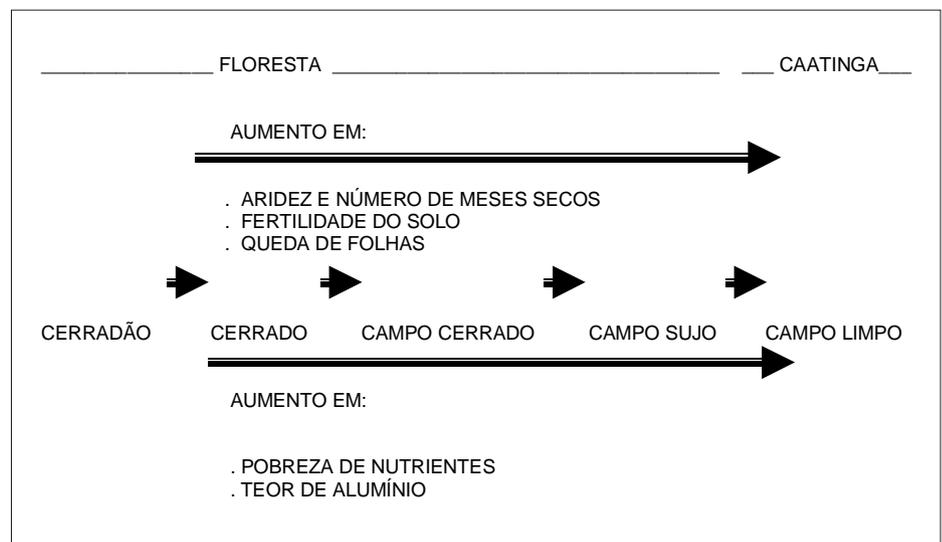


Figura 15 - Tendências de relações entre vegetação e algumas propriedades do solo e ambiente

FONTE: Resende et al. (1995).

permitted uma livre circulação da água e do ar nos espaços vazios (Fitzpatrick, 1986).

Uma das principais contribuições das plantas superiores é a adição de matéria orgânica ou serrapilheira na superfície do solo. A quantidade total adicionada por diferentes comunidades de plantas é muito variável, mas isto não serve de indicador para quantidade de solo formado, que depende mais da taxa e do tipo de decomposição. Em síntese, as plantas extraem água e nutrientes do solo e, sob condições naturais, retornam a maioria dos nutrientes para a superfície na forma de serrapilheira que se decompõe e os libera, ficando disponíveis para uma reabsorção.

MANEJO CONSERVACIONISTA DA MICROBACIA

O manejo conservacionista de uma paisagem representada em uma microbacia consiste na adoção de práticas voltadas a minimizar os impactos negativos da atividade antrópica, particularmente a agropecuária, sobre os recursos naturais renováveis (Zanzini & Prado Filho, 2000).

O ambiente conformado pela microbacia comporta vários microambientes ou sítios ecológicos diferenciados pelos seus vários recursos naturais (geomorfologia, geologia, clima, tipo de cobertura vegetal e distribuição de solos, entre outros). Assim, um trabalho de estratificação ambiental é fundamental para identificar e mapear esses microambientes ou sítios ecológicos que, por sua vez, estão fortemente relacionados com os diversos estratos da paisagem que compõem um dado ambiente (Silva, 2000). Os ambientes homogêneos resultantes dessa estratificação são chamados por Petersen (1996) de “ecopaisagens” ou unidades básicas de sistematização do comportamento dos ecossistemas. Para Toledo (1996), as unidades que delimitam as descontinuidades da paisagem natural são “unidades ecogeográficas”.

Existe uma grande relação entre o solo e a paisagem (Fig. 16). A paisagem e os perfis de solos tornam-se um registro de como os fluxos internos e externos de energia têm-se dissipado com o decorrer do tempo. A espessura do solo e do regolito

em qualquer ponto dependerá das taxas relativas de remoção e de formação do solo (Rostagno, 1999).

Sendo assim, em nível de microbacia hidrográfica, a avaliação dos ecossistemas e de seus recursos naturais é facilitada pela estratificação deles; e, em função da grande interação dos demais recursos naturais com os solos e vice-versa, a estratificação de ambientes por intermédio do

levantamento de solos é bem representativa (Resende, 1983). O planejamento racional do uso dos solos pode, então, ser utilizado na programação de manejo de uma microbacia como um todo, visando o controle ambiental.

O uso dos solos além de sua capacidade de uso ou classes de uso, tais como as indicadas por Bigarella & Mazuchowski (1985) no Quadro 8, provoca degradação

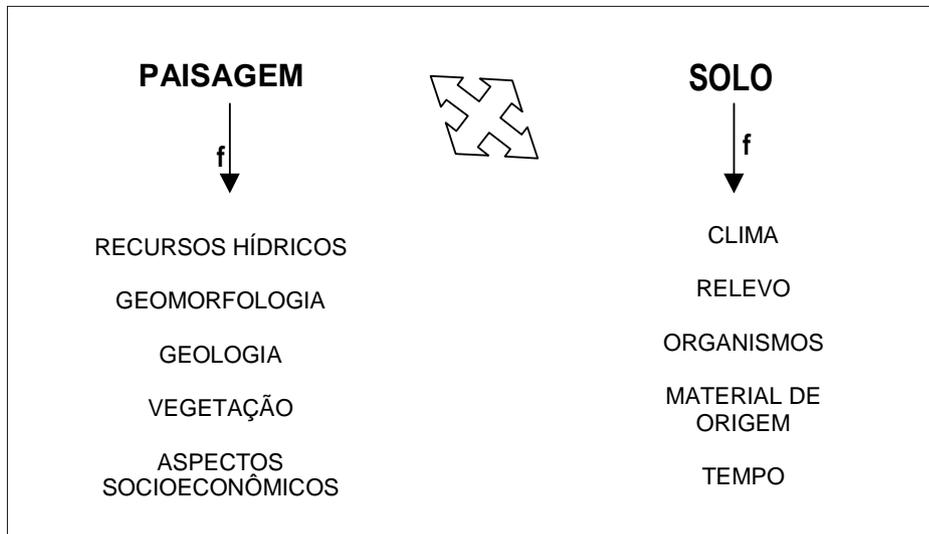


Figura 16 - Relações entre paisagem e solo

QUADRO 8 - Tipos de usos indicados a diferentes intervalos de classes de declive

Classes de declive		Tipo de uso do solo indicado
%	Graus	
< 1	< 1	Agricultura sem restrições
1 – 6	1 – 3	Agricultura intensiva Medidas de conservação ligeiras
6 – 12	3 – 7	Agricultura com práticas de conservação moderadas
12 – 20	7 – 12	Agricultura com rotação Limite do trator Conservação intensiva
20 – 45	12 – 24	Culturas permanentes com restrições
> 45	> 24	Área de preservação obrigatória por lei

FONTE: Bigarella & Mazuchowski (1985).

do ambiente. Em outras palavras, os solos não sustentam determinados usos.

A ocupação desordenada do solo em bacias hidrográficas, com rápidas mudanças decorrentes de políticas e dos incentivos governamentais, agrava esses desequilíbrios. Dentre as atividades que causam degradação podem ser citadas as práticas agrícolas, desmatamento, mineração, superpastoreio e urbanização. O mau uso da terra, desmatamento, mecanização intensa, monocultura, descalçamento e corte das encostas para construção de casas, prédios e ruas, são exemplos de atividades humanas que desestabilizam as encostas e promovem ravinas, voçorocas e movimentos de massa (Guerra & Cunha, 1996).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A.N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo: USP, 1969. v.18, p.1-23.
- ANDRADE, H.; ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.G.C.; ESTEVES, D.R.; RESENDE, R.J. Diagnóstico ambiental do município de Lavras com base em dados georreferenciados do meio físico: IV – principais grupamentos de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas-MG. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. v.4, p.442-443.
- BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão integrada da problemática da erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, 3, 1985, Maringá. [Anais...] Curitiba: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia/Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1985. 332p.
- BIRKELAND, P.W. **Soils and geomorphology**. New York: University of Colorado - Department of Geological Sciences, 1984. 372p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188p.
- CONACHER, A.J.; DALRYMPLE, J.B. The nine unit landsurface model, an approach to pedogeomorphic research. **Geoderma**, Amsterdam, n.18, p.1-154, 1977.
- CUNHA, S.B. da; GUERRA, A.J.T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. da (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.337-379.
- FITZPATRICK, E.A. **An introduction to soil science**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1986. 255p.
- FRANÇA, G.V. de. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba**. Piracicaba: ESALQ, 1968. 151p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1968.
- GERRARD, A.J. **Soil and landforms: an integration of geomorphology and pedology**. London: George Allen and Unwin, 1981. p.1-15.
- GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. da (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372p.
- LACERDA, M. P. C. **Correlação geopedológica em solos B texturais na Região de Lavras**. Lavras: UFLA, 1999. 257p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 1999.
- MACIAS, F.; CHESWORTH, W. Weathering in humid regions, with emphasis on igneous rocks and their metamorphic equivalents. In: MARTIN, I. P.; CHESWORTH, W. (Ed.). **Weathering, soils & paleosols**. New York: Elsevier, 1992. p.283-306.
- MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. **Princípios de fotogrametria e fotointerpretação**. São Paulo: Nobel, 1977. 257p.
- MARQUES JÚNIOR, J. **Distribuição e atributos dos solos em relação à forma e evolução de uma vertente em Monte Alto, SP**. Piracicaba: ESALQ, 1995. 228p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1995.
- MELO, D.R. Estudos de uma teoria geomorfológica: a teoria do ciclo normal de erosão. **Revista Geografia e Ensino**, Belo Horizonte, v.3, n.11/12, p.22-29, 1991.
- PENTEADO, M.M. **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 185p.
- PETERSEN, P. **Diagnóstico ambiental rápido e participativo**: levantando informações e mobilizando a comunidade para um manejo sustentável das terras. In: ALTERNATIVAS: cadernos de agroecologia. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1996.
- POPP, J.H. **Geologia geral**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1988. 299p.
- 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.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA G.F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 1995. 304p.
- ROSTAGNO, L. da S.C. **Caracterização de uma paisagem na área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica do Funil, Ijaci – MG**. Lavras: UFLA, 1999. 66p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 1999.
- ROTTA, C. L. Noções gerais de geologia. In: MONIZ, A.C. (Ed.). **Elementos de pedologia**. São Paulo: Polígono, 1972. p.289-303.
- SILVA, C.E.M. Sustentabilidade ambiental e gestão do uso da terra: uma abordagem voltada aos assentamentos de reforma agrária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.202, p.120-126, jan./fev. 2000.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Bulletin of the Geological Society of America**, Rochester, v.63, n.4, p.1117-1141, 1952.
- TOLEDO, V.M. **La apropiación campesina de la naturaleza**: un analisis etnoecológico. Mexico, 1996. 104p. Mimeografado.
- WATER and sustainable agricultural development. Rome: FAO, 1990. 48p.
- WILLIAMS, H.; TURNER, F.J.; GILBERT, C.M. **Petrography**: an introduction to the study of rocks in thin sections. New York: W. H. Freeman, 1982. 626p.
- ZANZINI, A.C da S.; PRADO FILHO, J.F. do. Impacto da atividade agropecuária sobre a fauna silvestre. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.202, p.78-87, jan./fev. 2000.

Áreas de preservação permanente em uma microbacia

Cláudio de Souza Magalhães¹

Rose Myrian Alves Ferreira²

Resumo - A expansão da fronteira agrícola, bem como o crescimento urbano desordenado, tem interferido nos recursos naturais, notadamente nos recursos hídricos e também utilizado dele. Neste contexto, grandes áreas consideradas de preservação permanente, reconhecidas protetoras destes recursos naturais, são dizimadas em prol do desenvolvimento. Apresenta-se, de forma sintetizada, uma parcela da história e do histórico sobre a compreensão e reconhecimento da função ambiental das APPs para uma sub-bacia, bem como o resumo da legislação pertinente, em que, são apresentados direitos e deveres para com a permanente proteção das APPs, consideradas vitais aos seus ecossistemas, portanto, a todos os seres de uma sub-bacia.

Palavras-chave: Conservação; Educação; Legislação; Ocupação do solo; Sub-bacia hidrográfica; Bacia hidrográfica.

INTRODUÇÃO

Os problemas ecológicos, geomorfológicos e hidrológicos, originados a partir da ação do homem sobre o meio, têm merecido constantes reflexões e discussões sobre os objetivos que as nações necessitam traçar na planificação e ordenação de suas reservas vitais de água, solo, fauna e flora.

Um dos grandes desafios do homem para a conservação ambiental é concentrar esforços e recursos para a preservação e recuperação de áreas naturais consideradas estratégicas, pois delas vários ecossistemas são dependentes.

Dentre estas áreas, consideradas estratégicas, destacam-se as Áreas de Preservação Permanente (APPs), que têm papel vital dentro de uma microbacia, pois são responsáveis pela manutenção, preservação e conservação dos ecossistemas ali existentes, notadamente dos aquáticos.

As APPs foram criadas pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771/65, alterada pela Lei nº 7.803), em que os direitos de propriedade são exercidos, porém com limitações. A APP consiste em uma faixa de preservação estabelecida em razão do rele-

vo, geralmente ao longo de cursos d'água, nascentes, em topos e encostas de morros, destinados à manutenção da qualidade do solo, das águas e também para funcionar como "corredores de fauna" (Milaré, 2000).

Um dos problemas mais relevantes observados nas APPs tem sido o histórico e contínuo desrespeito aos ecossistemas que as compõem, onde os recursos naturais são utilizados, quase sempre, sem a adoção de critérios técnicos/científicos, respeito à legislação pertinente e, muito menos, respeito ao saber popular.

Assim, numa microbacia hidrográfica, a utilização de práticas inadequadas e degradantes, em áreas que deveriam permanecer inalteradas, como as APPs, acarreta sérios danos ao meio ambiente e, principalmente, aos cursos d'água. Estes ficam vulneráveis pelos efeitos maléficos da erosão, dentre os quais o assoreamento, eutrofização e diminuição das espessuras da lâmina d'água.

Fica evidenciado o importante e vital papel das APPs dentro de uma sub-bacia, pois elas preservam os diversos ecossistemas com suas biodiversidades, responsáveis pelo sentido mais permanente dos

recursos naturais tão necessários a nossa existência.

Um esforço efetivo, visando à proteção dos recursos hídricos deve começar pelo entendimento, através de um processo de educação, do papel das APPs numa sub-bacia, para a preservação/conservação dos ecossistemas, de forma que garanta o fornecimento regular e permanente da água potável dos mananciais hoje explorados.

HISTÓRICO

Os primeiros sinais de degradação ambiental e, principalmente, a metodologia de ocupação irracional, segundo o histórico da Legislação Florestal Ambiental do Brasil, de Siqueira (1993), tiveram início a partir do descobrimento do Brasil, com as fundações de vilas, cidades e portos ao longo da costa, que irá perdurar por mais de quatro séculos. Segundo Milaré (2000), a própria colonização do Brasil foi feita, dentre outras, por pessoas que foram degredadas definitivamente para o país, como pena máxima para o dano ambiental de corte de árvore de fruto, estipulada pelas Ordenações de Filipinas.

Segundo Siqueira (1993), o modelo de co-

¹Eng^a, Agrícola, M.S., IBAMA - Núcleo Educação Ambiental, Rua Bernardino Maciera, 220, CEP 37200-000 Lavras-MG. E-mail: ibama@lavras.br

²Eng^a Agr^a, M.S., IBAMA - Núcleo Educação Ambiental, Rua Bernardino Maciera, CEP 37200-000 Lavras-MG. E-mail: ibama@lavras.br

lonização adotado buscava manter o domínio territorial e desenvolver a agricultura, o que levou inexoravelmente à devastação florestal com a conseqüente degradação ambiental.

A competição entre as florestas naturais e a agricultura dessa época foi particularmente representada pela cultura da cana-de-açúcar, a qual se situava nas áreas mais férteis próximas da costa brasileira.

Esse tipo de cultivo perdurou por quase três séculos, até 1797, quando o Reino de Portugal disciplina o corte de madeiras nas matas e arvoredos à borda da costa e rios navegáveis. Esse primeiro instrumento legal visava salvaguardar uma reserva de florestas para atender às necessidades da Coroa.

Em 1831, é extinto o monopólio do império sobre o pau-brasil e os proprietários de áreas florestais devem conservar as madeiras utilizadas pela Coroa numa faixa de dez léguas da costa. Nestas proteções descritas prevalece o princípio econômico, do que o conservacionista, propriamente dito.

A partir de 1850, iniciaram-se as pressões por parte dos proprietários de terras, para acabar com as restrições de conservação de madeiras de interesse da Coroa. Assim, em 1876 terminaram as restrições quanto à exploração das madeiras de lei, as quais permanecem somente para as terras públicas, ou seja, àquelas pertencentes à Coroa.

Com o fim do ciclo da cana, iniciou-se, no final do século XVIII e princípio do século XIX, o ciclo do café, quando grandes áreas protegidas por florestas nativas, na sua maioria em topo de morro, foram dizimadas, e com elas muitas nascentes também desapareceram. Outro fator determinante, para a degradação destas áreas utilizadas para o plantio de café, refere-se à falta de práticas conservacionistas, pois é sabido que tais plantios foram feitos morro abaixo, sem construção de terraços e curva de nível, daí surgindo outra forma de degradação de cursos d'água, conseqüente da formação de processos erosivos causando assoreamento daqueles corpos d'água adjacentes às áreas degradadas.

Finalmente, em 1934, com o Decreto nº 23.793/34, foi estabelecido o Primeiro

Código Florestal Brasileiro, o qual com características preservacionistas, previa o limite de uso da propriedade de acordo com o tipo florestal existente, criava as florestas protetoras, as remanescentes e as de rendimento, definia os modelos de exploração das florestas públicas e privadas, a estrutura do serviço de fiscalização das atividades florestais, as penas, infrações e respectivos processos aos infratores (Siqueira, 1993).

Em 1965, instituiu-se o novo Código Florestal, pela Lei nº 4.771/65 (Pinto, 1996), que vigora até os dias de hoje com algumas alterações, quando são estabelecidas, dentre outras, as florestas de preservação permanente, a exploração das florestas plantadas e nativas, vinculando o consumo à reposição florestal para as grandes consumidoras e, finalmente pelo incentivo ao reflorestamento através de deduções fiscais.

Somente no final da década de 60 e início da de 70 é que se instituiu através do Instituto Brasileiro do Café (IBC), hoje extinto, o Plano de Renovação Cafeeira, quando as práticas conservacionistas começaram a ser implementadas, porém, a visão preservacionista não aconteceu e a ocupação desordenada das áreas de preservação permanente continuaram.

A partir daí, o cerrado brasileiro quase foi exterminado, por incentivo do próprio governo brasileiro. Florestas nativas eram erradicadas para formação de florestas homogêneas e, mais uma vez, as APPs em torno de nascentes, topo de morro, faixas marginais de cursos d'água e até mesmo veredas), não foram respeitadas e hoje, as conseqüências desta irresponsabilidade são sentidas por todos.

Não podemos esquecer de que o cerrado e outros ecossistemas também foram utilizados da mesma forma para a expansão agrícola e pecuária, quando as APPs não foram respeitadas.

Hoje, o cerrado é tido como um dos ecossistemas ameaçados de extinção, juntamente com a mata atlântica e a sua recuperação deve começar pelas APPs, principalmente porque estas áreas são responsáveis pela proteção, preservação e manutenção de um dos recursos naturais mais impor-

tautes para a sobrevivência de várias espécies, que são os recursos hídricos.

FUNÇÃO AMBIENTAL DAS APPs

A recente alteração da Lei nº 4.771/65, através da reedição da Medida Provisória nº 1.956-56, de 16/11/00 (Brasil, 2000b) estabelece um conceito da função ambiental das APPs e redefine as condições em que estas podem ser utilizadas.

Os benefícios proporcionados pelos ecossistemas estão relacionados com o conceito de funções ambientais, isto é, a capacidade de eles fornecerem bens e serviços que satisfaçam, direta ou indiretamente, as necessidades humanas (Constanza et al., 1997, citados por Santos et al., 1999), categorizado de modo geral em Funções de Regulação, de Suporte e de informação (Groot, 1992, citado por Santos et al., 1999). Esta proposta ambiental, segundo Santos et al. (1999), baseiam-se na perspectiva ambiental em que a manutenção dos processos ecológicos essenciais (funções de regulação) e espaço de vida adequado (funções de suporte), proporcionam os requisitos para as funções de produção e de informação.

As perdas dessas funções podem-se determinar danos irreversíveis aos ecossistemas (Ehrlich & Mooney, 1983, citados por Santos et al., 1999), tornando-se necessária a aplicação de energia e de dinheiro para restaurar, mitigar ou substituir as funções afetadas, para o não comprometimento efetivo da qualidade de vida.

A função ambiental das APPs, cobertas ou não por vegetação nativa, é entendida na forma da lei, como sendo a de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de flora e fauna, além de proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Brasil, 2000b).

Assim, todas matas ou coberturas vegetais são importantes para a proteção das áreas onde elas se localizam. Porém, nas áreas consideradas de preservação permanente a cobertura vegetal é imprescindível, pois estes locais são caracterizados pela sua fragilidade em função da sua posição no relevo e pela importância na proteção

que conferem não só ao solo, mas à fauna e à flora.

Portanto, a manutenção da vegetação florestal destas áreas numa sub-bacia tem grande influência em fatores importantes relacionados com a sua função ambiental, e porque não dizer sócio-ambiental, como escoamento das águas de chuva; dissipação de energia do escoamento superficial; estabilidade de encostas; proteção das margens de rios e demais cursos d'água; estabilização e manutenção de nascentes; impedimento do assoreamento dos corpos d'água; abastecimento do lençol freático promovendo o aumento da água armazenada e permitindo o equilíbrio no seu fornecimento, durante todas as estações do ano. Estes fatores são vitais para manutenção principalmente do ciclo hidrológico de uma sub-bacia, bem como na ciclagem dos nutrientes, refletindo na qualidade de vida de todos os seres.

Destacamos a seguir outras funções ambientais das APPs dentro de uma sub-bacia (Santos et al., 1999):

- a) controle biológico, manutenção da biodiversidade, armazenamento e reciclagem de matéria orgânica, nutrientes, resíduos orgânicos e industriais, corredores da fauna;
- b) produção de recursos genéticos e medicinais;
- c) funções de informação como científica, educacional e a estética, pois os ambientes naturais fornecem infinitas oportunidades de enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo e de recreação, como o turismo no espaço natural.

Outras funções ambientais das APPs são as referentes à estética, pois com ela valoriza-se sobremaneira uma propriedade rural, quando entendemos e relacionamos a paisagem com atrativo turístico, científico e educacional.

Há de se considerar ainda, em relação a sua função ambiental, que a recuperação/conservação e a efetiva proteção das APPs devam ser pressupostos básicos nas ações voltadas a qualquer plano de manejo integrado para bacias e sub-bacias hidrográficas. Há, por exemplo, sub-bacias em

regiões de relevo muito acidentado com predomínio na ocupação de pequenos produtores rurais fixados nas baixadas fluviais que, para conseguirem a sua subsistência, necessitam utilizar-se das terras mais próximas aos cursos d'água e, para tanto, usam áreas consideradas de preservação permanente, ou seja, aquelas cobertas com vegetação ciliar. Nesse caso, a proteção dos morros, encostas, nascentes e parte dos seus cursos poderiam ser práticas compensatórias, recomendadas e exigidas, que, além de repararem o dano, poderiam atenuar o conflito entre preservar e produzir.

Não é absurdo afirmar que, para realmente se estabelecer e promover medidas que visem ao saneamento rural de uma sub-bacia, obrigatoriamente, teremos de realizar a integração da defesa das APPs às outras práticas já utilizadas ou mesmo preconizadas, sendo ainda necessária a efetivação de uma política educacional de base, sem a qual, todas e quaisquer medidas tomadas não passarão de meros paliativos.

Desta forma, proteger APPs é garantir e conferir pilar fundamental para conservação dos nossos recursos hídricos, fauna e ecossistemas florestais.

LEGISLAÇÃO

A devastação/degradação do meio ambiente é um problema que afeta todas as formas de vida do globo. Sua proteção é prioridade de todas as nações do mundo, sobretudo, das nações economicamente mais desenvolvidas, que são, comprovadamente, as que mais degradam o planeta. A proteção do meio ambiente tem-se tornado uma questão de sobrevivência.

No Brasil, conforme Milaré (2000), até 1980, o conjunto de leis ambientais existentes não se preocupava em proteger o meio ambiente de forma específica e global, dele cuidando de maneira diluída, e mesmo casual, e na exata medida de atender sua exploração pelo homem.

Milaré (2000) ainda comenta que, o Estado, assistente omissivo, entregava a tutela do meio ambiente à responsabilidade exclusiva do próprio indivíduo ou cidadão que se sentisse incomodado com atitudes

lesivas à sua saúde. Segundo esse sistema, por óbvio, a irresponsabilidade era a regra, a responsabilidade a exceção. Pelo fato de o particular ofendido não se apresentar normalmente, em condições de assumir e desenvolver ação eficaz contra o agressor, quase sempre poderosos grupos econômicos, quando não o próprio Estado.

A partir da Lei nº 6.938/81 (Pinto, 1996) e da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1992), a questão ambiental passa a ser tratada legalmente de uma forma mais ampla. Mas, segundo Milaré (2000), infelizmente a proteção ao meio ambiente no país não recebe do Poder Público a atenção proposta pela Constituição de 1988. Se no plano mais amplo, a legislação ambiental é festejada, espanta verificar, então, que no terreno da realidade, isto é, das atividades degradadoras, as normas ambientais não tenham sido capazes de alcançar os objetivos que justificam sua existência, o principal deles sendo a compatibilização entre o crescimento econômico e a preocupação com o meio ambiente. E por quê?

O Poder Público justifica-se com prioridades mais urgentes, geralmente de cunho econômico, e a coletividade, igualmente, tem suas dificuldades em compreender, reivindicar e agir efetivamente na proteção do meio ambiente. O resultado dessa omissão é a degradação ambiental nas mais diversificadas formas. O descumprimento da Constituição Federal e da legislação ambiental é flagrante.

A legislação ambiental brasileira dispõe de alguns instrumentos à disposição do Poder Público e da sociedade na proteção do meio ambiente.

O primeiro instrumento jurídico a normatizar a proteção (as matas ciliares) de APPs foi o Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934 – antigo Código Florestal – que no seu artigo 4º classificava as matas ciliares como florestas protetoras, visando à conservação do regime das águas e evitando a erosão das terras pela ação dos agentes naturais. Nessa classificação eram consideradas de conservação perene e inalienáveis, a menos que os eventuais adquirentes se obrigassem por si, seus herdeiros ou sucessores, a mantê-las sob o regime legal de florestas protetoras. Competia ao

Ministério da Agricultura a classificação das matas ciliares nesse regime, sendo que esse regime especial ainda determinava a isenção de qualquer tributação (Wiedmann & Dornelles, 1999).

Assim, considerando insuficiente a proteção às matas ciliares, a Lei nº 4.771/65 garantiu-lhes um regime de preservação propriamente dito, incluindo-as como uma das hipóteses de Preservação Permanente. Posteriormente, a Lei nº 6.938/81, no seu artigo 18 deu a essas áreas o *status* de reservas ou estações ecológicas, conforme a dominialidade seja privada ou pública (Wiedmann & Dornelles, 1999). No entanto, este *status* foi extinto com a revogação do supracitado artigo 18 através da Lei nº 9.985/00 (Brasil, 2000a) que instituiu o Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza (SNUC).

Por outro lado, a Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, segundo Wiedmann & Dornelles (1999), reforça e reafirma a necessidade jurídica da proteção das APPs, à medida que a referida lei tem como fundamentos o fato de que a água, embora seja recurso natural renovável, é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e um bem de domínio público. Sua disponibilidade deve ser assegurada à atual e às futuras gerações, em padrões adequados de qualidade aos respectivos usos e à prevenção e defesa contra eventos decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

A Lei nº 4.771/65 estabelece no seu artigo 2º (alterado pela Lei nº 7.803/89) as dimensões mínimas de faixa marginal a serem preservadas para os rios, nascentes, lagos, lagoas e reservatórios, exercendo-se os direitos parciais de propriedade, em que:

“Consideram-se de preservação permanente, só pelo efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

- a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d’água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:
 - 1) de 30m para os cursos d’água de menos de 10m de largura;

- 2) de 50m para os cursos d’água que tenham de 10 a 50m de largura;
- 3) de 100m para os cursos d’água que tenham de 50 a 200m de largura;
- 4) de 200m para os cursos d’água que tenham de 200 a 600m de largura;
- 5) de 500m para os cursos d’água que tenham a largura superior a 600m;
- b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais;
- c) nas nascentes ainda que intermitentes e nos chamados olhos d’água, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50m de largura;
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) nas encostas ou parte destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100m em projeções horizontais;
- h) em altitudes superiores a 1.800m, qualquer que seja a vegetação.

Parágrafo Único. No caso de áreas urbanas, entendidas como aquelas compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, em todo o território, abrangido, observar-se-á o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo 2º”.

No art. 3º da Lei nº 4.771/65:

“Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as flo-

restas e demais formas de vegetação natural destinadas:

- a) a atenuar a erosão das terras;
- b) a fixar as dunas;
- c) a formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;
- d) a auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares;
- e) a proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico;
- f) a asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção;
- g) a manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas;
- h) a assegurar condições de bem-estar público.

§ 1º. A supressão total ou parcial de florestas de preservação permanente só será admitida com prévia autorização do Poder Executivo Federal, quando for necessária à execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social.

§ 2º. As florestas que integram o patrimônio indígena ficam sujeitas ao regime de preservação permanente (letra g) só pelo efeito desta lei”.

Quanto às lagoas, lagos ou reservatórios d’água naturais ou artificiais, a Lei nº 4.771/65 não estabeleceu os limites mínimos para o regime especial de proteção, o que foi feito pela Resolução Conama nº 04/85 que no seu art. 3º, item II (Conama, 1992), instituiu:

“ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d’água naturais ou artificiais, desde o seu nível mais alto medido horizontalmente, em faixa marginal, cuja largura mínima será:

- de 30m para os que estejam situados em áreas urbanas;
- de 100m para os que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d’água com até 20/ha de superfície, cuja faixa marginal será de 50m;
- 100m para as represas hidrelétricas”.

A proteção às veredas também está incluída na Resolução Conama nº 04/85, observando que essa faixa mínima deve garantir a proteção da bacia de drenagem contribuinte.

A supressão de vegetação em APPs, segundo Brasil (2000b), somente poderá ser autorizada em caso de utilidade pública ou de interesse social, devidamente caracterizada e motivada em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto. Esta autorização dependerá do órgão ambiental competente – Instituto Estadual de Florestas (IEF), em Minas Gerais, com anuência prévia, quando couber, do órgão federal ou municipal do meio ambiente. No caso de vegetação com APPs situadas em área urbana, o município é competente para a referida autorização, desde que este possua conselho de meio ambiente com caráter deliberativo e plano diretor mediante anuência prévia do órgão ambiental estadual competente, fundamentada em parecer técnico.

Para o caso de supressão de vegetação nativa protetora de nascentes, ou de dunas e mangues, a autorização somente poderá ser concedida se o caso for de utilidade pública (Brasil, 2000b).

E, ainda, para a implantação de reservatório artificial é obrigatória a desapropriação e aquisição, pelo empreendedor, também das APPs criadas no seu entorno (Brasil, 2000b).

A resolução Conama nº 04/85 traz ainda definições muito importantes que contribuem para melhor identificação das APPs, quais sejam:

- “a) pouso de aves - local onde as aves se alimentam, ou se reproduzem, pernoitam ou descansam;
- b) aves de arribação - qualquer espécie de ave que migre periodicamente;
- c) leito maior sazonal - calha alargada ou maior de um rio, ocupada nos períodos anuais de cheia;
- d) olho d’água, nascente - local onde se verifica o aparecimento de água por afloramento do lençol freático;
- e) vereda - nome dado no Brasil Cen-

tral para caracterizar todo espaço brejoso ou encharcado que contém nascentes ou cabeceiras de cursos d’água de rede de drenagem, onde há ocorrência de solos hidromórficos com renques buritis e outras formas de vegetação típica;

- f) cume ou topo - parte mais alta do morro, monte, montanha ou serra;
- g) morro ou monte - elevação do terreno com cota do topo em relação à base entre 50m e 300m e encostas com declive superior a 30% (aproximadamente 17°) na linha de maior declividade; o termo “monte” aplica-se de ordinário à elevação isolada na paisagem;
- h) serra - vocabulário usado de maneira ampla para terrenos acidentados com fortes desníveis, freqüentemente aplicados a escarpas assimétricas com vertente abrupta e outra menos inclinada;
- i) montanha - grande elevação do terreno, com cota em relação à base superior a 300m e freqüentemente formada por agrupamentos de morros;
- j) base de morro, monte ou montanha - plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d’água adjacente ou nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor;
- k) depressão - forma de relevo que se apresenta em posição altimétrica mais baixa do que porções contíguas;
- l) linha de cumeada - interseção dos planos das vertentes, definindo uma linha simples ou ramificada, determinada pelos pontos mais altos a partir dos quais divergem os declives das vertentes, também conhecida como “crista”, “linha de crista” ou “cumeada”;
- m) restinga - acumulação arenosa litorânea, paralela à linha da costa, de forma geralmente alongada, produzida por sedimentos transportados pelo mar, onde se encontram associações vegetais mistas caracterís-

ticas, comumente conhecidas como “vegetação de restingas”;

- n) manguesal - ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos sujeitos à ação das marés localizadas em áreas relativamente abrigadas e formado por vasas lodosas recentes, às quais se associam comunidades vegetais características;
- o) duna - formação arenosa produzida pela ação dos ventos no todo, ou em parte, estabilizada ou fixada pela vegetação;
- p) tabuleiro ou chapada - formas topográficas que se assemelham a planaltos, com declividade média inferior a 10% (aproximadamente 6°) e extensão superior a 10ha, terminadas de forma abrupta; a “chapada” caracteriza-se por grandes superfícies a mais de 600m de altitude;
- q) borda de tabuleiro ou chapada - locais onde tais formações topográficas terminam por declive abrupto, com inclinação superior a 100% ou 45° graus.”

A Lei nº 4.771/65 estabeleceu também, no seu art. 14 que, além dos preceitos gerais a que está sujeita a utilização destas florestas, “o Poder Público Federal ou Estadual poderá prescrever outras normas que atendam às peculiaridades locais, o que foi reforçado pela Constituição Federal de 1988, (art. 24, VI). Entende-se, assim, que havendo legislação estadual, que obedeça a norma geral, aos limites da Lei nº 4.771/65, esta poderá ser aplicada. Na sua falta, aplica-se de forma subsidiária a Resolução Conama nº 04/85.

E, ainda, considerando a necessidade do florestamento e reflorestamento de APPs nas terras privadas, o Poder Público, conforme art. 18 da Lei nº 4.771/65, poderá fazê-lo sem desapropriá-las, se o proprietário não o fizer.

A Lei nº 7.754/89 (Pinto, 1996) reafirma a necessidade de proteção para florestas nas nascentes dos rios, estabelecendo a obrigatoriedade de reflorestamento com espécies nativas nos locais degradados.

No domínio de Mata Atlântica, as APPs

têm uma proteção especial, pois sua utilização é proibida pelo Decreto nº 750/93 (Pinto, 1996).

As agressões às APPs eram punidas como contravenções penais (art. 26, Lei nº 4.771/65). Em 1998 com o advento da Lei de Crimes Ambientais - Lei nº 9.605/98 (Brasil, 1999) – essas agressões passaram a ser consideradas como crime, com penas de até três anos, conforme o crime cometido.

A lei, ao estabelecer as APPs, fez com limitações de formas genéricas, atingindo propriedades indeterminadas, porém não inviabilizou totalmente o direito de propriedade. Em decorrência disso, Wiedmann & Dornelles (1999) mencionam que as restrições de uso das APPs não demandam desapropriação, ou seja, são gratuitas (ônus social), no entanto, estas autoras admitem que as APPs acarretam um ônus real à

propriedade. No entanto estas áreas não são consideradas para avaliação do grau de produtividade das propriedades privadas. Sendo isentas de tributação e do pagamento do Imposto Territorial Rural, segundo a Lei nº 8.171/91 de Política Agrícola em seu art. 104 § único (Pinto, 1999).

Para ilustrar o referencial da legislação sobre APPs são apresentadas a seguir as Figuras 17 e 18.

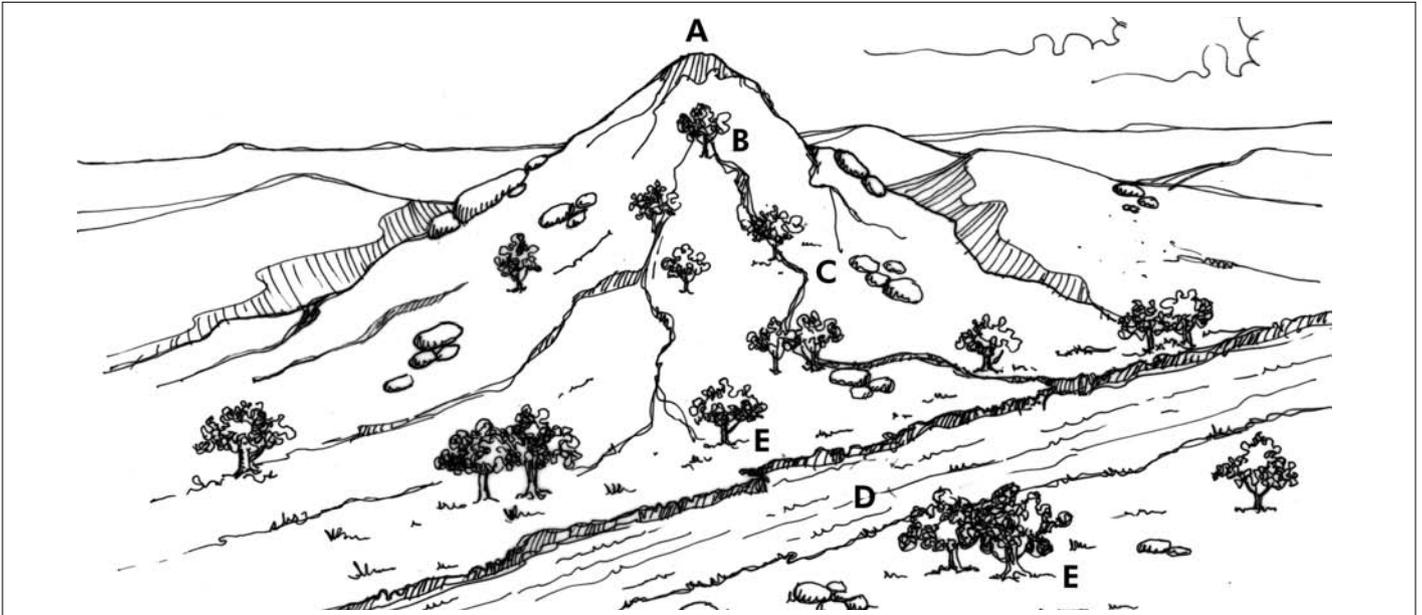


Figura 17 - Representação do relevo após intervenção do homem

NOTA: A - Topo de morro degradado; B - Nascente sem proteção; C - Curso d'água formado pela nascente "B" sem proteção; D - Largura do rio; E - Largura da faixa marginal.



Figura 18 - Representação do relevo como ele deveria permanecer, com todas as APPs de uma sub-bacia protegidas por vegetação marginal

CONCLUSÃO

A constatação e o reconhecimento da importância vital das APPs em uma sub-bacia, principalmente em função da sua influência direta sobre valores qualitativos e quantitativos, para os diversos recursos naturais como a flora, fauna e, em especial, os recursos hídricos, nos levam a repensar as atitudes protecionistas ao homem, muitas das vezes por motivos políticos e/ou econômicos, em detrimento da real proteção necessária.

É nossa função como técnico/cidadãos potencializarmos para a sociedade a sua própria participação e envolvimento através da mobilização, motivação e educação, no processo de mudança do comportamento em relação à compreensão da função ambiental das APPs para a permanente vida de todos os seres de uma sub-bacia. A consciência precisa ser levada tanto à sociedade urbana quanto à rural, pois ambas poderão ser beneficiadas ou prejudicadas, de acordo ou em função das atitudes tomadas, sejam preservacionistas/conservacionistas ou somente predadoras.

Quanto à importância da função ambiental e mesmo sócio-ambiental destas áreas de preservação permanente, principalmente quando nos referimos ao meio rural e, por conseguinte, aos produtores rurais com suas propriedades, é nosso entendimento que estes, após anos de uso sem o devido respeito aos recursos nelas existentes, notadamente dos hídricos, deveriam entendê-las como benfeitorias rurais e como tal protegê-las e conservá-las valorizando, assim, suas propriedades. Este seria um grande incentivo.

É imprescindível que o proprietário rural não visualizasse as APPs como áreas perdidas ou inaproveitáveis de uma propriedade e sim áreas que estão produzindo água, carbono, umidade do ar etc., em condições de gerar um microclima favorável às outras produções, na mesma propriedade.

Finalmente, devemos entender o meio ambiente como patrimônio universal da humanidade e que somente com a participação democrática da população conseguiremos entendê-lo e respeitá-lo, garan-

tindo assim melhor qualidade de vida para a presente e futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Constituição. **Constituição da República Federativa do Brasil**: 1988. São Paulo: Saraiva, 1992. 168p.

BRASIL. Lei nº 9985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC e dá outras providências. Disponível site **Planalto** (2000). URL: <http://www.planalto.gov.br> Consultado em 6 nov. 2000a.

BRASIL. Medida Provisória nº 1956-56, de 16 de novembro de 2000. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei 9393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto Territorial Rural, e dá outras providências. Disponível site **Planalto** (2000). URL: <http://www.planalto.gov.br> Consultado em 28 nov. 2000b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei da vida: a Lei dos Crimes Ambientais - Lei nº 9605/98 e Decreto nº 3179/99. Brasília, 1999.

CONAMA (Brasília, DF). **Resoluções do CONAMA 1984/91**. 4.ed.rev.aum. Brasília: IBAMA, 1992. 245p.

MILARÉ, E. Direito do ambiente: doutrina-prática-jurisprudência-glossários. **Revista dos Tribunais**, São Paulo, 2000.

PINTO, W. de D. **Legislação federal de meio ambiente**. Brasília: IBAMA, 1996. 2081p.

SANTOS, J.E.; NOGUEIRA, F.; PIRES, J.S.R.; OBARA, A.T.; PIRES, A.M.Z.C.R. Funções ambientais e valores dos ecossistemas naturais: estudo de caso - Estação Ecológica de Jataí. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR, 1999, Belo Horizonte. **Palestras...** Ciência e tecnologia. Lavras: UFLA/CEMIG, 1999. p.26-58.

SIQUEIRA, J.D.P.S. A legislação florestal brasileira e o desenvolvimento sustentado. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p.367-369.

WIEDMANN, S.M.P.; DORNELLES, L.D.C.

Legislação ambiental aplicada à mata ciliar. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR, 1999, Belo Horizonte. **Palestras...** Ciência e tecnologia. Lavras: UFLA/CEMIG, 1999. p.1-11.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AGUIAR, R.A.R. de. **Direito do meio ambiente e participação popular**. Brasília: IBAMA, 1994. 110p.

AVALIAÇÃO de impacto ambiental: agentes sociais, procedimentos e ferramentas. Brasília: IBAMA, 1995. 132p.

BRASIL. Decreto nº 3179, de 22 de setembro de 1999. Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, n.182, p.1-5, 22 set. 1999. Seção 1.

CONAMA (Brasília, DF). Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, 22 dez. 1997.

FÓRUM GEO-BIO-HIDROLOGIA, 1, 1998. **Anais...** Estudo em vertentes e microbacia hidrográficas. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998.

GRANZIERA, M.L.M. **Direito de águas e meio ambiente**. São Paulo: Ícone, 1993.

INFORME AGROPECUÁRIO. Agropecuária e ambiente. Belo Horizonte: EPAMIG, v.21, n.202, jan./fev. 2000.

INFORME AGROPECUÁRIO. Conservação do solos. Belo Horizonte: EPAMIG, v.19, n.191, 1998.

MINAS GERAIS. Lei Florestal: Lei 10561 de 27 de dezembro de 1991. Dispõe sobre a Política Florestal do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: IEF, 1995. 26p.

QUIRINO, T.R.; IRIRAS, L.J.M.; WRIGHT, J.T.C. **Impacto agroambiental**: perspectivas, problemas, prioridades. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

SILVA, E. **Curso de gestão de recursos hídricos para o desenvolvimento sustentado de projetos hidroagrícolas**: avaliação do impacto ambiental de projetos hidroagrícolas. Brasília: ABEAS/Viçosa: UFV, 1998. 88p.

Contaminação de microbacia hidrográfica pelo uso de pesticidas

*Luiz Roberto Guimarães Guilherme*¹

*Marx Leandro Naves Silva*²

*José Maria de Lima*³

*Renê Luís de Oliveira Rigitano*⁴

Resumo - A aplicação de insumos agrícolas nos solos e nas culturas é prática comum na agricultura, devido à crescente demanda de alimentos. Os principais objetivos do uso destes insumos são o aumento do suprimento de nutrientes, correção do pH e a proteção das lavouras, dos patógenos e pragas. Essas práticas, quando mal utilizadas, podem causar degradação química, com o acúmulo de elementos e/ou de compostos nocivos em níveis indesejáveis. O estudo do comportamento de pesticidas em solos reveste-se a cada dia de maior importância em face das suas implicações de natureza ambiental. O contato do pesticida com o solo e a água pode desencadear vários processos como a adsorção pelo solo, degradações biótica e abiótica, volatilização, dentre outros. Quando o pesticida entra no ciclo hidrológico da microbacia, esse pode sofrer lixiviação e arraste superficial pela enxurrada e sedimentos, contaminando águas subsuperficiais e superficiais. O pesticida também pode ser absorvido e translocado pelas plantas, podendo ser transferido para outras cadeias alimentares, através da bioacumulação, aumentando o risco de contaminação. Para o controle da contaminação é necessário lançar mão de uma série de medidas no contexto de uma microbacia, considerada unidade básica de conservação do solo e da água. Fatores como precipitação, tipo de solo, topografia (declive e comprimento de rampa), cobertura vegetal e práticas de manejo (preparo do solo, rotação de culturas, cultivo do solo, plantio direto e controle biológico) e conservação do solo e da água (terraceamento, bacias de captação de água, uso de plantas de cobertura, quebra-vento e cordões de vegetação), devem ser considerados. Além desses aspectos, devem ser implementadas tecnologias de aplicação de pesticidas no intuito de usar doses mínimas e cultivares específicas, assim como o monitoramento de contaminação de bacias hidrográficas e fiscalização rigorosa no uso desses insumos.

Palavras-chave: Defensivos agrícolas; Manejo; Poluição; Impacto ambiental; Bacia hidrográfica; Água; Solo.

INTRODUÇÃO

Pesticidas são produtos químicos usados para controlar ou matar pragas, tais como fungos, bactérias, insetos ou plantas indesejáveis que infestam áreas agrícolas, ou animais que causam ou transmitem doenças. Embora os pesticidas sejam geralmente associados a substâncias tóxicas, produtos químicos que repelem ou impedem o de-

envolvimento de um organismo indesejável são também incluídos nesta categoria.

Pesticidas, classificados quanto ao espectro de ação, podem ser de amplo espectro, os quais matam todos os organismos vivos. Neste grupo estão os fumigantes, tais como o brometo de metila, usados para proteger grãos armazenados ou esterilizar

o solo. Geralmente, para situações específicas, prefere-se o uso de agentes de espectro mais estreito, direcionados a um tipo específico de praga. Neste caso, os pesticidas podem ser classificados como herbicidas (usados para controlar plantas daninhas); inseticidas (para controlar insetos); fungicidas (para controlar fungos); acaricidas (para controlar ácaros); nemati-

¹Eng^o Agr^o, Ph.D., Prof. UFLA-Dep^o Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200 Lavras-MG. E-mail: guilherm@ufla.br

²Eng^o Agr^o, D.Sc., Prof. UFLA-Dep^o Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. E-mail: marx@ufla.br

³Eng^o Agr^o, Ph.D., Prof. UFLA-Dep^o Ciência do Solo, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. E-mail: jmlima@ufla.br

⁴Eng^o Agr^o, Ph.D., Prof. UFLA-Dep^o Entomologia, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. E-mail: rigitano@ufla.br

cidas (para controle de nematóides) e, até, rodenticidas (para o controle de roedores). Podem também ser definidos conforme seu método de dispersão (fumigação, por exemplo) ou por seu modo de ação (tal como um ovicida, que mata os ovos de uma peste). Em um sentido amplo, os antibióticos usados na medicina para combater infecções são também pesticidas (Cunningham & Saigo, 1995).

Os pesticidas foram primeiramente usados em larga escala na produção agrícola, em meados do século IX. Alguns exemplos incluem arsênico, cobre, sais de zinco e compostos naturalmente produzidos pelas plantas, tais como a nicotina, os quais foram usados para o controle de insetos e doenças em culturas. Nas décadas de 30 e 40, foram introduzidos compostos orgânicos como o 2,4-D, um herbicida, e o DDT, um inseticida. Subseqüentemente, quantidades crescentes de pesticidas passaram a ser usadas nas atividades agrícolas em todo o mundo (Sparks, 1995).

Os benefícios dos pesticidas no sentido de garantir a produção de colheitas crescentes a um custo razoável são inquestionáveis. Entretanto, com o aumento do uso desses produtos, aumentaram-se as preocupações com a contaminação de solos e águas superficiais e subsuperficiais, bem como seus efeitos sobre seres humanos e animais.

PESTICIDAS MAIS USADOS NO BRASIL

No Brasil, os pesticidas são utilizados basicamente na agricultura e o seu consumo tem aumentado em taxas muito acima daquelas verificadas para o crescimento de área plantada. A evolução no consumo pode ser inferida pelo aumento de cerca de 42% nas vendas, no período 1995-1997 (Gráfico 1).

Dentre os pesticidas vendidos no Brasil em 1997, os herbicidas representaram a maioria (cerca de 56% das vendas), seguidos dos inseticidas (21%) e fungicidas (16%). Outros produtos como acaricidas, nematocidas etc., somaram 7% do total. O Gráfico 2 ilustra este aspecto, não só em termos de vendas, mas também em termos

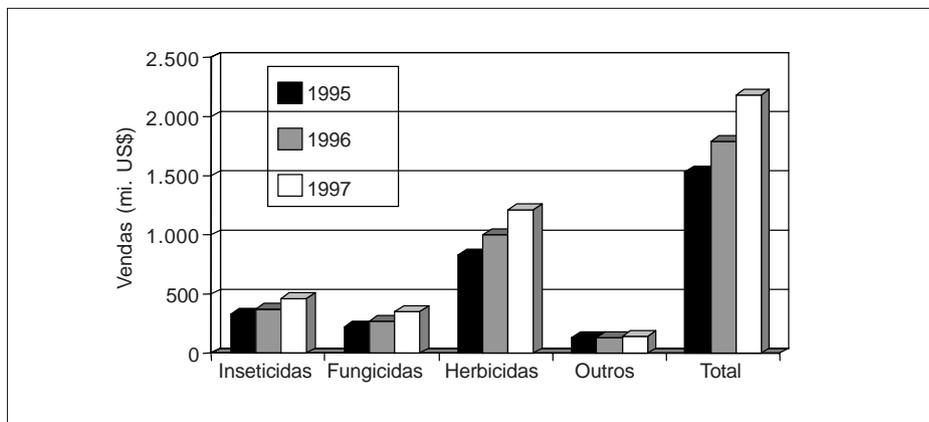


Gráfico 1 - Evolução das vendas de pesticidas no Brasil, no período 1995-1997

FONTE: Guilherme (1999).

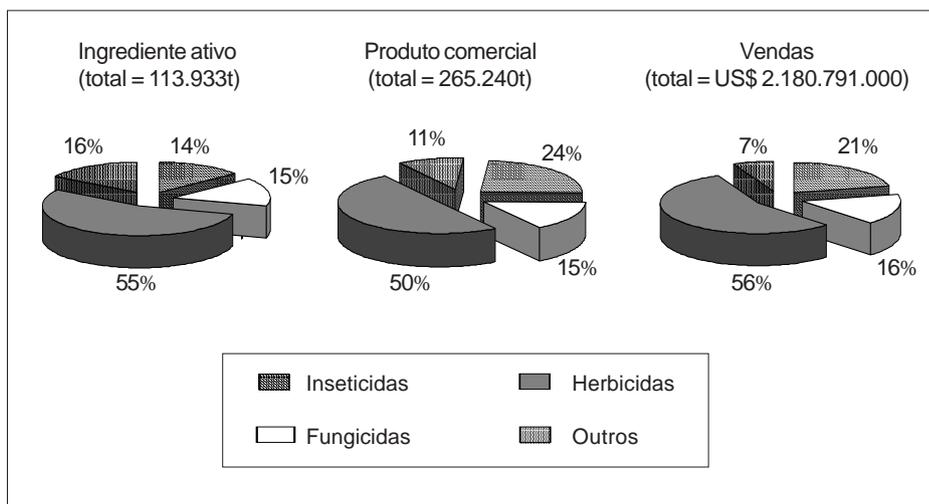


Gráfico 2 - Participação relativa dos herbicidas, inseticidas, fungicidas e outros (acaricidas, nematocidas, rodenticidas etc.) no consumo de ingrediente ativo e produto comercial e nas vendas de pesticidas no Brasil em 1997

FONTE: Estatísticas (2000).

de consumo de produto comercial e de ingrediente ativo. Estatísticas mais recentes revelam uma queda nas vendas de pesticidas de 1998 para 1999, embora, para o fechamento do ano de 2000, a expectativa do setor seja de aumento de 10% nas vendas, voltando-se aos níveis de 1998 (Estatísticas..., 2000).

O Quadro 1 traz algumas informações pertinentes aos herbicidas e inseticidas mais consumidos no Brasil, segundo Racke et al. (1997). Uma lista completa dos produtos em linha de comercialização no Brasil, em julho de 1999, pode ser obtida através do Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola (Sindag). Esta lista

inclui cerca de 300 ingredientes ativos isolados ou em misturas e 550 marcas comerciais (Estatísticas..., 2000).

COMO OCORRE A CONTAMINAÇÃO COM PESTICIDAS EM MICROBACIAS

A preocupação ambiental com os pesticidas em microbacias hidrográficas ocorre pelo fato de eles poderem ser levados, tanto por lixiviação quanto por erosão, para além do local a que se destinam, causando possíveis efeitos adversos sobre outros organismos que não aqueles considerados como peste, no sentido agrônômico da palavra.

QUADRO 1 - Principais herbicidas e inseticidas consumidos no Brasil

Classe/Subgrupo	Ingrediente ativo	Culturas/Práticas de utilização
Herbicidas		
Triazina	Ametrina	Cana-de-açúcar, citros, café, abacaxi, uva, banana
Triazina	Atrazina	Milho, cana-de-açúcar, abacaxi, seringueira, sisal, sorgo
Triazina	Atrazina + Simazina	Cana-de-açúcar, milho, abacaxi, sisal, sorgo, seringueira
Sulfoniluréia	Clorimuron Etflico	Soja
Fenoxi-ácido	2,4-D Éster Butílico	Arroz, trigo, soja, aveia, milho
Fenoxi-ácido	2,4-D Sal Dimetilamina	Cana-de-açúcar, milho, trigo, soja, arroz sequeiro, arroz irrigado, aveia, centeio, cevada, café, açudes, represas ou canais, pastagens formadas, gramados e áreas não cultivadas
Fenoxi-ácido	2,4-D Éster	Cana-de-açúcar, arroz, soja, milho, trigo, aveia
Fenoxi-ácido	2,4-D Amina	Cana-de-açúcar, café, soja, milho, arroz, trigo, gramados/áreas não cultivadas
Fosfono-amino-ácido	Glifosato	Milho, soja, trigo, citros, arroz, café, cana-de-açúcar, cacau, banana, ameixa, maçã, nectarina, pêra, pêssego, uva, seringueira, eucalipto, pastagens, eliminação da soqueira e como maturador, uso não agrícola e florestal
Imidazole	Imazaquim	Soja
Imidazole	Imazetapir	Soja
Uréia substituída	Tebutiuron	Cana-de-açúcar, pastagens
Nitroanilina	Trifluralina	Soja, algodão, alho, amendoim, tomate, berinjela, brócolis, couve-flor, couve-manteiga, repolho, pimentão, quiabo, feijão, feijão-vagem, cebola, cenoura, girassol, citros, berinjela, gladiolo, roseira, fumo, culturas florestais (eucalipto e seringueira)
Inseticidas		
Avermectina	Abamectina	Citros, algodão, plantas ornamentais e flores (crisântemo, rosa, cravo), batata, maçã, melancia, morango, pepino, pimentão
Carbamato	Aldicarbe	Citros, café, batata, algodão, feijão
Carbamato	Carbofuran	Café, arroz, cana-de-açúcar, milho, batata, fumo, banana, algodão, cenoura, amendoim, trigo, feijão, tomate, repolho Tratamento de sementes: arroz, algodão, milho, banana
Organofosforado	Clorpirifós	Algodão, café, batata, citros, fumo, feijão, pastagem, soja, sorgo, tomate, trigo, cevada, couve, repolho, milho Formicida
Piretróide sintético	Deltametrina	Algodão, café, alho, cebola, batata, tomate, fumo, soja, milho, arroz, trigo
Organofosforado	Dissulfoton	Café, algodão, amendoim, batata, cebola, melão, melancia, feijão, gladiolo, dália, rosa, tomate, fumo, abacaxi Tratamento de sementes: algodão
Organoclorado	Endossulfan	Algodão, café, soja, cacau, cana-de-açúcar
Piretóide sintético	Lambdacyhalotrina	Algodão, soja, tomate, fumo, trigo, milho, café, batata, cebola, couve, feijão
Organofosforado	Monocrotofós	Algodão, soja, trigo, amendoim, batata, feijão
Piretróide sintético	Permetrina	Algodão, soja, café, fumo, tomate envarado, tomate rasteiro, milho, arroz, couve, repolho, couve-flor, trigo, grãos armazenados (milho a granel)

FONTE: Estatísticas... (2000).

Para se avaliar o potencial de contaminação desses produtos em uma microbacia hidrográfica, é necessário, inicialmente, entender o comportamento destas substâncias no solo, visto que os solos funcionam como “filtros” químicos e biológicos que diminuem o impacto ambiental dos produtos químicos introduzidos na biosfera, quer seja acidental, quer seja proposital. Os solos são, dessa forma, a primeira linha de defesa para evitar que resíduos dos pesticidas atinjam as águas.

Comportamento de pesticidas no solo

Os solos reduzem a mobilidade de produtos químicos orgânicos de duas maneiras: pela adsorção (retenção) ou pela degradação biológica ou química. Conseqüentemente, a base para se predizer o comportamento de pesticidas no solo e para se avaliar o risco de um produto químico lixiviar-se para o lençol freático ou ser transportado na água por escoamento superficial ou pela enxurrada depende da compreensão da natureza e da extensão dos processos de adsorção e degradação.

As superfícies minerais e orgânicas dos solos (também chamadas de adsorventes) podem adsorver os pesticidas com diferente força (fraca a fortemente adsorvido), dependendo da interação pesticida-adsorvente. Interações fortes são indicativas de um processo denominado adsorção química, em que uma ligação covalente ou eletrostática de curta distância ocorre entre a molécula do pesticida e a superfície adsorvente. Interações fracas, por sua vez, são características do processo de adsorção física, em que as ligações não são muito energéticas.

A adsorção ou retenção de pesticidas nos solos é controlada pelas propriedades químicas das moléculas e pelas propriedades de superfície do solo (adsorvente) em particular.

As propriedades relevantes do pesticida são:

- a) identidade dos grupos funcionais ligados à molécula;
- b) acidez ou basicidade dos grupos funcionais;

- c) tamanho e forma da molécula;
- d) polaridade e carga da molécula;
- e) polarização da molécula.

Estas propriedades determinam a solubilidade em água da molécula e a tendência desta ficar adsorvida na superfície das partículas do solo. A polaridade e a carga são propriedades suficientemente importantes para serem usadas como parâmetros para uma classificação ampla dos pesticidas, conforme mostrado na Figura 19.

Com relação ao adsorvente, a retenção dos pesticidas é afetada por vários atributos físico-químicos do solo, incluindo o teor e o tipo de argila, o teor de matéria orgânica, o pH e a capacidade de troca de cátions. Os pesticidas têm forte afinidade pela matéria orgânica do solo, a qual tem um efeito importante na bioatividade, na persistência, na biodegradabilidade, no potencial de lixiviação e na volatilidade dos pesticidas. De fato, talvez a matéria orgâ-

nica seja o componente isolado do solo mais importante na retenção desses compostos. Assim, a quantidade de pesticida que deve ser aplicada e a capacidade dos solos de atuar como “filtros” são afetadas fortemente pela quantidade de matéria orgânica presente nesses. Isto não descarta, porém, a necessidade do conhecimento de outros atributos do solo, uma vez que, no caso específico de solos tropicais, os altos teores de sesquióxidos de Fe e Al da fração argila podem influenciar fortemente a retenção de pesticidas aniônicos (Anderson & Guilherme, 1999).

Vários mecanismos estão envolvidos no processo de retenção de pesticidas em solos, o Quadro 2 apresenta um resumo sobre o comportamento das diversas classes de pesticidas em solos, especialmente no caso de solos tropicais onde, além da matéria orgânica, a contribuição dos sesquióxidos deve ser levada em consideração.

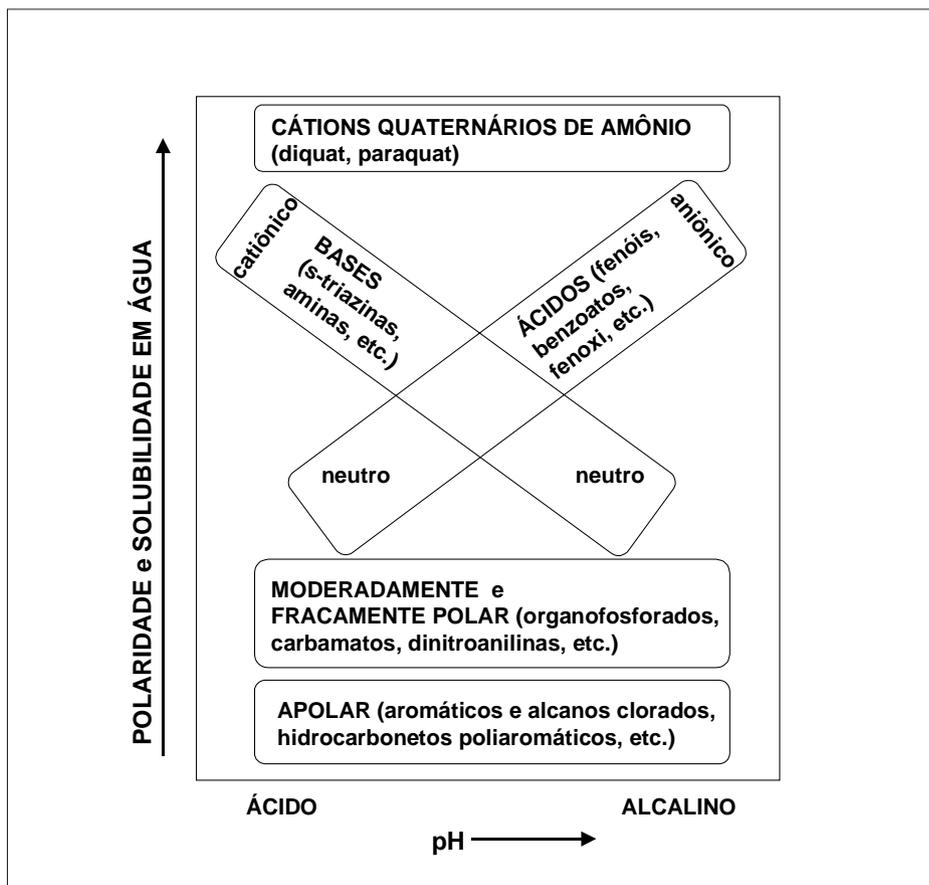


FIGURA 19 - Classificação dos pesticidas com base em sua polaridade e carga
 FONTE: McBride (1994).

Poluição e conservação da microbacia

O monitoramento da qualidade da água no Brasil, no que diz respeito à contaminação com pesticidas, não é uma prática comum. Em países com agricultura altamente tecnificada, estudos dessa natureza são freqüentes. Um recente estudo nos Estados Unidos, com 83 pesticidas, revelou que aproximadamente 60% dos cursos d'água localizados em áreas agrícolas continham um teor igual ou superior a 0,05 mg/L de um ou mais dos pesticidas analisados. Em áreas urbanas, o percentual de cursos d'água nessas condições foi de cerca de 80%. Os pesticidas mais detectados foram: áreas agrícolas: atrazina (e seu subproduto, desetilatraxina), metolachlor, cyanazina e alachlor e áreas urbanas: simazina, prometon, 2,4-D, diuron e tebutiuron (Gilliom et al., 1999).

O pesticida presente no material do solo perdido por erosão, quando atinge cursos d'água e/ou é depositado em áreas de preservação, pode ser liberado com a mudança das condições físico-químicas do meio. O transporte de pesticidas na água por escoamento superficial ou enxurrada tem sido considerado como um dos maiores meios de contaminação de rios e lagos (Gaynor et al., 1995). No deflúvio, a água carrega substâncias solúveis ou adsorvidas nas partículas de solo erodido.

Estudos têm mostrado que as perdas de herbicidas variam de 1% a 4%, dependendo das práticas de manejo e da declividade do terreno (Hall et al., 1972 e Hall, 1974). Em solos tratados com atrazina, foi estimado que aproximadamente 2% a 5% do produto aplicado pode ser perdido para as águas superficiais (Wauchope, 1978). O transporte de atrazina e metolachlor por enxurrada tem sido observado em numerosos sistemas de águas superficiais nos Estados Unidos (Tierney et al., 1993, Goolsby et al., 1993 e Spalding et al., 1994). Pesticidas com solubilidade em água superior a 10mg L⁻¹ (atrazina = 33mg L⁻¹) tendem a se mover largamente na fase líquida, enquanto pesticidas menos solúveis tendem a se mover associados à matéria orgânica solúvel ou adsorvidos em partículas de solos (Racke, 1990).

QUADRO 2 - Comportamento dos pesticidas com relação a sua adsorção pelos componentes do solo

Tipo de molécula	Afinidade por	Força de ligação
Apolar ou fracamente polar	Sítios apolares (hidrofóbicos) da matéria orgânica (ácidos húmicos) do solo	Fraca
Polar, sem carga	Grupos polares da matéria orgânica; coordenação com metais de alta valência nas superfícies dos colóides; grupamentos Si-O-Si	Fraca a razoavelmente forte
Polar, catiônica	Grupamentos carboxílicos da matéria orgânica; sítios de troca catiônica	Forte
Polar, aniônica	Superfícies de carga variável, como nos sesquióxidos de Fe e Al	Forte

FONTE: Dados básicos: McBride (1994).

O sistema de manejo convencional do solo praticado na região Nordeste do estado de Kansas tem comprometido a qualidade ambiental por causa dos níveis elevados de atrazina na enxurrada e alta taxa de erosão do solo (Quadro 3). Assim, Koo & Diebel (1996) propuseram uma série de manejos alternativos em substituição ao cultivo convencional, objetivando reduzir esta contaminação. Os sistemas de manejos alternativos foram os mais bem-sucedidos no controle da contaminação e de erosão (Quadro 3). Os níveis de atrazina na enxurrada foram bem inferiores em relação ao sistema convencional. Os resultados finais sugerem que existe uma necessidade imediata de mudança de filosofia no uso de alguns produtos. O uso de rotação de culturas, cultivo mecânico, redução de doses dos produtos e terraceamento são práticas

incorporadas nos sistemas alternativos que contribuem em muito para redução dos níveis de atrazina na enxurrada e no sedimento, por reduzirem a erosão hídrica. Entretanto, a adoção de manejos alternativos demanda técnica, tempo e dinheiro, fazendo dessa transição uma tarefa complexa. Formulários básicos de sistemas transicionais são discutidos em Diebel et al. (1993), em que o sistema alternativo é incorporado gradualmente no sistema convencional dentro de um programa previamente definido.

Na literatura existe uma série de estudos mostrando as concentrações de herbicidas na água da enxurrada oriundas de áreas agrícolas, entretanto estudos relacionados com as concentrações do herbicida na água depositada nas depressões, passível de infiltrar no solo, são poucos. Para carac-

QUADRO 3 - Perdas de solos e contaminação do sedimento e enxurrada com atrazina em sistemas de cultivo convencional e alternativo⁽¹⁾

Perdas/Contaminação	Sistemas de cultivo do solo	
	Convencional ⁽²⁾	Alternativo ⁽³⁾
Sedimentos (t ha ⁻¹)	14,58	7,11
Atrazina no sedimento (g ha ⁻¹)	0,50	0,015
Atrazina na enxurrada (g ha ⁻¹)	27,10	1,75

FONTE: Dados básicos: Koo & Diebel (1996).

(1) Valores médios para o período de 1972 a 1991. (2) Valores médios de perdas de solo e contaminação do sedimento e enxurrada no sistema de preparo convencional com cultivo contínuo de milho (aplicação de 1,75 kg ha⁻¹ do princípio ativo da atrazina). (3) Valores médios de perdas de solo e contaminação no sistema alternativo com preparo convencional, uso de rotação de culturas e cultivo mecânico do solo (aplicação de 1,45 kg ha⁻¹ do princípio ativo da atrazina).

terizar esta contribuição potencial de contaminação, Edwards et al. (1997) desenvolveram um estudo com o seguinte manejo: cultivo convencional do milho com arado de discos e plantio direto do milho com e sem adubação orgânica. No controle de plantas daninhas foram utilizados 2,24kg ha⁻¹ e 3,36kg ha⁻¹ do princípio ativo, respectivamente, de atrazina e de alachlor. Após a aplicação dos herbicidas foram aplicadas chuvas simuladas no 1^o e no 32^o dia, procedendo-se, então, à coleta da água acumulada nas depressões à superfície do solo, nos tempos t = 0 e t = 30 minutos após a formação da poça (Quadro 4). Segundo estes autores, as concentrações mais elevadas de atrazina nas poças foram encontradas no t = 0 do primeiro dia. Após 32 dias de aplicação, as concentrações de ambos os herbicidas decresceram muito em relação à concentração inicial. Comportamento semelhante ocorreu entre os tempos de amostragem da poça (Quadro 4). As menores concentrações foram observadas nos sistemas de plantio direto. A rápida queda na concentração do herbicida nas poças indica que a infiltração no perfil do solo é o mecanismo preferencial do transporte do herbicida.

Na Suécia, o uso excessivo de pesticidas no início da década de 80 causou uma série de contaminações ambientais colocando em risco a fauna, flora e a população. Os efeitos ambientais foram observados na redução da biodiversidade e contaminação de solo, lagos e cursos d'água (Weinberg, 1990). A partir de 1985, o governo Sueco acionou as agências National Agricultural Board (NAB), Environmental Protection Board (EPB) e National Chemicals Inspectorate (NCI) e propôs um programa para redução do uso de pesticidas. Em 1986, após três anos de implantação do programa, foi registrada uma queda de 55% no uso dos pesticidas (Quadro 5). O programa tinha como principais metas o aperfeiçoamento dos equipamentos de aplicação de pesticidas, redução nas doses, financiamento de programas de subsídio da agricultura orgânica e serviços de advertências quanto ao uso indiscriminado de pesticidas.

QUADRO 4 - Concentração média de Atrazina e Alachlor nas poças formadas nas depressões da superfície do solo

Dias após aplicação do herbicida	Herbicidas			
	Atrazina (mg L ⁻¹)		Alachlor (mg L ⁻¹)	
	⁽¹⁾ t = 0	⁽¹⁾ t = 30	⁽¹⁾ t = 0	⁽¹⁾ t = 30
	Cultivo convencional sem adubação orgânica			
1	6,65	0,51	5,26	0,21
32	0,23	0,04	0,39	0,07
	Plantio direto sem adubação orgânica			
1	0,32	0,22	0,57	0,11
32	0,23	0,10	0,07	0,04
	Plantio direto com adubação orgânica			
1	0,24	0,44	0,50	0,14
32	0,17	0,04	0,06	0,02

FONTE: Dados básicos: Edwards et al. (1997).

(1) Tempo após a formação da poça na superfície do solo, em minutos.

QUADRO 5 - Consumo de pesticidas usados na atividade agrícola na Suécia no período 1981 - 1989

Ano	Toneladas do princípio ativo			
	Fungicida	Herbicida	Inseticida	Total
1981 a 1985	599	3.536	150	4.285
1986	869	4.207	160	5.236
1987	470	1.781	63	2.314
1988	662	2.029	112	2.803
1989	445	1.871	50	2.366

FONTE: Dados básicos: Weinberg (1990).

Nos Estados Unidos, o uso de variedades de milho e tomate, tolerantes ao herbicida, resultou num grande impacto econômico e ambiental na produção agrícola. Além do uso de variedades tolerantes, esta tecnologia considera diversas propriedades dos herbicidas, dentre elas, a solubilidade em água, a sua meia-vida no solo, o índice de adsorção, a toxicidade no solo, o potencial de perda pela enxurrada e o potencial de lixiviação (Quadro 6). O uso desta tecnologia reduziu a variedade de pesticidas utilizados e os custos de produção declinaram (Hayenga et al., 1992).

Stearman & Wells (1997) desenvolve-

ram um estudo sobre transporte de pesticidas por enxurrada e lixiviação em solos, cujos resultados são mostrados no Quadro 7, onde se observa as porcentagens de perdas de solo, água e pesticidas, em relação ao cultivo convencional sem uso de plantas de cobertura. As menores perdas de solo e pesticidas ocorreram sob plantio direto.

No Quadro 8 são observados os valores de perda de pesticidas por erosão hídrica para os tratamentos com diferentes tipos de cobertura, tais como: solo descoberto, trevo, lespedeza e centeio (Stearman & Wells, 1997). Os resultados indicam que o simazina persistiu no perfil do solo por

QUADRO 6 - Propriedades dos pesticidas utilizados nas lavouras de milho e tomate

Pesticidas	Cultura	Dose (PA ha ⁻¹)	T (DL ₅₀ (mg kg ⁻¹))	SO (mg L ⁻¹)	MVS (dias)	ISS (L kg ⁻¹)	PAE	PL
Atrazina	M	2,46-3,7 kg	1.780-3.080	33	60	160	médio	grande
Dicamba	M	1,17 L	1.707	800.000	14	2	pequeno	grande
Cynazina	M	1,23-2,69 kg	288	171	20	168	médio	médio
Metolachlor	M	1,46-2,93 L	2.534-2.780	530	20	200	médio	médio
Butylate	M	5,56-8,58 L	3.500-5.431	45	12	540	médio	pequeno
Alachlor	M	4,10-8,19 L	1.800	242	14	190	médio	médio
Porpachlor	M	9,36-14,04 L	710	580	7	420	médio	pequeno
2,4-D	M	0,59-1,17 L	375-805	⁽¹⁾ 50	⁽¹⁾ 10	⁽¹⁾ 1.000	médio	pequeno
Glifosato	T	0,34-1,12 kg	5.000	1.000.000	30	⁽¹⁾ 10.000	grande	pequeno
Pebulate	T	4,48-6,72 kg	1.900	60	14	190	médio	médio
Napropamide	T	1,12-1,24 kg	>500->5.000	73	60	600	grande	médio
EPTC	T	2,24-6,72 kg	1.325-1.630	375	30	280	médio	médio

FONTE: Hayenga et al. (1992).

NOTA: M - Milho; T - Tomate; PA - Princípio ativo; T - Toxicidade; SO - Solubilidade em água; MVS - Meia-vida no solo; ISS - índice de adsorção no solo (constante de partição para carbono orgânico); PAE - Potencial de arraste na enxurrada; PL - Potencial de lixiviação.

(1) Valor estimado.

QUADRO 7 - Comparação de perdas de solo, água e pesticidas em vários sistemas de manejo do solo

Sistemas	Cobertura	Área coberta (%)	Perdas relativas ao cultivo convencional (%)				
			Solo	Água	⁽¹⁾ Simazina	⁽¹⁾ 2,4-D	
				Outono (precipitação de 653mm)			
Convencional	Descoberto	0	100	100	100	100	
Mínimo	Centeio	30	27	79	86	26	
Mínimo	Trevo	30	12	77	94	178	
Plantio direto	Lespedeza	100	4	97	48	6	
				Primavera (precipitação de 284mm)			
Convencional	Descoberto	0	100	100	100	100	
Mínimo	Centeio	75	1	42	20	58	
Mínimo	Trevo	75	1	24	13	12	
Plantio direto	Lespedeza	100	0	38	6	6	

FONTE: Dados básicos: Stearman & Wells (1997).

(1) Aplicado 4 kg ha⁻¹ do princípio ativo. Perdas de pesticidas referentes à soma no sedimento e enxurrada.

vários meses, enquanto o 2,4-D se dissipou após duas semanas. Grande parte da simazina e do 2,4-D permaneceu na camada de 0 a 20cm do solo, embora parte da simazina tenha sido lixiviada para camadas mais profundas no perfil. A principal forma de transporte dos produtos químicos foi a lixiviação. Somente após dois a três dias, os produtos químicos foram retidos no solo por mecanismos de adsorção. Segundo estudos de Stearman & Wells (1997), maiores perdas de água e de sedimento e, conseqüentemente, de pesticidas ocorreram no solo descoberto (Quadro 8). De 3,3% a 6,9% e de 0,1% a 3,2% da simazina e do 2,4-D, respectivamente, foram arrastados do sistema pela enxurrada e sedimentos da erosão, sendo mais de 90% da quantidade total de herbicidas retirado na enxurrada e menos do que 10% nos sedimentos. As menores concentrações de pesticidas na enxurrada e sedimento foram observadas para o tratamento com cobertura de lespedeza, seguido da cobertura com centeio. Estas diferenças entre sistemas de cobertura podem ser causadas primeiramente por diferenças nas operações de cultivo e manejo do solo, associadas com os mecanismos de sorção de pesticidas e taxa de degradação.

No Brasil, os estudos com deslocamentos por erosão hídrica e lixiviação de pesticidas são incipientes. Assim, visando contribuir com estas informações, Correia (2000) desenvolveu estudos objetivando avaliar o destino da atrazina no que diz respeito a sua capacidade de lixiviação no solo ou deslocamento superficial por arraste na enxurrada, empregando simulação de chuvas torrenciais. O estudo foi desenvolvido em um Podzólico Vermelho-Amarelo com 12% de declividade. Aplicou-se atrazina na dose de 3kg ha⁻¹ do princípio ativo, 30 dias após o cultivo de milho. A porcentagem de atrazina deslocada pelo escoamento da enxurrada e por sedimentos foi maior nos dois primeiros dias após a aplicação. Em amostras coletadas entre 15 e 90 dias após a aplicação do herbicida, os teores de atrazina foram inferiores a 2% na enxurrada e a 0,5% nos sedimentos. A atrazina aplicada foi lixiviada e distribuída em profundidade (< 50cm), representando, por-

QUADRO 8 - Transporte de simazina e 2,4-D na enxurrada e sedimentos em parcelas de perdas sob solo descoberto, sob cobertura de centeio, trevo e lespedeza para alguns eventos de chuva

Enxurrada + Sedimentos	Cobertura do solo			
	SD	CE	CC	CA
	Simazina			
Total de herbicida (mg)	1680,86	217,64	237,45	121,51
% do total aplicado	6,9	5,9	6,4	3,3
	2,4-D			
Total de herbicida (mg)	445,41	16,51	118,66	4,00
% do total aplicado	1,8	0,5	3,2	0,1

FONTE: Dados básicos: Stearman & Wells (1997).

NOTA: SD - Solo descoberto; CE - Centeio; CC - Trevo; CA - Lespedeza.

tanto, um potencial poluidor de águas subterrâneas.

Na região de Maria da Fé (MG), uma das principais bacias produtoras de batata do estado de Minas Gerais, análises de resíduos dos inseticidas em amostras de água, coletadas de março de 1993 a fevereiro de 1994, revelaram a presença de resíduos do inseticida aldicarbe (Temik) em várias amostras, embora abaixo do limite máximo permitido (Rigitano & Gouveia, 1995). Entretanto, por se tratar de um composto extremamente tóxico, iniciou-se um programa de monitoramento dos resíduos desses compostos, envolvendo a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) e a Ufla. Nos anos de 1995 a 1996, não foram detectados resíduos de aldicarbe na referida região, o que foi atribuído à redução no uso de pesticida. Tal tipo de monitoramento deveria ser estendido a outras microbacias com potenciais problemas de poluição ambiental (Curi et al., 1992).

LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PERTINENTE AOS PESTICIDAS

A legislação brasileira que estabelece limites à presença de pesticidas em águas é a Resolução Conama nº 20, de 18 de junho de 1986 (Conama, 1992), a qual estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. No

seu artigo 1º, as águas doces são classificadas, segundo seus usos preponderantes, em cinco classes, quais sejam:

“I - Classe Especial - destino:

- a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe 1 - destino:

- a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

III - Classe 2 - destino:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;

- c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) à criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

IV - Classe 3 - destino:

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à dessedentação de animais.

V - Classe 4 - destino:

- a) à navegação;
- b) à harmonia paisagística;
- c) aos usos menos exigentes.”

Os artigos 4º a 7º dessa resolução estabelecem os limites e/ou condições para as águas de classe 1 a 4, incluindo os teores máximos permissíveis para substâncias consideradas potencialmente prejudiciais, dentre as quais encontram-se alguns pesticidas. O Quadro 9 traz uma compilação desses teores para uma série de substâncias orgânicas, incluindo pesticidas, alguns dos quais não são mais utilizados no Brasil.

A Portaria nº 36, de 19 de janeiro de 1990, do Ministério da Saúde (Brasil, 1990), também estabelece normas e padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Os teores máximos de pesticidas permissíveis na água potável são semelhantes àqueles listados para águas de classe 3 da Resolução Conama nº 20/86 (Conama, 1992), à exceção do 2,4-D, cujo valor máximo estabelecido pela Portaria nº 36 é de 100 µg/L.

Destaca-se que a legislação brasileira é bastante confusa e, em parte, desatualizada e não consoante com a legislação de outros países. No caso de organofosforados e carbamatos (totais), recomenda-se a realização de análises pelos métodos da atividade anticolinesterásica, cujo limite mínimo de detecção é igual a 10 µg/L, implicando em teores máximos admitidos até este valor. Contudo, métodos cromatográficos já dis-

poníveis permitem a análise de compostos individuais, com limites mínimos de detecção muito inferiores.

Tal análise é relevante, pois os compostos têm toxicidade muito diferenciada. Além disso, em outros países, como os da Comunidade Econômica Européia (CEE), a legislação é mais rigorosa. A Diretiva nº 98/83/EEC, de 3 de novembro 1998, que trata da qualidade da água potável, estabelece teores máximos admissíveis de 0,1 µg/L, para qualquer pesticida individualmente, ou 0,5 µg/L, para o caso de misturas de compostos (Strosser et al., 1999). A Organização Mundial de Saúde (OMS) também estabelece valores limites para teores dos pesticidas na água potável. Esses valores com base em considerações toxicológicas são menos restritivos que aqueles permitidos pela CEE (Strosser et al., 2000), o mesmo ocorrendo com as recomendações da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Uni-

dos, que editou um documento recente contendo uma extensa revisão dos padrões para água potável, os quais contemplam uma série de pesticidas (Drinking..., 2000).

TÉCNICAS ALTERNATIVAS PARA O USO DE PESTICIDAS

Os pesticidas são projetados para ser biologicamente ativos sendo, portanto, de significativo interesse do ponto de vista ambiental. O nível de preocupação é função de fatores como a toxicidade do produto, sua persistência no ambiente e o método e a intensidade de aplicação. Progressos, em cada uma destas áreas, foram realizados em anos recentes, mas esforços continuados são aconselháveis (Graedel & Allenby, 1995).

Embora a indústria de pesticidas seja regulada pesadamente, a necessidade de produzir alimentos para populações crescentes tem criado uma forte pressão no sentido do uso continuado de produtos objetivando controlar pragas, doenças e plantas daninhas. Esta é uma tarefa complexa devido à possibilidade de adaptação rápida de algumas populações do organismo indesejável, em resposta a alguns agentes comuns de controle. Crescentes evidências da contaminação de águas superficiais e subsuperficiais e o consequente incremento de controles regulatórios sobre os pesticidas estão incentivando o desenvolvimento de produtos menos tóxicos. O uso de substâncias menos tóxicas em combinação com práticas como o plantio direto e a aplicação mínima de produtos fitossanitários tem um grande potencial para corrigir muitos problemas e minimizar os efeitos ambientais decorrentes do uso dos pesticidas.

Apresenta-se a seguir, informação compilada de Cunningham & Saigo (1995) que descreve possíveis alternativas aos usos atuais dos pesticidas. Alternativas essas que podem diminuir o consumo de pesticidas entre 50% e 90% sem reduzir a produção e a qualidade da colheita ou criar novas doenças.

Mudanças de comportamento

A rotação de culturas é uma prática que evita que populações de uma mesma praga

QUADRO 9 - Teores máximos admitidos (em µg/L) para substâncias potencialmente prejudiciais em águas classificadas como doce (salinidade igual ou inferior a 0,5%)

Substância	Águas de classes 1 e 2	Águas de classe 3
Aldrin	0,01	0,03
Clordano	0,04	0,3
DDT	0,002	1,0
Diieldrin	0,005	0,03
Endrin	0,004	0,2
Endossulfan	0,056	150
Lindano (gama.BHC)	0,02	3,0
Toxafeno	0,01	5,0
Demeton	0,1	14,0
Malation	0,1	100,0
Paration	0,04	35,0
Carbaril	0,02	70,0
Compostos organofosforados e carbamatos (totais em Paration)	10,0	100,0
2,4-D	4,0	20,0
2,4,5-T	2,0	2,0

FONTE: Conama (1992).

creçam. Em alguns casos, o cultivo mecânico pode substituir os herbicidas. O uso da inundação antes do plantio, quando pertinente, ou o uso de plantas de cobertura é eficiente para controlar pragas e plantas daninhas. A restauração de quebra-ventos e cordões em contorno, bem como a vegetação de escoadouros de água, é exemplo de práticas que não somente previnem a erosão do solo, mas também criam áreas de refúgio para inimigos naturais das pragas e doenças, através da diversificação de habitats⁵. O ajuste de épocas de plantio pode evitar o ressurgimento de pragas e doenças, enquanto que a mudança de campos de monocultura para culturas mistas torna mais difícil que pragas e doenças encontrem as colheitas preferidas.

Uma importante mudança de comportamento pode ocorrer também em nossas atitudes e preferências das pessoas. Os agricultores podem ser persuadidos a enxergar que a inexistência total de plantas daninhas pelo uso de herbicidas pode não ser o melhor para o solo ou para o próprio agricultor. Permitir que algumas plantas daninhas cresçam entre as fileiras de plantio pode fazer mais sentido a longo prazo. Adicionalmente, os consumidores podem ter que aprender a aceitar frutas e verduras menores e menos perfeitas.

Controle biológico

Esta prática, que se vale do uso de predadores ou patógenos, pode controlar muitas pragas e doenças de maneira mais barata e segura comparativamente ao uso de quantidades maciças de pesticidas. O *Bacillus thuringiensis* ou Bt, por exemplo, é uma bactéria natural que mata larvas de lepidópteros (borboletas e traças) mas que é inofensiva aos mamíferos. Grandes espécies animais, como aves, podem também ser utilizadas no controle de pragas e plantas daninhas em campos de cultivo. Plantas repelentes para controle de insetos e insetos herbívoros para controlar plantas daninhas são também alternativas importantes de controle biológico.

A genética e a biotecnologia podem ser também importantes aliadas no controle de pragas, doenças e plantas daninhas. A transferência de genes contendo características desejáveis de uma espécie para outra afim ou mesmo entre espécies não afins, como ocorre hoje em dia com os organismos geneticamente modificados, é exemplo concreto de ações neste sentido.

Outra opção é o uso de hormônios como atraentes de insetos para armadilhas localizadas, contendo pequenas quantidades de pesticidas, ação esta que pode apresentar o inconveniente de atrair não somente insetos-pragas, mas também insetos outros que podem constituir parte da cadeia alimentar de aves e anfíbios, além de polinizadores das plantas cultivadas.

Manejo integrado de pragas

O manejo integrado de pragas (MIP) é uma estratégia flexível e ecológica de controle com base numa combinação de técnicas aplicadas em épocas específicas, culturas específicas e para pragas específicas. Usam-se frequentemente técnicas mecânicas como alternativa à aplicação química. O MIP não abdica integralmente do uso de pesticidas, mas sim usa a quantidade mínima necessária junto com algumas práticas mecânicas para efetuar o controle. Onde

não há nenhuma alternativa ao controle químico, a dose única de um pesticida não persistente pode ser aplicada no momento em que os insetos ou as plantas daninhas estão mais vulneráveis. O monitoramento cuidadoso e científico das populações dos organismos indesejáveis para se determinar o ponto ótimo econômico, bem como a melhor época, tipo e método de aplicação do pesticida, é crítico no MIP.

Culturas que funcionam como armadilha e pequenas áreas plantadas uma ou duas semanas antes da cultura principal também são úteis. Estas áreas atingem a maturação mais cedo, podendo atrair pragas e doenças de outras plantas. Procedese então a um controle químico nesta área restrita, de tal modo que todos os organismos indesejáveis sejam eliminados. A cultura que recebeu aplicação de altas doses de pesticidas é então destruída de maneira segura para evitar possível exposição e risco de contaminação do homem e do ambiente com o pesticida. Usando-se esta estratégia, espera-se que o campo principal de cultivo fique livre da maior parte das pragas e doenças e, conseqüentemente, dos pesticidas.

Exemplos de programas de sucesso envolvendo o manejo integrado de pragas e doenças são sumarizados no Quadro 10.

QUADRO 10 - Situações onde o manejo integrado de pragas foi adotado com sucesso

Local	Cultura	Comentário
Massachusetts (EUA)	Maçã	Redução de 43% no uso de inseticidas
Brasil	Soja	Redução de 90% no uso de inseticidas
Costa Rica	Banana	Eliminação do uso de diversos pesticidas
África	Mandioca (60% da produção comprometida)	Controle de insetos em 65 milhões de hectares em treze países
Indonésia	Arroz	Eliminação de 65 dos 67 pesticidas anteriormente usados na cultura; redução de 75% nos custos com controle fitossanitário

FONTE: Dados básicos: Cunningham & Saigo (1995).

⁵No caso específico de microbacias, a preservação das Matas Ciliares é extremamente importante também para alojar inimigos naturais das pragas e doenças das culturas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma revisão recente sobre alternativas para reduzir a possibilidade de contaminação de águas com pesticidas provenientes de fontes pontuais (nas quais o pesticida pode entrar em contato direto com a água) ou difusas (onde o contato do pesticida com a água ocorre de maneira direta) pode ser encontrada em Carter (2000). Adicionalmente, sugere-se uma consulta ao trabalho de Malcolm (1998), o qual trás uma compilação de diversas fontes de informações sobre pesticidas que estão disponíveis na rede mundial de computadores, com acesso gratuito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, S.J.; GUILHERME, L.R.G. Sorption of pesticides by tropical soils. **Revista Brasileira de Toxicologia**, Ribeirão Preto, v.12, n.1, p.21, 1999.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 36, de 19 de janeiro de 1990. [Aprova normas e padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano]. **LEX – Coletânea de legislação e jurisprudência**. legislação federal e marginália, São Paulo, v.54, p.173-184, jan./mar. 1990.
- CARTER, A. How pesticides get into water: and proposed reduction measures. **Pesticide Outlook**, London, v.11, n.4, p.149-156, 2000.
- CONAMA (Brasília, DF). **Resolução do CONAMA 1984/91**. 4.ed.rev.aum. Brasília: IBAMA, 1992. 245p.
- CORREIA, F.V. **Distribuição e degradação do herbicida atrazina em solo Podzólico Vermelho-Amarelo sob condições de clima tropical úmido**. Lavras: UFLA, 2000. 83p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, 2000.
- CUNNINGHAM, W.P.; SAIGO, B.W. **Environmental science: a global concern**. 3.ed. Dudaque: Wm. C. Brown, 1995. 612p.
- CURI, N.; CARMO, D.N. do; BAHIA, V.G.; FERREIRA, M.M.; SANTANA, D.P. Problemas relativos ao uso, manejo e conservação do solo em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, n.176, p.5-16, 1992.
- DIEBEL, P.L.; LLEWELYN, R.V.; WILLIAMS, J.R. **An economic analysis of conventional and alternative cropping systems for northeast Kansas**. Manhattan, Kansas: Kansas State University - Agricultural Experiment Station, 1993. (Report of Progress, 687).
- DRINKING water standards and health advisories. Columbus: United States Environmental Protection Agency, 2000. (Office of Water. EPA822-B-00-001).
- EDWARDS, W.M.; SHIPITALO, M.J.; LAL, R.; OWENS, L.B. Rapid changes in concentration of herbicides in corn field surface depressions. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.52, n.4, p.277-281, July/Aug. 1997.
- ESTATÍSTICAS de consumo de defensivos agrícolas no Brasil. Disponível site **SINDAG** (2000). URL: <http://www.sindag.com.br/index.html> Consultado em jul. 2000.
- GAYNOR, J.D.; MACTAVISH, D.C.; FINDLAY, W.I. Atrazine and metolachlor loss in surface and subsurface runoff from three tillage treatments in corn. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.24, p.246-256, 1995.
- GILLIOM, R.J.; BARBASH, J.E.; KOLPIN, D.W.; LARSON, S.J. Testing water quality for pesticide pollution. **Environmental Science and Technology**, Washington, v.37, n.7, p.164A-169A, 1999.
- GOOLSBY, D.A.; BATTAGLIN, W.A.; THURMAN, E.M. **Occurrence and transport of agricultural chemicals in the Mississippi River Basin, July through August 1993**. Denver: US Geological Survey, 1993. p.1-22. (Geological Survey Circular, 1120-C).
- GRAEDEL, T.E.; ALLENBY, B.R. **Industrial ecology**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995. 412p.
- GUILHERME, L.R.G. Poluição do solo e qualidade ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: SBSCS, 1999. CD ROM.
- HALL, J.K. Erosional losses of s-triazine herbicides. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.3, p.174-180, 1974.
- HALL, J.K.; PAWLUS, M.; HIGGINS, E.R. Losses of atrazine in runoff water and soil sediment. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.1, p.172-176, 1972.
- HAYENGA, M.; THOMPSON, L.C.; CHASE, C.; KAARIA, S. Economic and environmental implications of herbicide – tolerant corn and processing tomatoes. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.47, n.5, p.411-416, Sep./Oct., 1992.
- KOO, S.; DIEBEL, L. A comparison of potential contamination from conventional and alternative cropping systems in northeast Kansas. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.51, n.4, p. 329-335, July/Aug., 1996.
- MCBRIDE, M.B. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1994. 406p.
- MALCON, H.M. Pesticides on-line: a review of pesticide resources on the internet. **Pesticide Outlook**, London, v.9, n.6, 1998.
- RACKE, K.D. Pesticide in the soil microbial ecosystem. In: RACKE, K.D.; COATS, J.R. **Enhanced biodegradation of pesticides in the environment**. Washington: American Chemical Society, 1990. p.1-12. (ACS Symposium Series, 426).
- RACKE, K.D.; SKIDMORE, M.W.; HAMILTON, D.J.; UNSWORTH, J.B.; MIYAMOTO, J.; COHEN, S.Z. Pesticide fate in tropical soils. **Pure and Applied Chemistry**, London, v.69, n.6, p.1349-1371, 1997.
- RIGITANO, R.L.O.; GOUVEIA, A.V. Contaminação de manancial hídrico com resíduos de inseticidas em Maria da Fé – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 15, 1995, Caxambu. **Resumos...** Lavras: SEB/ESAL, 1995. p.485.
- SPALDING, R.F.; SNOW, D.D.; CASSADA, D.A.; BURBACH, M.E. Study of pesticide in two closely spaced lakes in northeastern Nebraska. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.23, p.571-578, 1994.
- SPARKS, D.L. **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. 267p.
- STEARMAN, G.K.; WELLS, M.J.M. Leaching and runoff of simazine, 2,4 – D, and bromide from nursery plots. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.52, n.2, p.137-144, Mar./Apr., 1997.
- STROSSER, P.; PAU VALL, M.; PLÖTSCHER, E. Water and agriculture: contribution to an analysis of a critical but difficult relationship. In: VIDAL, C. (Coord.). **Agriculture, environment, rural development: facts and figures – a challenge for agriculture**. Disponível site **Europa**. <http://europe.eu.int/comm/dg06/envir/report/en/eau/en/report.htm>. Consultado em 2000.
- TIERNEY, D.P.; CHRISENSEN, B.R.; NEWBY, L. A review of historical surface water monitoring for atrazina in the Mississippi, Missouri, and Ohio rivers, 1975-1991. In: NATIONAL CONFERENCE PESTICIDES, 4, 1993, Virginia. Virginia: Polytechnic Institute and State University, 1993. p.724-740.
- WAUCHOPE, R.D. The pesticide content of surface water draining from agricultural fields: a review. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.7, n.4, p.459-472, 1978.
- WEINBERG, A.C. Reducing agricultural pesticide use in Sweden. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.45, n.6, p.610-613, Nov./Dec., 1990.



Figura 1 - Paisagem aquática

NOTA: Ilustração de A. J. Roesel, *História naturalis*, Nuremberg, 1758 (Paris, Bibliothèque Nationale).

FONTE: Luginbuhl (1989, p. 49)



Figura 2 - Paisagem do riacho na floresta

NOTA: Pintura de Martin Johnson Heade, *Brazilian Forest*, London, 1864 (New York, Museum of Art, Rhode Island School of Design).

FONTE: Beluzzo (1994, p. 176).



Figura 3 - Fazenda no interior do Rio de Janeiro
 NOTA: Pintura de Henri-Nicolas Vinet (Curitiba, Liga Ambiental).
 FONTE: Beluzzo (1994, p. 140).



Figura 4 - Paisagem sublime da cachoeira de Paulo Afonso
 NOTA: Pintura de E. F. Schute, Pernambuco, 1850 (São Paulo, Museu de Arte de São Paulo Assis Chateaubriand).
 FONTE: Beluzzo (1994, p. 159).

ZENECA

'KARATE ZEON'.
O INSETICIDA MULTICULTURA
QUE É O
MÁXIMO EM TECNOLOGIA.



microcápsulas

estômato

ATENÇÃO

Este produto é perigoso à saúde humana, animal e ao meio ambiente. Leia atentamente e siga rigorosamente as instruções contidas no rótulo, na bula e na receita. Utilize sempre os equipamentos de proteção individual. Nunca permita a utilização do produto por pessoas de idade.

Consulte sempre um Engenheiro Agrônomo



Venda sob recetário agrônomo

'Karate Zeon' é um novo inseticida multicultura, com formulação composta de microcápsulas, baseada em água. Uma tecnologia única que, além de maior eficiência, proporciona maior segurança ao homem e ao meio ambiente.



Figura 5 - Os tigres: escravos encarregados de recolher e jogar diariamente os dejetos domésticos na praia
 NOTA: Gravura - (A Semana Ilustrada, 1861).
 FONTE: Alencastro (1997, p. 70).

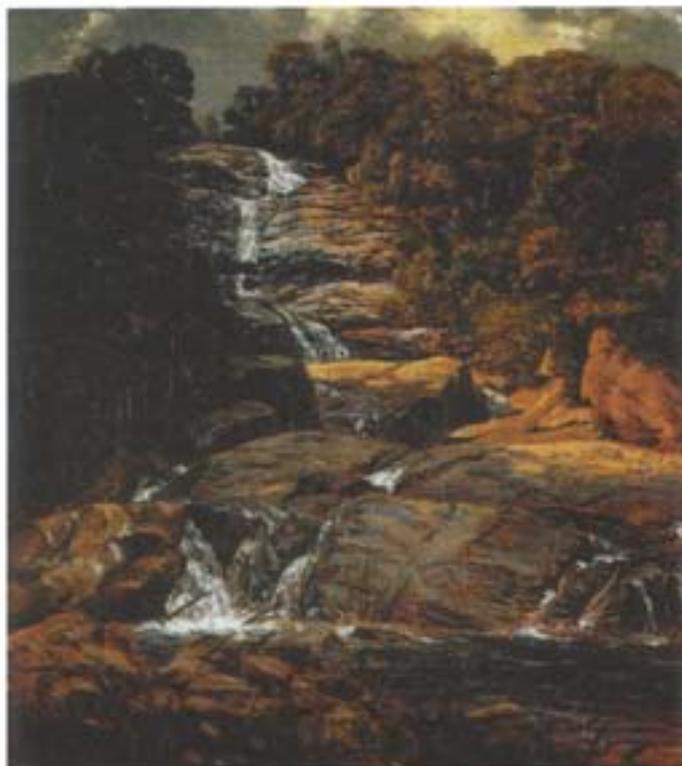


Figura 6 - Paisagem aquática brasileira
 NOTA: Pintura de Henri-Nicolas Vinet. Cascatinha da Tijuca, c. 1865 (Rio de Janeiro, Museu Nacional de Belas Artes).
 FONTE: Beluzzo (1994, p. 141).



PUBLICIS • BORTON

**MAIOR EFICIÊNCIA - MAIOR FLEXIBILIDADE - MAIOR CONFIABILIDADE
 MAIOR SEGURANÇA**

KARATE COM TECNOLOGIA **ZEON**

O máximo em tecnologia.

SOJA • MILHO • ALGODÃO • TOMATE • FEIJÃO • BATATA • HORTIFRUTI • TRIGO • CAFÉ



Figura 23 - Planejamento conservacionista para manutenção da potencialidade produtiva dos solos e aquíferos



Foto: Antônio Cláudio Davide

Figura 24 - Mata ciliar do Rio Grande, próximo a Macaia, município de Bom Sucesso - MG

NOTA: Maior remanescente florestal (84ha) da região do Alto Rio Grande.



Foto: Antônio Cláudio Davide

Figura 25 - Atividade agrícola em áreas de preservação permanente às margens do Rio Grande, Bom Sucesso - MG



Foto: José Márcio Rocha Faria

Figura 26 - Mudas de canafistula (*Peltophorum dubium*) produzidas em tubetes



Foto: Antônio Cláudio Davide

Figura 27 - Área desmatada, em processo de regeneração natural, Macaia, município de Bom Sucesso - MG



Foto: José Márcio Rocha Faria

Figura 28 - Plantio em quincôncio, alternando linhas de espécies pioneiras com linhas de espécies clímax, Água Comprida - MG

Planejamento conservacionista em microbacias

*Maria Inês Nogueira Alvarenga¹
Miralda Bueno de Paula²*

Resumo - Para implantação de um sistema agropecuário sustentável é necessário o conhecimento amplo dos ecossistemas nos quais a atividade será implantada. O planejamento conservacionista é uma ferramenta de fundamental importância neste contexto; sendo aqui abordado de forma simplificada, visando atender a um maior número de usuários, através da sugestão de um roteiro para sua elaboração. Apresenta-se, também, uma descrição dos principais impactos negativos dos sistemas de produção nas microbacias, bem como sugestão de técnicas de manejo que venham mitigá-los.

Palavras-chave: Conservação; Manejo; Bacia hidrográfica.

INTRODUÇÃO

A utilização das terras, salvo algumas poucas situações, é feita sem critérios de capacidade de uso e/ou aptidão agrícola, o que tem levado à queda de produtividade, menor retorno econômico, poluição e assoreamento de mananciais, rebaixamento do lençol freático, deslocamento do homem do campo, perda da biodiversidade, entre outras, resumindo-se em perda ou diminuição do potencial de sustentabilidade.

Tal comportamento pode ser atribuído à falta de crédito agrícola, falta de orientação técnica etc. Entretanto, o ponto culminante é a falta de política agrícola e de educação da população, que não sabe cobrar de seus dirigentes posições sérias de direcionamento das políticas de desenvolvimento, que venham contribuir para uma melhoria na qualidade de vida e uma distribuição de renda mais justa.

Em termos de tecnologias, existe muita informação que poderia ser aplicada categoricamente se houvesse dados básicos sobre os recursos naturais (solo, vegetação, água, clima, geomorfologia, geologia) em escala compatível para o uso em propriedades. Porém, o que se tem de informação é o Projeto RadamBrasil, feito pelo IBGE, em escala 1:1.000.000, que serve como orientação, mas não é apropriado co-

mo base para trabalho na maioria das propriedades agrícolas, responsáveis pela maior parte da produção do país. Além disso há alguns levantamentos de solos mais detalhados que cobrem uma área pouco representativa das áreas agrícolas produtivas. Outra ferramenta, também de grande potencial, é a utilização de informações georreferenciadas, nas quais, através do uso de programas específicos como o SPRING, o SGI etc., obtêm-se, por cruzamento de planos de informações básicas (declividade, textura do solo, comprimento de rampa, geologia etc.), as classes de uso que, aliadas às informações de clima e condições socioeconômicas, fornecem mapas de distribuição das classes de aptidão agrícola das terras. Entretanto, para a grande maioria dos produtores e técnicos que atuam na extensão, a utilização dos equipamentos necessários para obter esses produtos ainda é utópica, pois nota-se que existe uma distância muito grande entre a realidade do produtor e o nível tecnológico desenvolvido nas universidades e entidades de pesquisa. Estas dominam tecnologias de Primeiro Mundo num país onde a maioria dos produtores vive, muitas vezes, uma realidade de Terceiro Mundo, sendo estes os verdadeiros necessitados de apoio tecnológico.

Dentro desse contexto, o objetivo é apresentar de forma simplificada técnicas que venham contribuir para colocar em prática o uso mais racional das terras, em busca da sustentabilidade. Assim, a elaboração do planejamento conservacionista em subbacias vem ao encontro das necessidades atuais, ou seja, preservar os recursos naturais, principalmente solo e água que são interdependentes. O solo é a caixa de reserva de água, que é essencial para o desenvolvimento da vida na terra.

PLANEJAMENTO CONSERVACIONISTA

Planejamento conservacionista é uma programação de um conjunto de recomendações a ser seguido na exploração de uma propriedade agrícola, compatível com a capacidade de uso das terras, que especifica as práticas mais adequadas para manutenção e/ou melhoramento dos recursos naturais: solo, água e vegetação.

“O uso adequado da terra é o primeiro passo em direção à agricultura correta. Portanto, cada parcela de terra deve ser empregada de acordo com sua capacidade de sustentação e produtividade econômica, de forma que os recursos naturais sejam colocados à disposição do homem para seu melhor uso e benefício, procurando ao mes-

¹Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. E-mail: mines@ufla.br

²Eng^a Agr^a, D.Sc., Pesq. EPAMIG-CTSM, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. E-mail: bueno@ufla.br

mo tempo preservar estes recursos para as gerações futuras” (Lepsch, 1991).

Será apresentada uma síntese do Levantamento de Meio Físico com vistas a atender a técnicos e/ou produtores, que se dedicam a trabalhos práticos de conservação do solo e que queiram implementar o planejamento conservacionista em microbacias.

Serão descritas a simbologia e as diretrizes básicas que deverão ser utilizadas no Levantamento do Meio Físico; com base nos apontamentos de Bertolini & Bellinazzi Júnior (1994) e Pundek (1994).

Os critérios e convenções são adaptados do Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso, editado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e Ministério da Agricultura, coordenado por Lepsch (1991).

O planejamento conservacionista é a etapa final, corresponde a fase dinâmica do trabalho, que deve ser elaborado de acordo com a capacidade de uso de cada gleba e com as condições socioeconômicas e climáticas da propriedade.

Basicamente, o planejamento deverá conter um mapa com o projeto do arcabouço da propriedade (estradas, carregadores, canais divergentes e escoadouros, cercas, construções etc.) e um roteiro descritivo indicando as melhores explorações para cada gleba, as práticas de conservação do solo aconselhadas e também um cronograma de execução (Bertolini & Bellinazzi, 1994).

CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS

A capacidade de uso das terras dá idéia das possibilidades e limitações da terra, conceituando a sua adaptabilidade para diversos fins. É uma classificação técnico-interpretativa representando um agrupamento qualitativo dos tipos de solos, sem considerar a localização ou características econômicas. As características e propriedades são sintetizadas em classes homogêneas, com o propósito de apresentar a máxima intensidade de uso para uma determinada gleba, sem risco de degradação (Lepsch, 1991).

ção (Lepsch, 1991).

A intensidade de uso diz respeito a maior ou menor mobilização imposta ao solo, expondo-o a certo risco de erosão e/ou perda de produtividade, de forma que os cultivos anuais são considerados de uso mais intensivo que os cultivos perenes e estes mais que as pastagens.

A expressão encerra os efeitos do meio físico na aptidão da terra para ser explorada, sem sofrer danos consideráveis por desgaste e empobrecimento com cultivos anuais, permanentes, pastagens, reflorestamento ou vida silvestre.

O sistema está estruturado em três grupos e oito classes de capacidade de uso, conforme apresentados na Figura 20.

Grupos e classes de capacidade de uso da terra

Os grupos são estabelecidos em função dos tipos de intensidade de uso permitidos para as glebas; enquanto que as classes representam grupos de terras com o mesmo grau de limitação de uso e/ou riscos de degradação em grau semelhante.

Grupo A

Terras com aptidão para culturas a serem utilizadas com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre:

Classe I: terras cultiváveis sem problemas especiais de conservação;

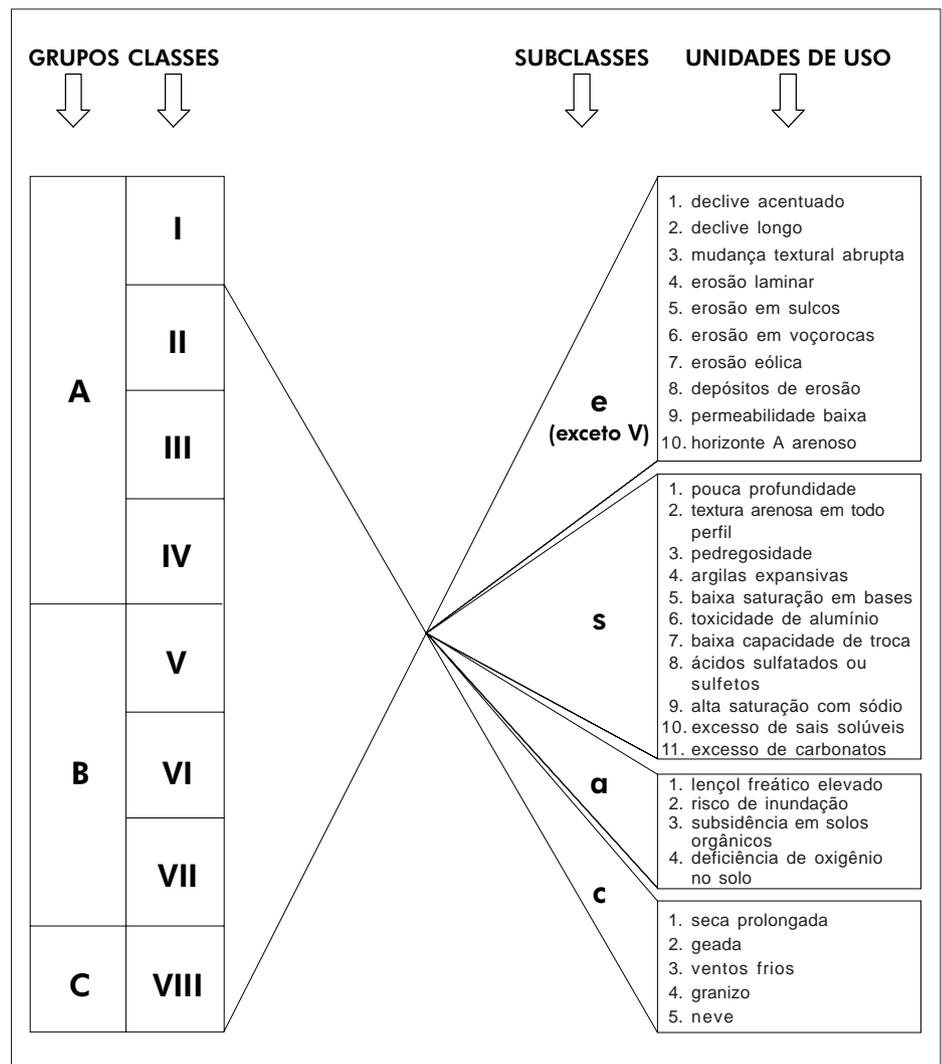


Figura 20 - Esquema de grupos, classes, subclasses e unidades de capacidade de uso de terra

FONTE: Lepsch (1991).

Classe II: terras cultiváveis com problemas simples de conservação;

Classe III: terras cultiváveis com problemas complexos de conservação;

Classe IV: terras cultiváveis apenas ocasionalmente, ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação.

Grupo B

Terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamentos e/ou vida silvestre; porém cultiváveis no caso de algumas culturas especiais protetoras do solo:

Classe V: terras com drenagem, pedregosidade e/ou adversidades climáticas muito problemáticas para permitir cultivos; cultiváveis apenas em caso de culturas especiais;

Classe VI: terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento ou vida silvestre, com problemas simples de conservação, cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo;

Classe VII: terras em geral adaptadas somente para pastagens ou reflorestamento ou vida silvestre, com problemas complexos de conservação.

Grupo C

Terras impróprias para cultivos perenes, pastagens ou reflorestamentos, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água:

Classe VIII: terras apropriadas apenas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou para fins de armazenamento de água.

Subclasses de capacidade de uso

Representam classes de capacidade de uso qualificadas em função da natureza da limitação, permitindo a adoção de práticas conservacionistas mais explícitas. A natureza das limitações é designada por letras minúsculas em função de sua natureza: e - erosão aparente ou risco de erosão, avaliação do risco de erosão sob cultivo; s - limitações relativas ao solo; a - limitações por excesso de água, prejudicial por expulsar o ar do sistema poroso, restringindo a respiração das raízes e dificultando o desenvolvimento das plantas; c - limitações climáticas. Por exemplo: Classe IIIe,s: apresenta limitações por risco de erosão e propriedades do solo. A Classe I, pela própria definição, não apresenta subclasses; portanto só pode apresentar restrições ligeiras.

Unidades de uso

A unidade de uso torna mais explícita a natureza da limitação e, assim, facilita a recomendação e o estabelecimento de práticas de manejo. Portanto, dentro de cada subclasse (e, s, a, c), pode-se definir qual é a limitação. Por exemplo, IIIe-1: limitação pelo risco de erosão em função da declividade; IIIs-1, limitação devido à profundidade efetiva do solo. As Classes I e V, por definição, não apresentam limitações por risco de erosão.

Enquadramento das terras em classes de capacidade de uso

Existem dois processos para enquadramento das terras em classes de capacidade de uso:

a) processo sintético: considera características e qualidades de uma gleba como um todo, julgando com elas a sua adaptabilidade para uso intensivo com culturas, pastagem e reflorestamento, comparando-as com as classes de capacidade de uso, até encontrar aquela em que melhor se enquadre.

Apresenta as seguintes vantagens e desvantagens:

- vantagens: caracterizações específicas e adaptadas em função das condições práticas locais;

- desvantagens: caracterizações das classes de uso criteriosamente detalhadas, sendo difícil generalizar definições para todas as situações.

b) processo paramétrico: considera os efeitos das características individuais da terra, dando-lhes pesos e depois combina esses efeitos para obter a capacidade de uso. Utiliza um quadro-chave (Quadro 1), com as características da terra diagnosticadas no levantamento do meio físico, com os graus de limitação que vão determinar a capacidade de uso. Estabelece-se uma classe para cada parâmetro e, no julgamento do conjunto, determina-se como classe aquela correspondente ao fator mais agravante, ou de maior limitação que a gleba apresente.

Apresenta as seguintes vantagens e desvantagens:

- vantagens: uma vez estabelecida a tabela ou chave, ela pode ser aplicada objetivamente, de forma que os operadores possam obter resultados consistentes em um mesmo trato de terra;

- desvantagens: normalmente não permite considerar as interações entre fatores, quando os critérios diagnósticos são tomados isoladamente para determinação das classes e subclasses de capacidade de uso.

Para fins de aplicação mais objetiva e simplificada, recomenda-se esse processo, para o qual se apresenta como chave o Quadro 1, lembrando-se de que esta é uma adaptação na qual se sugerem algumas características de solo a serem diagnosticadas em um levantamento expedito do meio físico. Entretanto, para situações especiais, outras características deverão ser acrescentadas ou mesmo substituídas. Por exemplo, em áreas com excesso de sais, a característica salinidade é importante de ser diagnosticada.

QUADRO 1 – Enquadramento das terras em classes de capacidade de uso

Limitação		Classes de capacidade de uso								Notação
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Profundidade efetiva	Muito profunda	x	x	x	x	x	x	x	x	pr1
	Profunda		x	x	x	x	x	x	x	pr2
	Moderada				x	x	x	x	x	pr3
	Rasa						x	x	x	pr4
Drenagem/ permeabilidade do perfil	Excessivamente drenada		x	x	x	x	x	x	x	h1
	Bem drenada	x	x	x	x	x	x	x	x	h2
	Moderada			x	x	x	x	x	x	h3
	Mal drenada									h4
Pedregosidade	Não pedregosa	x	x	x	x	x	x	x	x	pd0
	Moderada		x	x	x	x	x	x	x	pd1
	Pedregosa			x	x	x	x	x	x	pd2
	Muito pedregosa						x	x	x	pd3
	Extremamente pedregosa							x	x	pd4
Riscos de inundação	Muito baixa			x	x	x	x	x	x	i1
	Baixa				x	x	x	x	x	i2, i4
	Moderada					x	x	x	x	i3, i5
	Alta						x	x	x	i6, i7, i8
	Muito alta								x	i9
Classes de declive	Plano	x	x	x	x	x	x	x	x	A
	Suave ondulado		x	x	x	x	x	x	x	B
	Ondulado			x	x		x	x	x	C
	Colinoso				x		x	x	x	D
	Forte ondulado						x	x	x	E
	Montanhoso							x	x	F
	Escarpado								x	G
Grau de erosão laminar	Ligeira		x	x	x		x	x	x	1
	Moderada			x	x		x	x	x	2
	Severa						x	x	x	3
	Muito severa							x	x	4
	Extremamente severa								x	5-6
Erosão em sulcos superficiais	Ocasionais		x	x	x		x	x	x	7
	Freqüentes			x	x		x	x	x	8
	Muito freqüentes				x		x	x	x	9
Erosão em sulcos rasos	Ocasionais			x	x		x	x	x	⑦
	Freqüentes				x		x	x	x	⑧
	Muito freqüentes						x	x	x	⑨
Erosão em sulcos profundos	Ocasionais				x		x	x	x	7
	Freqüentes						x	x	x	8
	Muito freqüentes							x	x	9
Erosão em voçorocas	Ocasionais						x	x	x	7
	Freqüentes							x	x	8
	Muito freqüentes								x	9

FONTE: Dados básicos: Bertolini & Bellinazzi Júnior (1994).

METODOLOGIA PARA LEVANTAMENTO CONSERVACIONISTA

Algumas estimativas indicam que 40% da produção líquida primária terrestre, em termos de apropriação de recursos naturais e energia, já está comprometida para consumo humano (Mesquita et al., 2000). Reves-te-se, então, de importância o conhecimento dos recursos naturais que estão sendo apropriados na geração de rendas, surgindo assim o conceito de sustentabilidade: “desenvolvimento que satisfaz as necessidades da geração presente, sem comprometer as possibilidades das gerações futuras, em satisfazer suas necessidades” (Nosso..., 1988). Para implantação de um sistema agropecuário sustentável é necessário o conhecimento amplo dos ecossistemas nos quais a atividade será implantada.

Levantamento do meio físico

Também chamado de levantamento utilitário, é um inventário (diagnóstico) feito com observações no campo (incluindo indagações aos agricultores), análise de amostras de solo, análise de dados climáticos, que deverão ser notadas em forma de símbolos convencionais, nos respectivos mapas, e/ou registradas nos memoriais técnicos descritivos. É um levantamento simplificado em relação ao levantamento pedológico, porém deve ser feito criteriosamente para os parâmetros que foram eleitos para ser levantados, considerados com influência direta sobre o risco de degradação do solo pelos fatores de desgaste e empobrecimento (declive).

Considera-se fator limitante aquele critério diagnóstico que afeta adversamente o uso da terra e não pode ser corrigido com melhoramentos menores, devendo-se conviver com eles, tais como: pedregosidade, inundações etc.

Fórmula mínima

É representada por símbolos e notações convencionais, dispostas em uma seqüência conhecida como fórmula que sintetiza as condições encontradas na área considerada como homogênea.

A fórmula mínima obrigatória engloba critérios, diagnósticos, fatores limitantes (caso existam) e uso atual:

PROFUNDIDADE EFETIVA - TEXTURA - PERMEABILIDADE

FATORES LIMITANTES - USO ATUAL

DECLIVIDADE - EROÇÃO

Fatores determinantes

Para diagnóstico das classes de capacidade/aptidão de uso, deverão ser estudados os fatores determinantes de uso da terra, quais sejam: profundidade efetiva, drenagem ou permeabilidade do perfil do solo, textura, pedregosidade, declividade, risco de inundação e suscetibilidade à erosão.

Profundidade efetiva (pr)

Refere-se à camada de espessura máxima do solo, favorável ao desenvolvimento do sistema radicular e ao armazenamento de umidade, e que difere de uma camada adjacente com impedimentos advindos de propriedades físicas que impedem ou retardam significativamente o desenvolvimento das raízes. Normalmente considera-se a soma dos horizontes A e B.

São impedimentos no perfil: presença ou vestígios do lençol freático, estrutura maciça coesa, pedregosidade, camada cimentada etc. A profundidade efetiva será

determinada pelo conhecimento do perfil do solo e/ou com trato, classificando-se conforme Quadro 2.

Drenagem/permeabilidade do perfil (h)

É a capacidade que o solo apresenta de transmitir água ou ar e será determinada pelo conhecimento da textura do solo e da presença ou não de horizonte glei.

As classes de drenagem são adaptadas de Lemos & Santos (1984), de acordo com Uberti et al. (1992), citados por Pundek (1994) (Quadro 3).

Por esse critério necessita-se do conhecimento da textura, para determinação da classe de drenagem; devendo esta ser determinada cuidadosamente para cada gleba de terra.

Textura do solo

Refere-se à proporção relativa das frações granulométricas que compõem a massa do solo.

QUADRO 2 - Classes de profundidade efetiva

Classe	Profundidade (cm)	Símbolo
Muito profunda	> 200	pr1
Profunda	100-200	pr2
Pouco profunda	50-100	pr3
Rasa	<50	pr4

FONTE: Pundek (1994).

QUADRO 3 - Classes de drenagem

Classe	Profundidade de evidência de mosqueado/gleização (cm)	Textura do perfil	Símbolo
Excessivamente drenada	Ausente	Arenosa, arenosa a média	h1
Bem drenada	Ausente ou >100	Argilosa, média, muito argilosa	h2
Moderadamente drenada	De 50 a 100	—	h3
Mal drenada	<50	—	h4

FONTE: Pundek (1994).

É avaliada através do tato, pela sensação ao esfregar um pouco de solo úmido entre os dedos. A areia provoca sensação de aspereza, o silte, sedosidade e a argila, pegajosidade.

Quando se avalia a textura, deve-se tomar cuidado em homogeneizar a massa do solo, pois determinados solos exigem que a massa seja bem trabalhada.

O problema é aferir o tato para decidir no campo quanto às proporções aproximadas dessas frações combinadas na amostra do solo em questão. Deve-se, nesse caso, levar a amostra para determinar a composição granulométrica em laboratório.

Raramente encontra-se um solo que seja constituído de uma só fração granulométrica. Daí surgirem as classes de textura procurando definir as diferentes combinações de areia, silte e argila, como apresentados na Figura 21.

As classes de texturas referem-se às camadas superficial e subsuperficial do solo, conforme são apresentados no Quadro 4.

Pedregosidade (pd)

A determinação da quantidade de pedras da terra tem interesse especial para avaliação da facilidade de trabalhos e, nos casos das pedras pequenas ou fragmentos grosseiros, interessa também para avaliação das qualidades relacionadas com a conservação da umidade: controle da erosão hídrica e eólica, infiltração de água, desgaste de implementos agrícolas e desenvolvimento do sistema radicular (Lepsch, 1991).

A pedregosidade poderá ser determinada por visualização local, de acordo com a Figura 22; e/ou pelo conhecimento do perfil do solo, o que leva a determinar uma das classes de pedregosidade, apresentada no Quadro 5 (Pundek, 1994).

Risco de inundação (i)

O risco de inundação de um solo será indicado pela frequência e duração usual em que ocorrem. Sua frequência é estimada em razão do intervalo possível de recorrência; e a duração, de acordo com o tempo em que as águas cobrem o solo.

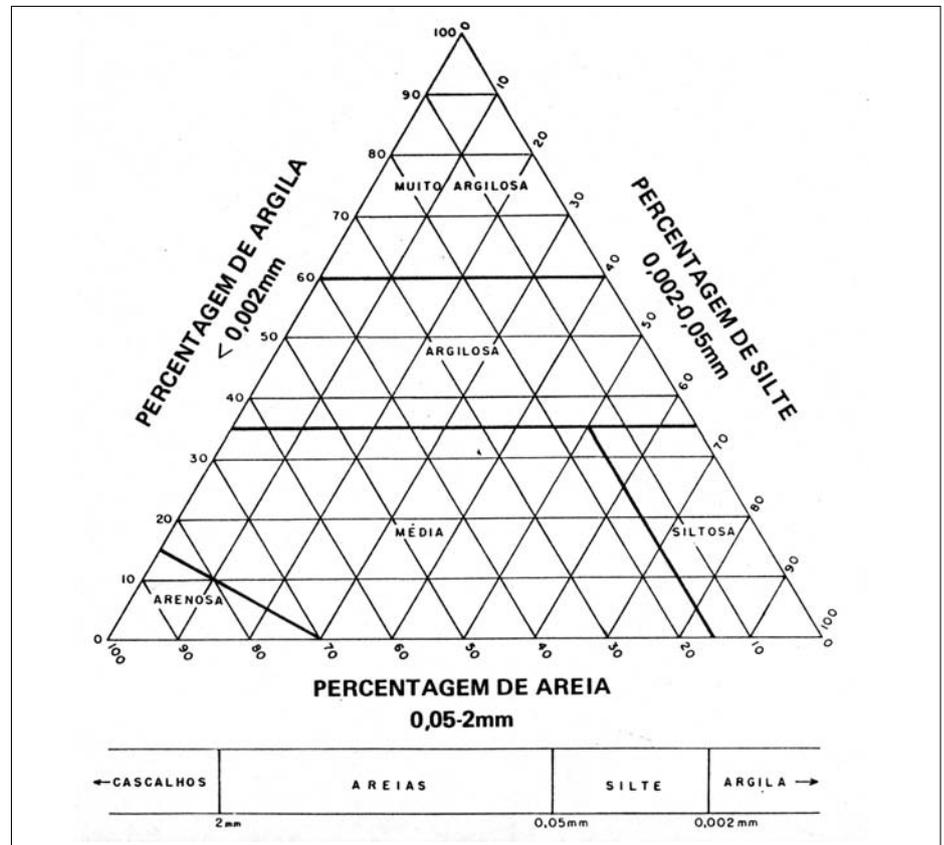


Figura 21 - Classes texturais do solo

FONTE: Lemos & Santos (1996).

QUADRO 4 - Textura do solo

Textura da camada superficial	Textura da camada subsuperficial				
	Muito argilosa	Argilosa	Média	Siltosa	Arenosa
Muito argilosa	1 / 1	1 / 2	1 / 3	1 / 4	1 / 5
Argilosa	2 / 1	2 / 2	2 / 3	2 / 4	2 / 5
Média	3 / 1	3 / 2	3 / 3	3 / 4	3 / 5
Siltosa	4 / 1	4 / 2	4 / 3	4 / 4	4 / 5
Arenosa	5 / 1	5 / 2	5 / 3	5 / 4	5 / 5

FONTE: Bertolini & Bellinazzi Júnior (1994).

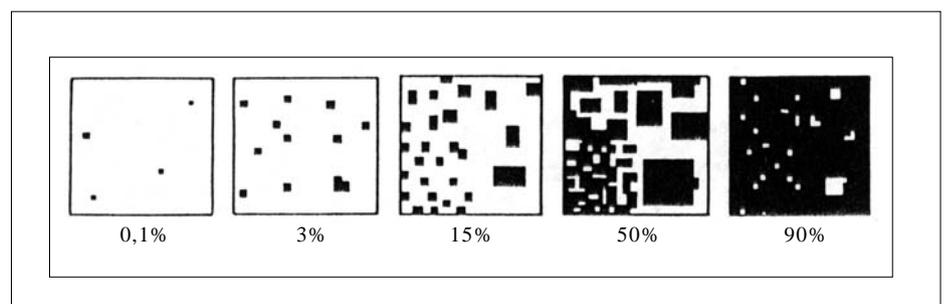


Figura 22 - Padrões para classificação quanto à pedregosidade

FONTE: Pundek (1994).

a) frequência:

ocasional: com mais de 5 anos de recorrência provável;

freqüente: entre 1 e 5 anos de recorrência;

muito freqüente: ocorre uma ou mais vezes por ano.

b) duração:

curta: dura menos de um dia;

média: dura de dois dias a um mês;

longa: dura mais de um mês.

Para maior clareza, as notações de riscos de inundação (frequência x duração) estão reunidas no Quadro 6.

Declividade

É a inclinação que o solo faz em relação a um plano horizontal. Será determinada com clinômetro e enquadrada nas classes (Quadro 7).

Suscetibilidade à erosão

É feita através da observação da ocorrência de erosão laminar e/ou em sulcos; representada por algarismos arábicos de um a seis para a erosão laminar e sete a nove para a frequência de erosão em sulcos. Dependendo da profundidade dos sulcos, recebe simbologia específica de acordo com o Quadro 8.

a) erosão laminar:

1 : ligeira – já aparente, mas com menos de 25% do horizonte A removido, ou quando não for possível identificar a profundidade normal do horizonte A de um solo virgem, com mais de 15cm do horizonte superficial remanescente;

2 : moderada – 25% a 75% do horizonte A removido ou quando não for possível identificar a profundidade normal do horizonte A de um solo virgem com 5cm a 15cm do horizonte A remanescente;

3 : severa – mais de 75% do horizonte A removido e possivelmente horizonte B já aflorando, ou quando não for possível identificar a profundidade natural do horizonte A de um solo virgem, com menos de 5cm do horizonte A remanescente;

QUADRO 5 - Classes de pedregosidade

Classe	Presença de pedras (%)	Símbolo
Não pedregosa	< 0,1	pd0
Moderadamente pedregosa	0,1 a 3	pd1
Pedregosa	3 a 15	pd2
Muito pedregosa	15 a 50	pd3
Extremamente pedregosa	>50	pd4

FONTE: Pundek (1994).

QUADRO 6 - Notações para registro de riscos de inundação

Duração	Frequência		
	Ocasionais	Freqüentes	Muito freqüentes
Curtas	i1	i4	i7
Médias	i2	i5	i8
Longas	i3	i6	i9

FONTE: Bertolini & Bellinazzi Júnior (1994).

QUADRO 7 - Classes de declividade do solo

Classe	Declive (%)	Símbolo
Plana	> 2	A
Suave ondulada	2-5	B
Ondulada	5-10	C
Colinosa	10-15	D
Forte ondulada	15-45	E
Montanhosa	45-75	F
Escarpada	>75	G

FONTE: Bertolini e Bellinazzi Júnior (1994).

QUADRO 8 - Notação de erosão hídrica em sulcos

Profundidade dos sulcos	Frequência dos sulcos		
	Ocasional	Freqüente	Muito freqüente
Superficial	7	8	9
Rasa	⑦	⑧	⑨
Profunda	▭7	▭8	▭9
Voçoroca	7V	8V	9V

FONTE: Bertolini & Bellinazzi Júnior (1994).

4 : muito severa – todo horizonte A já removido e horizonte B bastante erodido e, algumas vezes, removido em proporções entre 25% e 75% da profundidade original;

5 : extremamente severa – horizonte B removido na sua maior parte e com horizonte C já atingido, estando o solo praticamente destruído para fins agrícolas;

6 : símbolo reservado para áreas desbarrancadas ou translocações de blocos de terra. A área erodida deve ser delimitada no mapa por linha pontilhada, tendo no seu interior o símbolo 6.

b) erosão em sulcos – frequência:

7 : ocasional – distanciada mais de 30m;

8 : freqüente – menos de 30m entre si, ocupando menos de 75% da área;

9 : muito freqüente – menos de 30m entre si, ocupando mais de 75% da área.

c) erosão em sulcos – profundidade dos sulcos:

7; 8; 9 : sulcos superficiais que se desfazem com preparo do solo;

⑦, ⑧, ⑨ : sulcos rasos que podem ser cruzados por máquinas agrícolas, mas não se desfazem com preparo do solo;

7, 8, 9 : sulcos profundos que não podem ser cruzados por máquinas agrícolas, mas não atingiram o horizonte C;

7V; 8V; 9V : presença de voçorocas.

Caracterização e notação dos elementos necessários ao levantamento utilitário do meio físico

Existem convenções com o objetivo de padronizar as informações da fórmula mínima. Por exemplo: usam-se letras minúsculas e algarismos arábicos em posições específicas (Quadros 2 a 8); o zero indica característica não-diagnosticada; os números crescem no sentido do agravamento das condições.

Os fatores limitantes específicos são representados por letras minúsculas como a seguir:

pedregosidade (pd)
inundação (i)
caráter abrupto (ab)
caráter vértico (ve)
hidromorfismo (hi)
seca prolongada (se)
geada e/ou vento frio (gd)
caráter distrófico (di)
caráter álico (al)
baixa CTC (ct)
tiomorfismo (ti)
sodicidade (so)
salinidade (sl)
presença de carbonatos (ca)

Outro aspecto da fórmula “obrigatória” é a caracterização uso atual da terra, dando indicações sobre a tradição e a experiência dos agricultores, para sugerir possíveis manejos futuros. É representada pelo seguinte:

floresta: F
cerrado: S
caatinga: T
campo nativo: C
complexo vegetacional: O
terreno estéril: E
pastagens: P
lavoura: L
horticultura: H
silvicultura: V
pastagem nativa: Pn
pastagem melhorada: Pm
pastagem cultivada: Pc
capineira: Px
lavoura perene: Lp
lavoura temporária: Lt
lavoura anual: La
fruticultura: Hf
olericultura ou fruticultura: Ho
araucária: Va
essências exóticas: Vd
essências nativas: Vn
pinus: Vp
eucalipto: Ve

Exemplo de uma fórmula mínima:

$$\frac{pr1 - 2/2 - h2}{C - 27} \quad pd1 - Px$$

Observação: a determinação da fertilidade do solo é essencial para a implantação de cultivos, mesmo que aqui não esteja sendo considerada como determinante da capacidade de uso. Entretanto sugere-se que, quando da coleta de amostras para deter-

minação da granulometria, aproveite-se a mesma amostra para determinação da fertilidade do solo.

Roteiro de trabalho

Para elaboração do planejamento conservacionista, é necessário trabalho de campo e de escritório. O trabalho de campo deve iniciar após elaboração do mapa base da microbacia a ser estudada. O mapa base pode ser feito a partir de foto aérea, cartas topográficas do IBGE ampliadas em escala adequada para o trabalho de campo (pelo menos 1:5.000), levantamento topográfico etc.; pode ser utilizado até um croqui, como base para as atividades de campo.

Dentre as atividades a serem desenvolvidas no trabalho têm-se:

a) atividades de campo: percorrer a área; delimitar no campo glebas e subglebas; notar as características pela fórmula convencional; marcar cercas, estradas, afloramentos, áreas inundadas etc.; amostrar o solo.

b) atividades de escritório: elaborar mapa de levantamento do meio físico; mapa de uso atual; mapa de capacidade de uso; mapa de uso planejado; memorial técnico descritivo.

IMPACTOS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO NAS MICROBACIAS

As tecnologias empregadas nas propriedades com diferentes sistemas de produção podem afetar de forma negativa ou positiva a sustentabilidade das microbacias. Os modelos de produção agropecuária, quando não eficientes, provocam impactos de graves conseqüências econômicas e sociais, que se farão sentir ao longo do tempo, tais como os descritos a seguir.

Erosão

De modo geral o preparo do solo tem sido feito sem observação de técnicas conservacionistas, predispondo a área à degradação. O manejo inadequado e a degradação do solo têm como conseqüência a compactação, que provoca a remoção das camadas superiores (erosão). No preparo do solo, o técnico deve conhecer a sua susceptibilidade à erosão (erodibilidade), que se refere às características intrínsecas

do solo. Assim, solos com erodibilidades diferentes apresentarão comportamentos diferentes, sob a mesma forma de cultivo. Dessa maneira a cada grupo e/ou classe de solo corresponderá um conjunto de práticas mais eficientes. Outros fatores que influenciam a erosão do solo são os extrínsecos, que se referem a um manejo inadequado, o que significa o uso do solo fora de sua classe de capacidade de uso.

Poluição

O termo poluição é dirigido usualmente à presença de substâncias tóxicas introduzidas pelo homem no meio ambiente. O uso intensivo de fertilizantes e de agrotóxicos provoca o carreamento destes insumos, contaminando a água do solo e o lençol freático. Contudo, muitas vezes a poluição é causada por substâncias não-tóxicas, sendo a erosão considerada também como uma parte dos problemas da poluição.

Sedimentação

Nos cursos d'água em geral, o assoreamento significa o acúmulo de sedimentos, resíduos de fertilizantes, corretivos e defensivos agrícolas, o que prejudica a flora, fauna, captação d'água, potencializando o prejuízo dos agricultores. A sedimentação assoreando cursos d'água contribui também para o aumento das inundações.

Precipitação, escoamento e enchentes

Segundo Shaxson (1988), uma parte significativa da água da chuva se perde como escoamento superficial com graves efeitos:

- a) diminui o volume de água que seria potencialmente armazenado no solo;
- b) age como meio de transporte dos nutrientes erodidos do solo pelo impacto (desagregação) das gotas de chuva;
- c) o fluxo concentrado pode erodir mais solo das margens e leito dos canais;
- d) uma rápida concentração do escoamento superficial nos cursos d'água naturais pode causar sérias inundações;
- e) devido às perdas de água da chuva durante a estação chuvosa, haverá uma redução da água que deveria

estar disponível para sustentar os fluxos dos rios durante a estação seca.

Estradas

O escoamento superficial ao longo das estradas nas microbacias pode causar erosão, com efeitos localizados.

MANEJO E CONSERVAÇÃO NAS MICROBACIAS

As práticas conservacionistas (Fig. 23, p.54) visam à manutenção da potencialidade produtiva do solo. Bertoni & Lombardi Neto (1990) definem essas práticas como técnicas utilizadas para aumentar a resistência do solo ou diminuir as forças do processo erosivo.

O estado de Santa Catarina, com experiência no manejo de microbacias hidrográficas, prioriza uma melhor cobertura vegetal (Silva, 1996); e, em seguida a adoção do cultivo mínimo ou plantio direto, associado com subsolagem e adubação orgânica para melhorar a estrutura do solo. Posteriormente, o plantio em nível, culturas em faixas, as barreiras vegetais; e, somente em último caso, as barreiras mecânicas e a readequação das estradas internas para evitar o escoamento superficial excessivo.

Segundo Shaxson (1988), quase toda compactação e erosão causadas pelas gotas de chuva poderão ser evitadas se, no mínimo, 40% a 50% da superfície do solo estiver protegida com algum tipo de cobertura bem distribuída, que pode ser obtida através das técnicas de manejo.

Manejo dos resíduos de cultura

A manutenção da estrutura, redução da temperatura, conservação de umidade, redução da formação de arestas superficiais, melhoria das condições químicas, pela reciclagem dos nutrientes, promovendo maiores rendimentos dos cultivos agrícolas, são benefícios decorrentes da manutenção dos resíduos das culturas de inverno, deixados sobre o solo para as culturas de verão (Desperch et al., citados por Paula et al., 1998). A grande mobilização do solo e a incorporação ou queima dos resíduos vegetais podem dificultar o estabelecimento das culturas, devido às oscilações de temperatura e à umidade em solo descoberto, principalmente durante a germinação,

quando não há dossel de vegetação para proteção, ocorrendo, conforme Sidiras et al. (1984), temperaturas com valores superiores a 40°C a 5cm de profundidade.

Adubação verde

Denominou-se adubo verde a planta cultivada ou não com a finalidade de enriquecer o solo e sua massa vegetal, embora se considere também como adubo verde a utilização de espécies vegetais, tanto de gramíneas como outras espécies naturais ou cultivadas. O cultivo de leguminosas constitui-se na prática mais difundida para essa finalidade. A razão se dá principalmente pelo fato de as raízes dessas plantas, em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, fixarem o nitrogênio do ar; além de sua riqueza em compostos orgânicos nitrogenados e a presença de um sistema radicular geralmente bem ramificado e profundo que promove a reciclagem de nutrientes das camadas inferiores.

Em Minas Gerais essa prática não é muito difundida. Uma das razões para a não-adoção pelos agricultores é a falta de retorno econômico durante o primeiro ano agrícola. No Sul de Minas, em trabalho desenvolvido com guandu, crotalária (*Crotalaria juncea* L.), mucuna-preta e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), observou-se que o guandu se destacou tanto em produção de biomassa quanto no fornecimento de nutrientes ao solo, seguido pela crotalária (Paula et al., 1998).

Rotação de culturas

A rotação de culturas tem como objetivo principal criar melhores condições de crescimento de uma cultura agrícola, pelo plantio desta após o cultivo de culturas adequadas, garantindo a execução de todas as operações em tempo hábil. A rotação de culturas deve assegurar um controle eficiente de plantas daninhas e pragas com o mínimo de despesas (Steinhauser et al., citados por Derpsch et al., 1991). Segundo estes autores, a influência da rotação de culturas sobre a infiltração é muito maior com o preparo convencional do solo do que com o plantio direto. A rotação de culturas contribui para o arejamento e melhor conservação da água de solo; sendo uma medida de grande efeito no combate à erosão e ao deflúvio de água pluvial.

Efeito da calagem

Informações sobre os efeitos da calagem nas propriedades físicas do solo são contraditórias. Kamprath (1970) relata que, nos trópicos, a calagem para neutralizar o alumínio tóxico não deve ser feita com doses acima das necessárias, pois pode ocorrer com isso uma destruição dos agregados com diminuição da permeabilidade. Isso também foi verificado por Butierres (1980), através da diminuição do grau de floculação em solos do Rio Grande do Sul.

Efeito contrário foi observado por Roth et al. (1986), através de estudos em lavoura de café, onde diferentes níveis de calcário necessários para elevar o pH a 5,0 – 6,0 – 6,5 – 7,0 foram aplicados em Latossolo Roxo Distrófico. Segundo estes autores, a estabilidade dos agregados aumentou com a elevação do pH, havendo um incremento significativo na infiltrabilidade, e a porcentagem de agregados foi correlacionada positivamente com os teores de cátions trocáveis (Ca, Mg) e com o pH.

A calagem melhora as condições químicas do solo em áreas com problemas de acidez e promove também maior fixação simbiótica de nitrogênio pelas leguminosas. Disso resulta maior crescimento vegetativo, tendo como consequência maior retorno de matéria orgânica ao solo.

Correção de erosão nas estradas

As estradas de acesso internas e vicinais e os carregadores deverão ser bem localizados e conservados. As suas saídas laterais de água deverão ser destinadas a bacias de captação e acumulação tecnicamente implantadas, ao invés de constituírem-se em simples valas de drenagem que conduzem à erosão. As obras para correção da erosão nas estradas das microbacias incluem: retificação, acostamentos, ensaibramentos, correção de leitos, junção com terraços, bueiros, obras de drenagem, canais divergentes etc.

No manejo das microbacias, deve-se considerar que estas medidas reduzem as perdas do solo, assoreamento dos cursos d'água, enchentes, aumento da profundidade do lençol freático, com ganhos econômicos e sociais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cobertura do solo com plantas ou restos de cultura é o fator que mais in-

fluencia a infiltração da água e perda do solo por erosão. Técnicas de manejo dos restos culturais, adubação verde etc., principalmente entre pequenos e médios produtores, são pouco difundidas e/ou utilizadas, e a prática da queimada como forma de facilitar as operações de preparo do solo e plantio ainda é um problema real.

É de difícil conciliação o resultado econômico e a preservação do ambiente. O sentido principal de utilização da terra que é de caráter privado é dado pelo seu proprietário, portanto os resultados financeiros determinam as decisões dele. O produtor considera a terra como um bem que lhe proporciona ganhos financeiros, o que, muitas vezes a curto prazo, não combina com as práticas conservacionistas, cujos resultados são a longo prazo. Por outro lado, a população que necessita do alimento e da água em boa qualidade desconhece a importância e a necessidade das práticas conservacionistas.

Assim, para que se obtenha sucesso no programa conservacionista, há necessidade de um processo educacional de conscientização da classe produtora, que usufrui das riquezas da terra, e das lideranças políticas, que só dão grande importância ao aspecto econômico, para que a sobrevivência da humanidade não seja ameaçada. Este processo educacional pode ter início em cada município envolvendo ensino, pesquisa, extensão e liderança política, para elaboração e implantação de um eficiente Programa Conservacionista nas Bacias Hidrográficas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTOLINI, D.; BELLINAZZI JÚNIOR, R. **Levantamento do meio físico para determinação da capacidade de uso das terras**. 2.ed. Campinas: CATI, 1994. 29p. (CATI. Boletim Técnico, 175).
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BUTIERRES, M.F.M. **Efeito do calcário e fosfato de potássio no ponto de carga zero (PCZ) e grau de floculação em três solos do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: UFSM, 1980. 59p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 1980.
- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Londrina: GTZ / IAPAR, 1991. 272p.

- KAMPRATH, E.J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Tucson, v.34, n.2, p.252-254, Mar./Apr. 1970.
- LEMOS, R. da C.; SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3.ed. Campinas, SBRS/Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1996. 84p.
- LEPSCH, I. F. (Coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4ª aproximação**. Campinas: SBRS, 1991. 175p.
- MESQUITA, H. A.; PAULA, M.B. de; ALVARENGA, M.I.N. Indicadores de impactos das atividades agropecuárias. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.202, p.57-62, 70-71, jan./fev. 2000.
- NOSSO futuro comum. Rio de Janeiro: FGV/CMMD, 1988. 430p.
- PAULA, M.B. de; ASSIS, R.P. de; BAHIA, V.G.; OLIVEIRA, C.V. de. Efeito do manejo dos resíduos culturais, adubos verdes, rotação de culturas e aplicação de corretivos nas propriedades físicas e recuperação dos solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.191, p.66-70, 1998.
- PUNDEK, M. Levantamento e planejamento conservacionista de propriedades rurais em microbacias. In: MANUAL de uso, manejo e conservação do solo e da água: projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2.ed.rev.atual. Florianópolis: EPAGRI, 1994. p.357-384.
- ROTH, C.H.; PAVAN, M.; CHAVES, J.C.D.; MEYER, B.; FREDE, H.G. Efeitos das aplicações de calcário e gesso sobre a estabilidade de agregados e infiltrabilidade de água em um Latossolo Roxo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.2, p.163-166, maio/ago.1986.
- SHAXSON, T.P. Produção e proteção integradas em microbacias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, 1997, Campinas. **Anais...** A responsabilidade social da ciência do solo. Campinas: SBRS, 1988. p.263-271.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; HEINZMANN, F.X. Influência da adubação verde de inverno e seu efeito residual sobre o rendimento das culturas de verão em Latossolo Roxo distrófico. **Plantio Direto**, Ponta Grossa, v.2, n.2, p.4-5, 1984.
- SILVA, M.C. da. A experiência de Santa Catarina no manejo de bacias hidrográficas. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.; FONTES, M.P. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBRS/UFV, 1996. p.771-779.

Restauração de matas ciliares

*Antônio Cláudio Davide¹
Robério Anastácio Ferreira²
José Márcio Rocha Faria³
Soraya Alvarenga Botelho⁴*

Resumo - As Matas Ciliares vêm recebendo uma crescente e merecida atenção nos últimos anos, em função de uma maior conscientização da sociedade no que diz respeito ao meio ambiente, particularmente à conservação dos recursos hídricos. São discutidas a importância das Matas Ciliares, a viabilidade de sua implantação em função de fatores ambientais limitantes, a produção de sementes e mudas e as estratégias de implantação e de condução da floresta.

Palavras-chave: Reflorestamento ciliar; Revegetação; Recuperação de áreas degradadas.

INTRODUÇÃO

Matas Ciliares ou Florestas Ripárias são assim denominadas por assemelharem-se, na sua função, aos cílios que protegem os nossos olhos e, na sua forma, por ocorrerem em faixas estreitas, na forma de ripas. Elas podem ser definidas como formações florestais associadas aos cursos d'água, as quais podem estender-se por dezenas de metros a partir das margens (Fig. 24, p.54) e apresentam marcantes variações na composição florística e estrutura da comunidade, dependendo das interações estabelecidas entre o ambiente aquático e sua vizinhança (Oliveira-Filho, 1994). Entretanto, esta definição tem sido empregada no sentido amplo, englobando o conceito de Matas de Galeria ou Florestas Ripárias, no bioma Cerrado, que, segundo Walter & Ribeiro (1997), são definidas como uma vegetação lenhosa que margeia as linhas de drenagem natural do terreno. As Florestas de Galeria podem circundar lagos, veredas, córregos e pequenos rios e ter estrutura e composição diferente das Florestas Ripárias que margeiam os grandes e médios rios. Neste

caso devem ser entendidas como Matas Ciliares. A vegetação aqui denominada Mata Ciliar é a combinação desses dois conceitos e refere-se às áreas cobertas por florestas, situadas entre um rio e os sítios adjacentes, devendo ser manejada para manter a integridade ecológica e hidrológica dos cursos d'água.

As Matas Ciliares estão relacionadas no art. 2º da Lei nº 4.771/65 (Brasil, 2000), que abrange como áreas de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação existentes ao redor dos rios, lagos, nascentes, lagoas e reservatórios, especificando, na maioria das situações, a dimensão mínima da faixa marginal que deve ser preservada. Essa faixa poderá variar de 30m a 600m, dependendo da largura dos cursos d'água. No caso das nascentes, mesmo que intermitentes, o raio mínimo de vegetação deverá ser de 50m. Para as lagoas e reservatórios, naturais ou artificiais, situados em áreas rurais, a largura mínima deverá ser de 50m, para aqueles com área de inundação de até 20ha, e de 100m para os demais. Em áreas urbanas, a faixa deverá ser de 30m.

Freqüentemente, estabelece-se um grande conflito entre os interesses de utilização dessas áreas, por parte dos proprietários das terras e a necessidade de preservação ambiental estabelecida pela legislação (Fig. 25, p.54).

As Matas Ciliares são os ecossistemas mais intensamente utilizados e degradados pelo homem. Por possuírem solos férteis e úmidos, elas estão sendo substituídas pela agricultura e pecuária, muitas vezes com incentivos de programas do governo como o Pró-Várzea, nas décadas de 70 e 80, além de sofrerem exploração madeireira. Nas regiões montanhosas, normalmente as estradas são construídas margeando os rios. Nestas são comuns a exploração de areia e cascalho, com conseqüente solapamento dos barrancos, queda de árvores e assoreamento dos cursos d'água. Finalmente, por serem locais paisagisticamente belos e agradáveis, essas áreas são intensamente utilizadas para urbanização, recreação, construção de condomínios, clubes, ranchos de pesca etc.

A necessidade da presença da vegetação ciliar é sem dúvida inquestionável,

¹Eng^o Agr^o, D.Sc. Engenharia Florestal/Silvicultura, Prof. UFLA – Dep^o Ciências Florestais/Pesq. UFLA - CEMAC, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG.

²Eng^o Florestal, D.Sc. Fitotecnia/Sementes, Prof. ESACMA – Escola Superior de Agricultura e Ciências de Machado, Praça Olegário Maciel, 25, CEP 37750-000 Machado-MG.

³Eng^o Florestal, M.Sc., Prof. UFLA – Dep^o Ciências Florestais/Pesq. UFLA-CEMAC, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG.

⁴Eng^a Florestal, D.Sc. Engenharia Florestal/Silvicultura, Prof. UFLA – Dep^o Ciências Florestais/Pesq. UFLA-CEMAC, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG.

pelas suas funções. O que se procura questionar atualmente é se o ônus da preservação desses ecossistemas deveria recair unicamente sobre o proprietário das terras, já que seus efeitos benéficos não são apenas locais, chegando a milhares de pessoas que vivem nas áreas de influência de uma bacia hidrográfica ou até mesmo distante dela, se considerarmos a geração de energia hidrelétrica.

FUNÇÕES DAS MATAS CILIARES E FATORES CONDICIONANTES PARA A SUA OCORRÊNCIA

As Matas Ciliares desempenham importantes funções e seus efeitos não são apenas locais, mas refletem na qualidade de vida de toda a população sob influência de uma bacia hidrográfica. Seus principais benefícios são:

a) qualidade da água

As Matas Ciliares possuem função de tamponamento entre os cursos d'água e as áreas adjacentes cultivadas; melhoram a qualidade da água e retêm uma grande quantidade de sedimentos, nutrientes, principalmente fósforo (P) e nitrogênio (N), e produtos tóxicos. Essas matas conseguem reter cerca de 80% do P e 89% do N provenientes do escoamento superficial das áreas adjacentes. Excesso de P e N na água provoca o crescimento exagerado de algas e plantas aquáticas, podendo alterar o nível de oxigênio, com conseqüente mortalidade de peixes e outras formas de vida aquática. Além disso, o custo do tratamento da água para abastecimento urbano será grandemente afetado. As Florestas Ciliares são também bastante eficientes para recarregar os aquíferos subterrâneos através de canais formados no solo pelas raízes das árvores.

b) estabilização das margens dos rios

As Matas Ciliares permitem a estabilização do solo às margens dos rios através da grande malha de raízes que dá resistência aos barrancos. O *litter* florestal atua como uma esponja, retendo e absorvendo o escoamento superficial, auxiliando a infiltração da água e a retenção de partículas

de solo que são carregadas pela enxurrada. A taxa de infiltração de água no solo florestal pode ser de 10 a 15 vezes maior do que numa pastagem e 40 vezes mais que num solo descoberto.

c) habitat para a fauna silvestre

As Matas Ciliares proporcionam uma provisão de água, alimento e abrigo para um grande número de espécies de pássaros e pequenos animais, além de funcionarem como corredores de fauna. Essas áreas poderão ser de grande interesse também para o ecoturismo.

d) habitat aquático

A vida aquática dos rios e lagos é profundamente beneficiada pela presença de Matas Ciliares, as quais proporcionam sombreamento para as águas, importante fator para manutenção da temperatura destas. Variações bruscas de temperatura da água podem afetar uma grande variedade de seres aquáticos e reduzir a reprodução e sobrevivência dos peixes. As raízes das árvores, além de darem estabilidade às margens, propiciam a criação de tocas, que servem de abrigo para peixes e outros organismos. Finalmente, os frutos, flores, folhas e ramos fornecem alimento e abrigo para pequenas criaturas que vivem no fundo dos rios e lagos, como os insetos, anfíbios, crustáceos e pequenos peixes, sendo vitais na cadeia alimentar.

A importância das Matas Ciliares não é apenas local, mas global, e toda a sociedade deve ser responsabilizada pela sua preservação.

A falta de entendimento desses conceitos e de conhecimento dos fatores ambientais que são condicionantes para ocorrência das Matas Ciliares tem contribuído para uma alta taxa de insucesso nos trabalhos de recomposição delas. Assim, várias tentativas de recomposição foram efetuadas sem sucesso no estado de Minas Gerais, quando sítios sem aptidão ecológica foram reflorestados com espécies típicas de outros ecossistemas. Esses erros acarretam grande mortalidade de plantas e/ou o domínio delas pela vegetação competitiva, principalmente as gramíneas.

As Matas Ciliares são áreas de transição quanto às propriedades do solo e também quanto ao gradiente de umidade. Geralmente, o fator umidade é determinante no tipo de vegetação e exerce uma forte pressão de seleção, o que requer a presença de espécies bem adaptadas a estes ambientes (Kageyama et al., 1989). Essas matas constituem ambientes de grande diversidade de espécies, na maioria das vezes com índices superiores aos encontrados em outras formações florestais.

Esse tipo de vegetação apresenta como características:

- a) ocupação de uma pequena proporção da área total da bacia hidrográfica;
- b) locais ecologicamente estáveis e bem definidos em relação às áreas circundantes mais bem drenadas;
- c) maior produção de biomassa vegetal e animal do que a vegetação circundante;
- d) locais de elevada biodiversidade dentro do ecossistema florestal.

Segundo Mantovani (1982), citado por Oliveira-Filho (1994), os principais fatores condicionantes para a ocorrência das Matas Ciliares, os quais apresentam-se interligados em maior ou menor intensidade, são:

- a) hidrológicos: volume de água superficial, profundidade do lençol freático, acúmulo de vapor d'água e fluxo de água;
- b) geológicos: relacionados com a natureza da rocha matriz, composição química e biológica do solo e natureza dos aluviões;
- c) topográficos: altitude, declividade e ângulo de abertura dos vales.

Os constantes alagamentos nas áreas de influência das Matas Ciliares são um dos principais fatores de seleção das espécies que desenvolveram estratégias adaptativas para estes ecossistemas. A umidade e a fertilidade do solo nestas áreas propiciam condições adequadas para germinação e estabelecimento das espécies vegetais.

MATA CILIAR COMO UM ELEMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA

Embora a legislação florestal vigente no país determine faixas mínimas de vegetação natural, que nos casos dos reservatórios seria 100m, em grande parte das bacias hidrográficas de Minas Gerais, não seria possível obter sucesso na implantação de Matas Ciliares, a não ser em poucos pontos isolados.

O estado de Minas Gerais possui 17 bacias hidrográficas (Bacias..., 1998) que atravessam ecossistemas muito distintos, representativos de quase todo o Brasil. Com exceção da bacia amazônica, no aspecto hidrológico, as principais bacias hidrográficas do país originam-se em Minas Gerais.

Os principais elementos da bacia hidrográfica são a área de drenagem, forma, características do solo, sistema de drenagem e relevo, com especial atenção à declividade, responsável pelo escoamento superficial (Rezende, 1998). As bacias devem ser manejadas em seu aspecto macro, de forma que promova uma melhoria do solo e da

água, principalmente nas nascentes, cursos d'água e reservatórios.

Tomando-se como exemplo a sub-bacia hidrográfica do Alto Rio Grande, situada entre as regiões Sul e Campos das Vertentes (microrregião Campos da Mantiqueira), que abriga os reservatórios das Usinas Hidrelétricas de Camargos e Itutinga, podem-se salientar alguns dados de maior importância para os trabalhos de recomposição de Matas Ciliares (Quadro 1), a partir de um estudo mais amplo realizado por Carniel et al. (1994).

Nota-se, pelos dados do Quadro 1, que cerca de 58% (46,4% de cambissolo + 11,32% de litólico) dos solos dessa sub-bacia não são aptos ao crescimento de árvores por apresentarem problemas graves como baixa profundidade, baixa permeabilidade e camadas de impedimento, aliadas ao déficit hídrico e à baixa fertilidade. A recomposição de Matas Ciliares nestes sítios só é possível no fundo dos vales, em faixas estreitas, onde ocorre a sedimentação de solo e nutrientes, aliada à presença de água.

As margens dos reservatórios represen-

tados por estes tipos de solos têm chances mínimas de serem reflorestadas com Mata Ciliar, já que o efeito de umidade tem-se dado apenas durante os meses de abril-maio, quando o reservatório ocupa sua cota máxima, para logo em seguida ser paulatinamente deplecionado, chegando à sua cota mínima em outubro-novembro, coincidindo com o máximo de déficit hídrico para esta região.

Dos aproximadamente 42% dos solos restantes nesta sub-bacia, 34% pertencem à classe dos latossolos, distribuídos entre Latossolo Vermelho-escuro, variação una, e Vermelho-amarelo, e são passíveis de reflorestamento com espécies florestais típicas das matas remanescentes da região, dependendo de outros fatores, como relevo, uso anterior da terra, calagem, fosfatagem e fertilizações. Nesses sítios, devem-se plantar espécies pertencentes às formações florestais que ocorrem em solos mais ricos, normalmente Latossolo Vermelho-escuro (Oliveira-Filho & Ratter, 1995), sem associação com o acúmulo de água no solo.

Os solos hidromórficos ocupam 8% da

QUADRO 1 - Algumas características da sub-bacia sob influência dos reservatórios de Camargos e Itutinga, situada entre as regiões Sul e Campos das Vertentes (microrregião Campos da Mantiqueira - MG) - Alto Rio Grande

Características da sub-bacia	Tipos de solos			
	Cambissolos (46,4%)	Latosolos (34,46%)	Litólicos (11,32%)	Hidromórficos (7,82%)
Localização	Solos álicos e distróficos	LV, LE e LU	Solos ácidos	Solos com diversas características em comum
Latitude 21° 00' a 22° 00' Sul	Textura média, argilosa e muito argilosa	Relevo suave, leve ondulado e ondulado	Fortemente ácidos	Problemas de drenagem
Longitude 44° 00' a 45° 00' Oeste	Rasos com pouca profundidade	Perfis profundos	Alta saturação de alumínio	
Área: 2.000 km ²	Relevo ondulado a fortemente ondulado	Textura argilosa, muito argilosa	Horizonte A cascalhento	
Altitude 700m - 1.800m	Encrostamento na superfície	Bem drenados	Pedregoso, rasos	
8 municípios	Baixa permeabilidade	Muito acidentado e acidentado	Relevo forte ondulado e montanhoso	
pp - 1.000 a 2.600mm	Baixa agregação	Com erosão	Sob vegetação de campo/cerrado	
CW (Mesotérmico)	Deficiência hídrica	Baixa fertilidade natural	Fertilidade extremamente baixa	
Cva (Temp. Chuva)	Baixa produtividade biológica		Inapto para agricultura e florestas	
Cwb	Baixa cobertura vegetal			
Vegetação	Processo erosivo acentuado			
Cerrado e Campo	Presença de voçorocas			
Floresta Estacional Semidecídua (ciliar)	Aptidão = Reserva Biológica			
Floresta Estacional Semidecídua (em sítios mésicos)				

FONTE: Carniel et al. (1994), citado por Davide & Botelho (1999).

área dessa bacia, sendo resultantes principalmente da influência do excesso natural de umidade, permanente ou temporária, durante períodos variáveis do ano. Esses solos deveriam ser totalmente ocupados por vegetação ciliar, protegendo as nascentes que dão origem aos tributários dos rios que compõem a bacia hidrográfica do Alto Rio Grande. Essas áreas, na maioria das vezes, não estão às margens dos reservatórios, mas distribuídas em centenas de pequenas propriedades rurais da sub-bacia e, embora se constituam em áreas de preservação permanente perante a lei ambiental, freqüentemente são manejadas para produção de grãos e capineiras/canaviais. Portanto, existe um conflito de interesses entre a necessidade imediata de subsistência do agricultor e a presente necessidade da conservação dos olhos d'água que dão origem aos principais cursos d'água da sub-bacia.

Considerando-se todos estes fatores e mesmo trabalhando-se apenas em solos de maior potencial, outros fatores podem condicionar ou limitar o sucesso na restauração de Matas Ciliares. Assim, deve-se deixar claro que o termo Mata Ciliar muitas vezes tem sido confundido com vegetação ciliar ou vegetação natural, que devem ser preservadas ao longo dos cursos d'água.

PRODUÇÃO DE SEMENTES VISANDO O REFLORESTAMENTO CILIAR

Os principais aspectos que devem ser considerados nos sistemas de produção de sementes florestais, são:

- a) número de matrizes coletadas;
- b) distância entre matrizes;
- c) número de ocasiões em que a árvore produz sementes em seu ciclo vital;
- d) intervalo entre eventos de produção;
- e) quantidade de sementes produzidas por árvore em cada período de produção;
- f) duração do período de produção;
- g) classificação da árvore na floresta;
- h) grupo ecológico a que a espécie pertence.

Na maioria dos programas de implantação de florestas nativas, pouca atenção tem sido dispensada à qualidade das sementes, no sentido de que estas sejam representativas de uma população de uma espécie. Kageyama & Gandara (1999) enfatizam a necessidade do entendimento do conceito de tamanho efetivo (N_e), que vem a ser a representatividade genética que uma árvore tem, em função de seu sistema reprodutivo e de sua genealogia. Assim, sementes colhidas de uma árvore podem representar um N_e que pode variar de 1 a próximo de 4, dependendo se a espécie é alógama ou autógama, respectivamente.

O tamanho efetivo de uma população implicará na capacidade de manter suas características genéticas ao longo de sucessivas gerações, de maneira que a colheita de sementes deverá priorizar o tamanho efetivo da população, para que a futura floresta originada dessas sementes represente toda a variabilidade genética da espécie. Assim, assumindo-se que uma espécie é alógama, como acontece com a maioria das árvores, pode-se adotar um tamanho efetivo, adequado para a colheita de sementes, como sendo de 50. Segundo Kageyama & Gandara (1999), este valor tem sido aceito na literatura para casos de populações a serem mantidas a médio prazo. Na prática, estes autores sugerem:

- a) colher sementes de 12-13 árvores de uma população natural grande, ou seja, com mais de 500 árvores;
- b) reunir as sementes de várias populações pequenas, somando-se os N_e individuais;
- c) coletar sementes de uma floresta plantada, desde que as sementes utilizadas para formar essa população tenha um N_e de 50.

Para todos os casos, deve-se colher a mesma quantidade de sementes de cada árvore, tomando-se o cuidado de obedecer uma distância de 50m a 100m entre árvores.

Devem-se selecionar árvores vigorosas, sadias e boas produtoras de sementes, das espécies que compõem uma população particularmente adaptada na

região dos reflorestamentos. Devem-se estabelecer áreas de coleta de sementes, que são populações (florestas nativas ou plantadas) com composição florística semelhante a da futura floresta e amplamente adaptada à região a ser reflorestada.

A maioria das espécies florestais da região Sudeste do Brasil concentra a produção de sementes entre os meses de agosto e outubro, embora ocorra produção durante o ano todo. Um banco de dados sobre os aspectos da época e métodos de colheita, beneficiamento e armazenamento, além de informações sobre dormência e germinação de sementes das espécies florestais que ocorrem nas florestas da bacia do Alto Rio Grande, foi publicado por Davide et al. (1995).

Um importante fator que deve ser destacado é a classificação da árvore na floresta. Árvores dominadas ou suprimidas apresentam pouca ou nenhuma capacidade de produzir sementes. Cerca de 90% das sementes são produzidas por árvores dominantes e/ou co-dominantes da comunidade florestal. Na prática, isto significa que apenas aquelas árvores vigorosas, cujas copas dominam as demais, alcançando o dossel e recebendo grandes quantidades de luz, apresentam grande produção de sementes. As árvores isoladas e das periferias das florestas também são boas produtoras, mas não devem ser coletadas.

Com relação às correlações entre grupos ecológicos e características reprodutivas, o que se observa é que espécies com comportamento pioneiro produzem sementes pequenas, dormentes, em grandes quantidades, em diferentes estádios de maturação e em intervalos regulares, algumas vezes, estendendo-se ao longo do ano. Suas sementes, normalmente são ortodoxas, ou seja, toleram a dessecação a 3%-5% de umidade, podendo ser armazenadas a longo prazo, a baixas temperaturas, como aquelas proporcionadas por um freezer doméstico. Espécies mais tardias ou climax produzem sementes grandes, podendo apresentar anos de máxima produção, alternados com um ou mais anos sem produção. Suas sementes podem ou não apresentar dormência e recalcitrância quanto

ao armazenamento, ou seja, podem perder totalmente sua viabilidade, quando dessecadas a 12%-20% de umidade, além de não tolerarem o armazenamento a baixas temperaturas, o que inviabiliza o armazenamento a médio e longo prazos. Carvalho (2000) mostrou que 25% das espécies dos remanescentes das Matas Ciliares do Alto Rio Grande apresentam esse comportamento.

PRODUÇÃO DE MUDAS PARA IMPLANTAÇÃO DE MATAS CILIARES

Em função do grande número de espécies florestais tropicais, o processo de propagação é bastante complexo. Pouco se conhece sobre os métodos de produção de mudas e em alguns casos é necessário desenvolver técnicas para atender espécies individuais ou grupos de espécies.

No Brasil, em muitos viveiros, as mudas de espécies florestais nativas ainda são produzidas em sacos de polietileno, geralmente de grandes dimensões. Este sistema apresenta diversos inconvenientes, como o custo elevado das mudas, deformações do sistema radicular e o baixo rendimento operacional no viveiro, transporte e plantio. Com o objetivo de reverter esse quadro, algumas empresas começaram a produzir mudas de espécies nativas em tubetes (Fig. 26, p.54), utilizando a tecnologia existente para espécies de grande interesse comercial como as de *Eucalyptus* e de *Pinus*. Como consequência, os viveiros passaram a produzir mudas a custos reduzidos e com maior qualidade.

O tubete é utilizado por várias empresas que trabalham com produção de mudas de espécies nativas. Existem no mercado tubetes de diferentes dimensões, variando de 56cm³ a 288cm³. As pesquisas têm mostrado que o tubete menor é suficiente para a produção de mudas da maioria das nativas, ficando o maior para as espécies que apresentam sementes grandes, maiores que o diâmetro superior do tubete, como a cotieira (*Johannesia princeps* - Euphorbiaceae), a palmeira-macaúba (*Acrocomia aculeata* - Arecaceae), o jacarandá-banana (*Swartzia langsdorffii* - Leguminosae-Faboideae) e o jatobá (*Hymenaea courbaril* - Legumi-

nosae-Caesalpinioideae). No entanto, dentre essas espécies, aquelas que apresentam germinação epígea, como o jatobá, podem ser semeadas em sementeira e repicadas posteriormente para tubetes pequenos.

Entre as principais vantagens do uso do tubete em relação ao saco plástico podem-se citar:

- possibilidade de mecanização no enchimento com substrato;
- reutilização dos tubetes e bandejas em vários ciclos de produção, reduzindo-se, assim, o custo inicial;
- utilização de uma menor quantidade de substrato;
- poda natural das raízes, impedindo o seu enovelamento;
- melhoria da qualidade do sistema radicular; formação de um maior volume de raízes finas;
- maior facilidade no manuseio das mudas no viveiro e no campo;
- maior rendimento no transporte;
- utilização de uma menor quantidade de mão-de-obra;
- redução do custo final da muda.

Como desvantagens podem-se citar:

- maior custo inicial de investimento;
- maior necessidade de irrigação;
- lixiviação de nutrientes mais intensa, gerando a necessidade de adubações em cobertura.

Substrato, adubação e irrigação

Os substratos utilizados no enchimento dos tubetes apresentam as mais variadas composições, tendo como característica comum o uso de terra em pequenas proporções. O Quadro 2 apresenta a composição de alguns substratos usados por empresas que produzem mudas de espécies nativas em tubetes.

Geralmente, a adubação inicial, que é feita no substrato, é a mesma para todas as espécies produzidas no viveiro (Quadro 3), sendo que a adubação em cobertura é que pode variar, em função dos requerimentos nutricionais das espécies ou de grupos de espécies, do ritmo de crescimento (ciclo de produção) e do regime de irrigação/chuvas. No entanto, algumas empresas acabam adotando uma adubação em cobertura sistemática para todas as espécies (Quadro 3), via água de irrigação, ainda que para algumas delas esta adubação esteja sendo feita desnecessariamente. Essa atitude pode ser justificada, considerando-se que operações diferenciadas no viveiro encarecem as mudas e que o custo do adubo utilizado representa muito pouco no custo final da muda.

A irrigação é uma das etapas na produção de mudas em tubetes que requer maior atenção. O substrato do tubete desidrata-se mais rápido que o do saco plástico, devido ao seu pequeno volume e à ventilação que ocorre em cima e embaixo, proporcionada pela maneira como os tube-

QUADRO 2 - Composição de alguns substratos usados na produção de mudas de espécies nativas em tubetes

Viveiro	Composição do substrato
Ufla (Lavras, MG)	50% de esterco; 20% de casca de arroz carbonizada; 20% de vermiculita e 10% de terra de subsolo
Cemig (Usina de Volta Grande)	70% de composto (à base de casca de pinos); 20% de húmus e 10% de vermiculita
Cemig (Usina de Itutinga)	40% de esterco; 20% húmus; 20% de vermiculita e 20% de terra de subsolo
Cesp (Usina de Paraibuna)	60% de húmus; 30% de casca de arroz carbonizada; 7% de areia e 3% de terra de subsolo

FONTE: Faria (1999).

QUADRO 3 - Adubações iniciais (no substrato) e em cobertura utilizadas na produção de mudas de espécies nativas em tubetes

Instituição	Modo	Adubação utilizada
Ufla	No substrato (por m ³)	2kg de <i>Yorin</i> + 300g de KCl + 500g de sulfato de amônio
	Em cobertura	80g de KCl + 1.000g de MAP aplicados em 10.000 tubetes Início: 30 dias após a germinação ou repicagem Intervalo: a cada 15 dias
Cemig (Usina de Volta Grande)	No substrato (por m ³)	5kg de superfosfato simples + 500g de KCl + 300g de FTE-BR12
	Em cobertura	30 dias após a germinação: 500g de sulfato de amônio/10.000 tubetes 60 dias após a germinação: 80g de KCl/10.000 tubetes (mantendo a adubação anterior) 120 dias após a germinação: 500g de superfosfato simples/10.000 tubetes (mantendo as duas adubações anteriores) Intervalo: a cada sete dias
Cemig (Usina de Itutinga)	No substrato (por m ³)	5kg de superfosfato simples + 500g de KCl + 300g de FTE-BR12
	Em cobertura	30 a 45 dias após a germinação: 500g de sulfato de amônio + 500g de superfosfato simples + 400g de KCl/10.000 tubetes Intervalo: a cada sete dias
Cesp (Viveiro de Paraibuna)	No substrato (por m ³)	1,5kg de superfosfato simples + 300g de sulfato de amônio + 150g de KCl + 120g de FTE-BR12
	Em cobertura	A partir de 45 dias após a germinação: 150g de sulfato de amônio + 50g de KCl em 1.000 tubetes, alternando com 150g de sulfato de amônio Intervalo: a cada 10 ou 15 dias

FONTE: Faria (1999).

tes ficam dispostos, em bandejas suspensas. Essas características fazem com que aumente a frequência/quantidade de irrigação, tendo como consequência negativa a intensificação na lixiviação, tornando necessárias as adubações em cobertura. As mudas devem ser irrigadas quantas vezes forem necessárias no dia, preferencialmente através de microaspersores, mantendo o substrato sempre úmido, sem encharcar. A sensibilidade do viveirista é que vai determinar quando e o quanto irrigar.

Qualidade de mudas

O uso de mudas de melhor padrão de qualidade está diretamente relacionado com uma maior porcentagem de sobrevivência após o plantio, além de proporcionar um crescimento inicial mais rápido, diminui o número de capinas necessárias na área plantada, implicando na redução dos custos de implantação (Carneiro, 1995).

Geralmente, os únicos parâmetros de qualidade considerados pelos viveiristas são o aspecto nutricional (visual) e a altura

das mudas que deve estar acima de 20cm. Apesar de ser mais fácil de medir, a altura, isoladamente, não é a melhor característica para avaliar a qualidade de uma muda, já que é fortemente afetada por fatores como a densidade de encanteiramento. Mudas produzidas a uma densidade de 400 mudas/m² alcançarão a altura padrão de 20cm em um período menor do que se estivessem em uma densidade de 200 mudas/m². Entretanto, na maior densidade, o crescimento em diâmetro do colo ficará prejudicado, gerando mudas estioladas, ou seja, muito desenvolvidas em altura, mas com diâmetro do colo reduzido. Portanto, além da altura, o diâmetro do colo também deve ser avaliado, devendo estar igual ou acima de 3mm, para que a muda seja considerada apta a ir para o campo.

Ciclo de produção das mudas x grupo ecológico

As mudas de espécies florestais crescem em taxas diferenciadas, conforme o seu grupo ecológico, genótipo, ambiente e épo-

ca do ano. Podem-se produzir mudas de espécies florestais pioneiras ou de rápido crescimento em 60-90 dias, obtendo-se mudas com 20-30cm de altura, sob condições ótimas de nutrição, umidade, luz e temperatura.

Espécies de crescimento lento, mesmo sob as condições ótimas citadas, requerem mais tempo para atingir valores adequados de altura e diâmetro do colo, podendo necessitar de 150 a 180 dias ou mais, para alcançar o porte adequado para o plantio.

Em um experimento de produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* – Leguminosae-Mimosoideae), mutamba (*Guazuma ulmifolia* – Sterculiaceae) e candiúva (*Trema micrantha* – Ulmaceae), em tubetes de 56cm³, utilizando substrato e adubação do viveiro da Usina de Volta Grande da Cemig (Quadros 2 e 3), Faria (1999) encontrou os seguintes resultados: as mudas de tamboril atingiram diâmetro igual a 3mm aos 60 dias, entretanto a altura de 20cm só foi alcançada aos 83 dias, sendo este o ciclo de produção de mudas dessa

espécie. No caso da mutamba e da candiúva, o diâmetro de 3mm e a altura de 20cm foram alcançados quase que ao mesmo tempo (72 e 68 dias, respectivamente, para a mutamba, e 72 e 77 dias, respectivamente, para a candiúva).

Existem poucos dados disponíveis com relação aos custos de produção de mudas de espécies nativas em tubetes. O custo médio gira em torno de R\$0,18 a R\$0,30/muda, dependendo do número de mudas produzidas no viveiro. Ressalta-se que se trata de custo médio, ou seja, estão aí consideradas as mudas de ciclo curto, como as de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* – Leguminosae - Mimosoideae), que são produzidas em menos de três meses, e as de ciclo mais longo, como as de perobarrosa (*Aspidosperma polyneuron* – Apocynaceae), que levam cerca de dez meses para atingir porte de plantio. De qualquer maneira, o custo é bem inferior ao custo médio/muda no sistema de saco plástico, que fica entre R\$0,50 e R\$1,00.

IMPLANTAÇÃO DA MATA CILIAR

O conhecimento dos aspectos envolvidos na implantação de Matas Ciliares apresentou grandes avanços na última década, com o envolvimento de instituições públicas e empresas privadas, tanto no campo da pesquisa, como nos trabalhos efetivos de implantação. O avanço nos estudos sobre florística, fitossociologia, silvicultura de espécies nativas, aspectos de solos e nutrição de plantas, entre outros, tem permitido a redução dos custos de implantação de Matas Ciliares e o aumento na qualidade da floresta implantada.

Seleção de espécies e modelos de plantio

A revegetação pode ocorrer por métodos naturais ou artificiais. Através da regeneração natural, utilizando-se a técnica do pousio (Fig. 27, p.54), a revegetação está condicionada à existência de um banco de sementes no solo, à proximidade de fonte de sementes, à presença de dispersores e às condições do ambiente onde as espécies se desenvolverão. Em termos de nascentes, na maioria dos casos, a adoção da técnica de pousio produz resultados satisfatórios,

bastando para tal o isolamento da área com a construção de cercas.

Na regeneração artificial, os modelos de implantação baseiam-se no conceito de sucessão secundária, na qual espécies ou grupo de espécies de diferentes grupos ecológicos sucedem-se em um ecossistema depois de uma perturbação natural ou antrópica, até chegar a um estágio estável. Swaine & Whitmore (1988) dividiram as espécies em três grupos ecológicos: as espécies pioneiras (P), as clímax exigentes de luz (CL) e as clímax tolerantes à sombra (CS). As espécies pioneiras ocupam clareiras, a partir da germinação de sementes presentes no banco do solo, apresentando crescimento rápido, madeira de baixa densidade e ciclo de vida curto, em torno de 15-25 anos, cedendo espaço para as espécies clímax, que nesta oportunidade, encontram-se em banco de plântulas ou em estágio de varas. As espécies clímax tolerantes à sombra germinam e crescem lentamente à sombra, possuem madeira mais densa, ciclo de vida longo e irão compor o dossel da floresta adulta. Deve-se salientar que a sucessão é de fundamental importância no padrão de distribuição das espécies nos ecossistemas florestais tropicais.

No Quadro 4 estão relacionadas algumas espécies quanto ao grupo ecológico e ao habitat, de acordo com Oliveira-Filho et al. (1995), de ocorrência no Alto e Médio Rio Grande, com potencial para utilização em trabalhos de revegetação de Matas Ciliares. No Quadro 5 algumas espécies são relacionadas quanto à tolerância a inundação e/ou encharcamento temporários, que são freqüentes em margens de rios e reservatórios. Informações com base nos levantamentos florísticos são de grande importância para o sucesso em tais trabalhos.

O plantio das mudas baseia-se no conceito de sucessão secundária, em que espécies pioneiras têm a função de recobrir rapidamente o solo, ciclar nutrientes, vencer a competição com o mato e proporcionar sombra às mudas das espécies clímax. Utiliza-se para tal o esquema de plantio em quincôncio, onde, em um grupo de cinco mudas, cada muda das espécies clímax é plantada entre quatro de espécies

pioneiras. Este método pode ser adaptado ao plantio em sulcos, alternando linhas de espécies pioneiras com linhas de espécies clímax, em espaçamentos 1,5m x 2m, 1,5m x 3m, 3m x 1,5m ou 3m x 2m, optando-se por distância entre as linhas de 3m, se o terreno permite a mecanização das operações de manutenção (Fig. 28, p.54). Espaçamentos mais amplos só devem ser adotados em sítios com condições ótimas de crescimento das árvores, onde estas teriam condições de recobrir o solo rapidamente.

As espécies a serem plantadas em cada local devem ser, preferencialmente, aquelas que ocorrem naturalmente nas condições de clima, solo e umidade, semelhantes à área a ser reflorestada. Deste modo, uma mistura entre espécies pode ser definida de forma que atenda às características ambientais onde serão plantadas.

Três estratégias podem ser adotadas:

- em áreas próximas a remanescentes e com presença de agentes dispersores pode-se adotar um modelo com menor diversidade de espécies dando prioridade às pioneiras, por recobrirem rapidamente a área e por apresentarem ampla interação com a fauna, reduzindo-se o custo de implantação;
- em áreas sem remanescentes próximos, sem dispersores presentes e com solos levemente degradados, devem-se adotar modelos com elevada diversidade florística;
- em caso de áreas profundamente degradadas, onde a necessidade mais urgente é o recobrimento do solo, devem-se usar espécies que apresentem desenvolvimento satisfatório naquelas condições, sem se preocupar, inicialmente com a composição florística. Em alguns casos, o número de espécies plantadas é muito reduzido, podendo às vezes ser composto apenas por espécies exóticas, como os eucaliptos (Faria, 1999).

Características físicas e químicas do solo

Em geral, em áreas severamente antropizadas a serem revegetadas, as condições

QUADRO 4 - Espécies arbóreas de ocorrência no Alto e Médio Rio Grande, com potencial para utilização em implantação de Matas Ciliares

Espécie		Grupo ecológico	Ambiente
Nome científico	Nome popular		
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embaúba	P	M U
<i>Croton floribundus</i>	Capixingui	P	M
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeirinha	P	M
<i>Senna macranthera</i>	Fedegoso	P	M
<i>Senna multijuga</i>	Cássia-verrugosa	P	M
<i>Solanum granuloso-leprosum</i>	Gravitinga	P	M U
<i>Trema micrantha</i>	Candiúva	P	M
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Angico vermelho	CL	M
<i>Arecastrum romanzoffianum</i>	Jerivá	CL	M
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	Guatambu	CL	M
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	CL	M
<i>Ceiba speciosa</i>	Paineira	CL	M
<i>Dendropanax acuneatum</i>	Maria-mole	CL	UM
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Tamboril	CL	M
<i>Erythrina falcata</i>	Eritrina	CL	UM
<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	CL	UA
<i>Inga vera</i>	Ingá	CL	AU
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira-brava	CL	M
<i>Machaerium nictitans</i>	Bico-de-pato	CL	UM
<i>Machaerium villosum</i>	Jacarandá-mineiro	CL	M
<i>Maclura tinctoria</i>	Moreira	CL	M
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	Casca-de-arroz	CL	M
<i>Myrsine umbelata</i>	Pororoca	CL	UM
<i>Ocotea odorifera</i>	Canela sassafrás	CL	M
<i>Persea pyrifolia</i>	Maçaranduba	CL	M
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	Pau-jacaré	CL	M
<i>Platycamus regnellii</i>	Pau-pereira	CL	M
<i>Platypodium elegans</i>	Jacarandá-branco	CL	M
<i>Tabebuia chrysotricha</i>	Ipê-tabaco	CL	M
<i>Tabebuia impetiginosa</i>	Ipê-roxo	CL	M
<i>Tabebuia serratifolia</i>	Ipê-amarelo	CL	M
<i>Tapirira guianensis</i>	Peito-de-pombo	CL	UM
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Peroba-rosa	CS	M
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Guanandi	CS	AU
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Óleo-copaíba	CS	UM
<i>Ficus insipida</i>	Figueira	CS	AU
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	CS	M
<i>Myroxylon balsamum</i>	Óleo bálsamo	CS	M
<i>Xylopia brasiliensis</i>	Pindaíba	CS	M

FONTE: Oliveira-Filho et al. (1995).

NOTA: P - Pioneira; CL - Clímax exigente de luz; CS - Clímax tolerante à sombra; M - Ambiente mésico; U - Ambiente úmido; A - Ambiente alagável.

QUADRO 5 - Espécies que toleram o encharcamento e/ou inundação temporária

Nome científico	Nome popular	Família	Hábito
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Guanandi	Clusiaceae	árvore
<i>Croton urucurana</i>	Sangra d'água	Euphorbiaceae	árvore
<i>Ficus insipida</i>	Figueira	Moraceae	árvore
<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	Rubiaceae	árvore
<i>Inga vera</i>	Ingá	Fabaceae-Mimosoideae	árvore
<i>Salix humboldtiana</i>	Salgueiro-do-rio	Salicaceae	árvore
<i>Sebastiania schottiana</i>	Sebastiania	Euphorbiaceae	arbusto
<i>Sesbania virgata</i>	Sesbania	Fabaceae-Faboideae	arbusto

FONTE: Oliveira-Filho et al. (1995).

do solo não são boas para o estabelecimento da vegetação. As propriedades físicas do solo exercem grande influência na retenção de água e no desenvolvimento das raízes, refletindo no estado nutricional das plantas. Nestas áreas, é comum a presença de solos compactados e, como consequência, as plantas não se desenvolvem de forma satisfatória. No entanto, esta barreira física pode ser superada na fase inicial de implantação com o preparo do solo, o qual consiste em subsolagem, no caso de solos altamente compactados; aração; gradagem e sulcamento em nível. No caso de solos rasos, como os cambissolos e os litólicos, a estratégia mais viável de revegetação é o plantio de espécies arbóreas de menor porte, as quais ocorrem naturalmente naquelas condições, como a candeia (*Eremanthus incanus*) e a lobeira (*Solanum lycocarpum*).

A maioria dos solos destinados aos reflorestamentos apresenta fertilidade natural muito baixa, traduzida em termos de baixos valores de bases (Ca, Mg, K e Na), baixa capacidade de troca de cátions, alta relação alumínio/bases e baixa reposição natural de nutrientes. Há ainda as perdas de nutrientes por erosão (mais frequentes em relevos acidentados) e por lixiviação (comum em solos fortemente permeáveis).

Existe uma tolerância diferenciada das espécies a solos de elevada acidez, caracterizados por um baixo pH, baixos teores de cálcio e magnésio e elevada saturação por alumínio. Espécies como o guatambu (*Aspidosperma parvifolium*), angico-

vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), pau-pereira (*Platycomus regnellii*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), óleo-copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e fedegoso (*Senna macranthera*) toleram a acidez, enquanto que o açoita-cavalo (*Luehea grandiflora*), aroeirinha (*Schinus terebinthifolius*), cedro (*Cedrela fissilis*) e candiúva (*Trema micrantha*) são sensíveis à acidez do solo (Furtini Neto et al., 1999).

As espécies florestais nativas também apresentam respostas diferenciadas com relação ao fornecimento de NPK. Segundo Furtini Neto et al. (1999), as espécies pioneiras mostram-se mais responsivas à adubação com NPK, quando comparadas às clímax. Lima et al. (1997), trabalhando com sete espécies nativas, verificaram que a adição de 20g de N, 40g de P₂O₅ e 30g de K₂O/cova proporcionou aumentos no crescimento em altura, no diâmetro do colo e da copa, os quais variaram de 55% a 323% em relação à testemunha, sendo que este maior valor foi para o diâmetro de copa da aroeirinha (*Schinus terebinthifolius*). Faria (1996), testando o efeito da adição do esterco no plantio, em nove espécies nativas, também encontrou, para a aroeirinha, a maior resposta em crescimento relativo em área de copa, aos 36 meses, a qual alcançou valores 93% maiores que a testemunha.

Competição com plantas daninhas

A presença de plantas daninhas numa determinada área pode promover melhoria das condições do solo, através da incor-

poração de matéria orgânica e ação de suas raízes, e ainda propiciar uma eficiente proteção do solo contra a erosão. No entanto, nas áreas de implantação de Mata Ciliar é um fator indesejável, uma vez que, na fase inicial de estabelecimento das plantas, estas competem diretamente por água, luz e CO₂. A ocorrência de gramíneas como o capim-gordura (*Melinis minutiflora*), brachiária (*Brachiaria* spp.) e colônio (*Panicum* spp.), de caráter agressivo, tem dificultado sobremaneira o crescimento das árvores, demandando mais tempo para o estabelecimento da floresta e aumentando o custo de implantação. O ideal é efetuar um controle seletivo, respeitando-se a regeneração natural de espécies de interesse. Para tanto, é necessário treinar os trabalhadores para que saibam reconhecer tais espécies. Busca-se evitar a competição com as plantas invasoras, tendo-se a consciência de que, em alguns casos, o mato é o grande aliado no processo inicial de recuperação dessas áreas.

Combate às formigas cortadeiras

As formigas são consideradas as principais pragas florestais e são responsáveis por causar os maiores danos na fase inicial de crescimento das mudas, após o plantio. Portanto, o combate deve ser feito antes e, se necessário, durante e após o plantio, obedecendo-se os dispositivos da Legislação Federal e Estadual que definem como obrigatória a utilização do receituário agrônomo.

Outras medidas de proteção da mata implantada

No caso da área plantada se encontrar contígua à área de pastagem, duas medidas adicionais devem ser tomadas, visando auxiliar no sucesso do empreendimento. A primeira delas é com relação ao fogo. Aceiros devem ser construídos na divisa da área reflorestada com a pastagem, com o objetivo de evitar a entrada do fogo eventualmente colocado no pasto. A outra medida é com relação ao gado, o qual não deve frequentar a área plantada, por causar danos às mudas plantadas e à regeneração natural, tanto pela herbivoria como pelo pisoteio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACIAS hidrográficas do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: IGAM, 1998. 16p.
- BRASIL. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível site **Planalto** (2000). URL: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Codigos/novo-codi.htm> Consultado em set. 2000.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF/Campos: UNEF, 1995. 451p.
- CARNIEL, T.; VALE, F. R. do; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O. **Atividade agrícola e recursos naturais na região sob influência do reservatório da hidrelétrica de Itutinga/Camargos (MG)**. Belo Horizonte: CEMIG-Departamento de Programas e Ações Ambientais, 1994. 65p.
- CARVALHO, L.R. de. **Classificação fisiológica de sementes de espécies florestais quanto à capacidade de armazenamento**. Lavras: UFLA. 104p. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, 2000.
- DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A. Análise crítica dos programas de recomposição de matas ciliares em Minas Gerais. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Ciência e tecnologia. Lavras: UFLA-FAEPE/CEMIG, 1999. p.172-188.
- DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.; BOTELHO, S.A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG/Lavras: UFLA, 1995, 45p.
- FARIA, J.M.R. **Comportamento de espécies florestais em diferentes sítios e adubações de plantio**. Lavras: UFLA, 1996. 108p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, 1996.
- FARIA, J.M.R. Propagação de espécies florestais para recomposição de matas ciliares. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Ciência e tecnologia. Lavras: UFLA-FAEPE/CEMIG, 1999. p.69-79.
- FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. Nutrição, fertilização e microbiologia de espécies florestais. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Ciência e tecnologia. Lavras: UFLA-FAEPE/CEMIG, 1999. p.80-110.
- KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A.; CARPANEZZI, A.A. Implantação de matas ciliares: estratégias para auxiliar a sucessão secundária. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.130-143.
- KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B. Restauração, conservação genética e produção de sementes. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** Ciência e tecnologia. Lavras: UFLA-FAEPE/CEMIG, 1999. p.59-68.
- LIMA, H.N.; VALE, F.R. do; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N. Crescimento inicial a campo de sete espécies arbóreas nativas em resposta à adubação mineral com NPK. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.21, n.2, p.189-195, abr./jun. 1997.
- OLIVEIRA-FILHO, A.; VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A.; GAVILANES, M.L. **Estudos florísticos e fitossociológicos em remanescentes de matas ciliares do Alto e Médio Rio Grande**. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 27p.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p.64-72, 1994.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A. Study of the origin of central Brazilian forest of the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburgh, v.52, n.2, p.141-194, 1995.
- REZENDE, A.V. Importância das matas de galeria: manutenção e recuperação. In: RIBEIRO, J.F. (Ed.). **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p.3-16.
- SWAINE, M.D.; WITHMORE, T.C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. **Vegetatio**, The Hague, v.75, p.81-86, 1988.
- WALTER, B.M.T.; RIBEIRO, J.F. Spatial floristic patterns in Jalberz Forests in the Cerrado Region, Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ASSESMENT AND MONITORING OF FORESTS IN TROPICAL DRY REGIONS WITH SPECIAL REFERENCE TO GALLERY FORESTS, 1996, Brasília. **Proceedings...** Brasília: University of Brasília, 1997. p.138-148.

No próximo Informe Agropecuário
você ficará sabendo o que é

PLANTIO DIRETO

- . Evolução e perspectivas para o cerrado
- . Manejo de plantas daninhas
- . Técnicas de plantio na palha
- . Rotação lavoura/pastagens

Leia e assine o
INFORME AGROPECUÁRIO



EPAMIG

Assinaturas
(31) 3488-6688

Sistemas agroflorestais como opção de manejo para microbacias

Patrícia Vaz¹

Resumo - Sistema agroflorestal é uma nomenclatura nova para práticas antigas de uso da terra que associam diversas culturas com espécies arbóreas. A semelhança com a vegetação natural aumenta a sustentabilidade desses sistemas de produção, o que requer a observação de diversos fatores na implantação e no manejo deles, como a adequação aos locais na paisagem, a diversidade e a associação de espécies, o estágio de preservação ou de degradação do ambiente. Economicamente, mostram diversas vantagens diante dos sistemas de monocultivo, geralmente com menor custo, maior diversidade de produtos e possibilidades de alcançar melhores preços de mercado.

Palavras-chave: Agrofloresta; Diversidade na produção; Sistemas análogos de produção; Bacia hidrográfica.

INTRODUÇÃO

O manejo de bacias hidrográficas pode ser visto como uma forma de proteção da vegetação que cobre regiões montanhosas ou qualquer área natural, com o único propósito de produzir água de ótima qualidade para o consumo humano. No entanto, a necessidade de alimentos, madeira e fibras leva à implantação de sistemas de produção que, muitas vezes, não se adaptam e ainda concorrem para a degradação do ecossistema, normalmente por não serem considerados critérios básicos de proteção dos recursos naturais.

Bacias hidrográficas devem ser consideradas como unidade fundamental para o planejamento do uso e conservação de recursos múltiplos, onde a água, a madeira, os alimentos, as fibras, as pastagens, a vida silvestre, a recreação e outros componentes ambientais podem ser produzidos para atender às necessidades da crescente população mundial. O manejo de bacias hidrográficas é definido como o processo de organizar e orientar o uso da terra e de outros recursos naturais numa bacia hidrográfica, a fim de produzir bens e serviços,

sem destruir ou afetar adversamente o solo e a água (Brooks et al., 1991).

Como a utilização de sistemas agroflorestais pode contribuir para a elaboração do planejamento do uso dos recursos, associando produção de bens e proteção do ambiente?

CONCEITUAÇÃO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Sistemas agroflorestais (SAFs) são formas de uso e manejo dos recursos naturais, nos quais as espécies lenhosas (árvores, arbustos e palmeiras) são utilizadas em associação com cultivos agrícolas ou com animais, no mesmo terreno, de maneira simultânea ou em uma seqüência temporal. Não se trata de um conceito novo, mas sim de um novo termo empregado para designar um conjunto de práticas e sistemas tradicionais de uso da terra, usados principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, apesar de também serem encontrados nas regiões temperadas (Montagnini, 1992).

As diversas culturas e interesses das comunidades produtoras geram uma grande variedade de tipos de SAFs, o que acar-

reta enorme amplitude no número de espécies envolvidas, na disposição das plantas no campo, no manejo, enfim, na complexidade do sistema. Segundo Engel (1999) em Organización para Estudios Tropicales/Centro Agronomico Tropical de Investigación y Ensenanza (OTS/CATIE), sistema é definido como “um conjunto de componentes unidos ou relacionados de tal maneira que formam uma entidade ou todo”, e os sistemas agroflorestais podem ter seus componentes estreitamente relacionados uns com os outros, bem como ter simplesmente duas espécies intercaladas, formando apenas um consórcio. Por exemplo, existem SAFs com apenas uma espécie arbórea consorciada com outra agrícola, normalmente dispostas em linhas ou faixas, assim como também existem sistemas envolvendo inúmeras espécies integradas entre si e com o ambiente, manejados com base nos processos e fluxos naturais. Apesar de todas essas formas de cultivo serem normalmente denominadas de sistemas agroflorestais, existem diferenças extremas quanto ao manejo e mesmo quanto à visão do cultivo e do próprio ser humano dentro

¹Eng^a Agr^a, Mestranda em Ciências Florestais, USP-ESALQ. E-mail: ppvsilva@carpa.ciagri.usp.br

do ambiente em que vive.

De maneira geral, e por definição, sistemas agroflorestais são meios de produção que tendem a uma diversidade maior do que as monoculturas, o que lhes conferem algumas vantagens, apesar de requererem conhecimento muito maior das espécies e, por vezes, um manejo aparentemente mais difícil. A simples existência de um componente arbóreo no sistema traz inúmeros efeitos positivos sobre a fertilidade do solo, controle de erosão e reciclagem dos nutrientes. Por exemplo, as árvores proporcionam ao sistema adição de matéria orgânica, aumento do teor de nitrogênio (N), mobilização do fósforo (P) para as culturas, redução da perda de solos e de nutrientes, absorção nas camadas mais profundas do solo e deposição na superfície, liberação dos nutrientes no momento requerido pelas culturas, melhoria das propriedades físicas do solo, retenção de água e melhoria da drenagem, aumento da biomassa de raízes, de substâncias promotoras de crescimento e de associações microbianas, criação de microclimas favoráveis, moderação dos efeitos maléficis de condições desfavoráveis de solos muito ácidos ou muito alcalinos (Montagnini, 1992 e Montagnini et al., 1997).

Essas características dos sistemas agroflorestais se devem à maior similaridade desses sistemas produtivos com as florestas naturais, seus processos e dinâmicas homeostáticas construídos através dos milhares de anos em evolução, diminuindo assim a dependência de insumos externos. Fica evidente, desse modo, a maior sustentabilidade da produção em sistemas agroflorestais, em relação a monoculturas ou a cultivos menos biodiversos. Apesar de ser uma afirmação a se pesquisar melhor, é possível supor que, quanto maior a similaridade do sistema produtivo com a vegetação natural do lugar, maior a sustentabilidade da produção.

COMO IMPLANTAR UM SISTEMA AGROFLORESTAL

A vitalidade de qualquer sistema produtivo reside na sua adaptação ao meio onde se insere. As espécies que não são nativas

devem ter proveniência de locais com clima semelhante, principalmente quanto à precipitação e à temperatura, essa última muito relacionada com a latitude e altitude do lugar. Ainda que bastante modificadas geneticamente pelo melhoramento, as plantas cultivadas têm origem em algum tipo de vegetação natural, que deve ser semelhante ao tipo de vegetação em que se pretende implantar um sistema. Quanto maior a distância entre as características do local de origem e as do local de implantação das espécies, maior o custo do sistema e menor sua sustentabilidade.

Da mesma forma que se leva em conta o clima da região, é preciso observar as diferenças microclimáticas em uma paisagem. Dentro de uma microbacia existem diversos microambientes diferenciados devido a alguns fatores, principalmente quanto à topografia, que se relacionam com os tipos de solos, retenção de umidade, disponibilidade de nutrientes e de matéria orgânica, exposição do terreno à luz solar. Por exemplo, as encostas voltadas para o sul recebem pouca insolação, principalmente no inverno, quando podem até mesmo não receber diretamente a luz do sol por um período. Formam, portanto, um ambiente muito mais úmido e sombrio e são comumente chamadas de “noruega” na linguagem popular. Pelo mesmo motivo, as encostas voltadas para o norte e para o

oeste podem ser mais ensolaradas e mais secas.

O perfil de uma encosta normalmente tem o topo convexo para o céu, podendo ser reto na parte mediana ou ter apenas um ponto de inflexão, sendo côncavo na parte inferior (Fig. 29). A superfície convexa é controlada pelos escorregamentos, especialmente o rastejamento, e tende a exportar nutrientes, matéria orgânica, água e solo. Nas partes inferiores, as encostas são controladas por transporte de água, que sobrepõe o rastejamento, e são normalmente côncavas para o céu (Bloom, 1970). Nessas áreas, acumulam-se os materiais provenientes de outras partes do relevo.

Tomando como base que as superfícies convexas são normalmente exportadoras e as côncavas são acumuladoras, podem-se relacionar algumas partes da paisagem no tocante a características do solo, como disponibilidade de nutrientes, teor de matéria orgânica, umidade, entre outras. Além das linhas do perfil da encosta, podem-se examinar ainda as linhas de nível, que também podem ser côncavas (superfícies coletoras de água), retas ou convexas (superfícies distribuidoras de água), o que teoricamente cria nove situações com diferentes níveis de exportação ou acúmulo de material. Com as duas linhas convexas, tem-se a área de máxima exportação e com as duas linhas côncavas, a área se transforma em um lo-

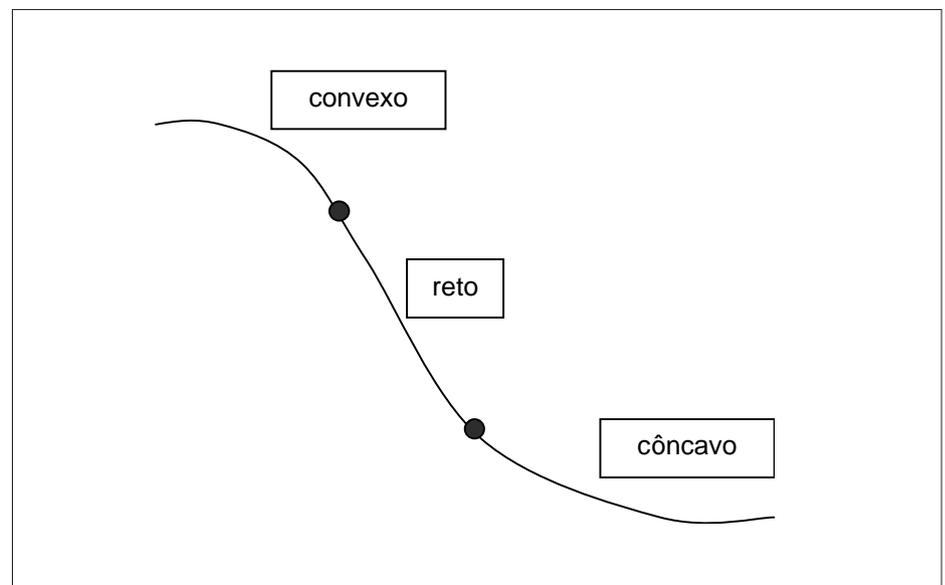


Figura 29 - Perfil de uma encosta, mostrando o topo convexo e a base côncava

cal de máximo acúmulo (Fig. 30).

Muitas espécies são adaptadas a determinados microambientes, pois desenvolveram características fisiológicas, biológicas etc., que as permitem viver nesses locais, muitas vezes vencendo obstáculos que limitam a vida. Da mesma forma, as espécies cultivadas também apresentam preferências por determinados microambientes e, em sua maioria, adaptam-se aos locais mais férteis. A observação das espécies nativas e das cultivadas nos microambientes da paisagem, assim como a percepção das relações existentes entre essas nativas e as próprias plantas cultivadas são critérios interessantes que podem levar à composição de sistemas bastante integrados ao meio. Muitos dados já são comuns na sabedoria popular, arraigados pelos anos de experiência contínua. Ao se pensar em plantar bananeiras, é bem provável que se escolham áreas de acúmulo, se possível, com linhas de nível côncavas, que são as cabeceiras de nascente. Um outro exemplo é a existência de espécies indicadoras. Muitos agricultores sabem que, onde há um grande pau-d' alho, pode-se plantar feijão, que certamente a produção será boa, assim

como notam que o guapuruvu (*Schizolobium parahiba*) prefere as regiões boas para a bananeira, ou seja, com linhas de nível côncavas. Muitas outras espécies também são observadas para indicação de um local adequado ao plantio de diversas culturas. Essas associações, muitas vezes inseridas na tradição cultural, podem refletir relações importantíssimas entre as espécies e entre essas e o meio, permitindo melhor entendimento do sistema e a elaboração de um manejo mais adequado para o lugar.

A escolha das espécies para um SAF está diretamente relacionada com o tipo e o manejo do sistema. Quanto maior o número de espécies, maior a complexidade em combiná-las, mas alguns critérios podem ser seguidos tornando mais fácil a compreensão das inter-relações entre essas espécies e o manejo a ser dado para otimizar o sistema. Além de adequar as espécies ao ambiente, a produção em um SAF pode-se ampliar com o aproveitamento de duas variáveis praticamente não utilizadas na maioria dos sistemas de produção: o tempo e o espaço. A composição das espécies pode incluir plantas com diversos ciclos de vida, desde culturas anuais até fruteiras

ou espécies madeireiras, o que pode gerar produção por um longo período. Da mesma forma, as plantas podem alcançar diversas alturas, como a vegetação natural ocupa seus diversos estratos. Nos sistemas mais complexos, a densidade de plantas é bem maior e isso só é possível com uma boa combinação de espécies. Uma árvore de crescimento lento pode ficar ao lado de uma outra de crescimento mais rápido. Da mesma forma, duas árvores que tenham a mesma velocidade de crescimento podem ficar muito perto uma da outra, enquanto ocupam lugares diferentes no estrato da vegetação. Portanto, o conhecimento das espécies é um fator essencial para uma boa implantação e manejo do sistema. O Quadro 1 dá alguns exemplos de espécies e características que ajudam a formar associações adequadas.

É preciso observar que a classificação quanto ao estrato não significa exatamente o tamanho da planta, mas o nível que ela ocupa em relação as suas plantas companheiras. Dessa forma, o arroz, por exemplo, é de estrato alto, pois, no momento em que ele se encontra no sistema, não deve ocorrer planta alguma sobre ele. Já o abacaxi

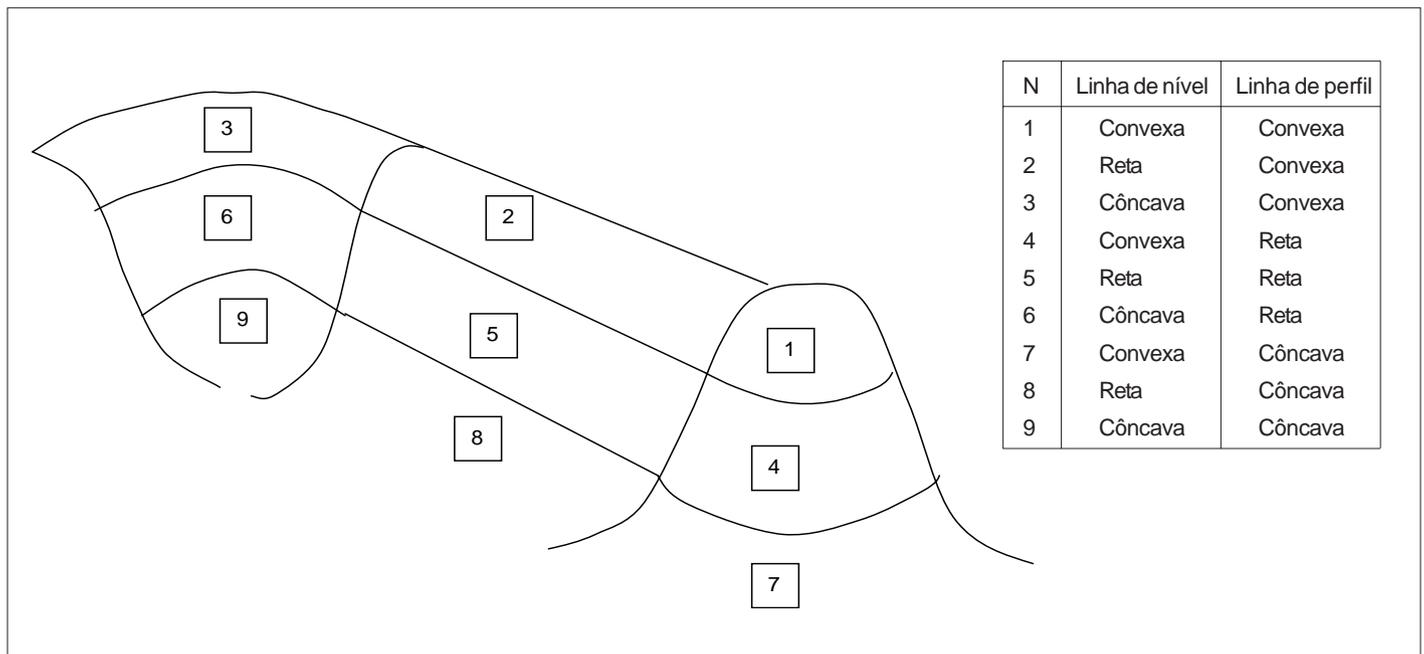


Figura 30 - Tipos de vertentes

NOTA: Observam-se as linhas de nível côncavas (coletoras de água), retilíneas e convexas (distribuidoras de água), bem como as linhas de perfil da encosta côncavas (de lavagem, acúmulo), retas e convexas (rastejamento, exportação), criando-se os níveis crescentes de acúmulo e decrescentes de exportação.

QUADRO 1 - Espécies com potencial para composição de sistemas agroflorestais, estrato que ocupam, tipos de terreno e de solos

(Continua)

Nome comum	Nome científico	Família	Estrato	Tipo de terreno				Tipo de solo	
								Argiloso	Arenoso
Abacate	<i>Persea americana</i>	Lauraceae	Médio alto					x	
Abacaxi	<i>Ananas comosus</i>	Bromeliaceae	Baixo	-	\	U		x	x
Abóbora	<i>Cucurbita maxima</i>	Cucurbitaceae	Médio				∩		
Açaí-da-mata	<i>Euterpe precatoria</i>	Palmae	Médio alto	-					
Amora	<i>Morus alba</i>	Moraceae	Médio	-	\			x	
Aroeira	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Anacardiaceae	Alto	-	\			x	
Arroz	<i>Oryza sativa</i>	Poaceae	Alto	-	\	U	∩	x	
Bacupari	<i>Rheedia sp.</i>	Guttiferae	Médio baixo	-		U			
Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	Bombacaceae	Alto	-	\				
Bálsamo	<i>Myroxylon peruiferum</i>	Papilionideae (Leg.)	Alto	-	\	U		x	
Batata-doce	<i>Ipomoea batata</i>	Convolvulaceae	Baixo	-	\	U	∩	x	
Cacau	<i>Theobroma cacao</i>	Sterculiaceae	Médio baixo	-	\	U			
Café	<i>Coffea arabica</i>	Rubiaceae	Baixo	-	\	U			
Cana-de-açúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	Poaceae	Médio	-				x	
Carambola	<i>Averrhoa carambola</i>	Oxalidaceae	Médio	-					
Castanha-do-pará	<i>Bertholletia excelsa</i>	Lecythidaceae	Emergente	-	\	U	∩	x	
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>	Meliaceae	Alto	-	\	U			x
Copaíba	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Caesalpinoideae (Leg.)	Alto	-				x	
Cupuaçu	<i>Theobroma grandiflora</i>	Sterculiaceae	Médio	-	\	U	∩		
Eritrina	<i>Erythrina spp.</i>	Fabaceae (Leg.)	Alto	-	\				
Freijó	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	Médio	-			∩	x	x
Gengibre	<i>Zingiber officinale</i>	Zingiberaceae	Baixo	-	\	U			
Guanandi	<i>Calophyllum brasiliensis</i>	Guttiferae	Alto				∩	x	
Hibisco	<i>Hibisco sabdariffa</i>	Malvaceae	Alto	-	\			x	
Jaca	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Moraceae	Médio alto	-	\		∩	x	
Jambolão	<i>Eugenia jambolana</i>	Myrtaceae	Médio alto	-	\		∩		
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	Caesalpinoideae (Leg.)	Alto	-	\			x	
Laranja-lima	<i>Citrus aurantium</i>	Rutaceae	Médio				∩	x	
Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i>	Mimosoideae (Leg.)	Médio alto	-	\	U	∩		
Lichia	<i>Lichi sinensis</i>	Sapindaceae	Médio alto	-	\		∩	x	
Malvavisco	<i>Malvaviscus arboreus</i>	Malvaceae	Baixo	-	\	U		x	x
Mamão	<i>Carica papaya</i>	Caricaceae	Alto	-	\	U		x	
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i>	Euphorbiaceae	Alto	-					
Mangostão	<i>Garcinia mangostana</i>	Guttiferae	Médio alto					x	
Maracujá	<i>Passiflora edulis</i>	Passifloraceae	Alto	-	\			x	
Milho	<i>Zea mais</i>	Poaceae	Alto	-	\		∩		

Nome comum	Nome científico	Família	Estrato	Tipo de terreno				(Conclusão)	
								Tipo de solo	
								Argiloso	Arenoso
Mogno	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae	Alto	—	\		∩		
Mutambo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Sterculiaceae	Médio		\	∪		x	
Parapará	<i>Jacaranda copaia</i>	Bignoniaceae	Alto				∩	x	
Pau-d'alho	<i>Gallesia integrifolia</i>	Phytolaccaceae	Médio alto	—		∪			x
Pupunha	<i>Bactris gasipaes</i>	Palmae	Alto	—				x	
Seringueira	<i>Hevea brasiliensis</i>	Euphorbiaceae	Médio alto	—	\	∪	∩	x	
Soja	<i>Glycine maz</i>	Fabaceae (Leg.)	Médio alto	—			∩		
Sumaúma	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae	Emergente	—	\			x	x
Tamboril	<i>Enterolobium contorsiliquum</i>	Mimosoideae (Leg.)	Alto	—			∩		

FONTE: Milz (1997).

NOTA: — : Terreno plano (sem encharcamento);
 \ : Sopé de encostas das bacias hidrográficas;
 ∪ : Terreno convexo;
 ∩ : Terreno côncavo.

suporta certo sombreamento, podendo ficar sob copas de árvores, e o mesmo ocorre com gengibre ou batata-doce. Já a laranja-lima deve ocupar o estrato médio do sistema.

A associação de duas espécies torna-se fácil de ser estabelecida, como feijão na plantação de eucalipto, café com ingá, cacau com eritrina ou com seringueira, o que depende da região onde o sistema se localiza, mas certamente haverá sobra de espaço no sistema e o tempo também não será completamente tomado por produção. Com certeza, o fluxo natural introduzirá espécies não desejáveis pelo ser humano, que as tratará como invasoras, ou plantas daninhas. Na verdade, a ocorrência dessas espécies indesejadas se dá devido à sobra de energia no sistema, que pode ser utilizada por diversas espécies que ocupem o tempo e o espaço disponíveis, inclusive as que surgiram espontaneamente no local. Nesse caso, existem duas opções: introduzir plantas semelhantes às invasoras (ao tempo de crescimento, ao tamanho final da planta e à adaptação ao ambiente) e produtivas, ou usar as invasoras como planta geradora de matéria orgânica, utilizando

essa massa verde como adubação nas plantas cultivadas. Caso a opção seja a última, também pode-se pensar na introdução de uma planta semelhante à invasora, mas que produza mais massa verde para ser podada. Quando essas opções não são escolhidas, surge a necessidade de combater as plantas espontâneas, que normalmente são mais rústicas e mais capazes de sobreviver no ambiente do que as plantas cultivadas, o que gera trabalho e custo ao sistema. Ao se combaterem essas plantas sem utilizá-las dentro de um manejo regenerativo, ocorre diminuição de recursos naturais no sistema, que regride ecologicamente, pois vários processos naturais são estagnados, o que diminui a reciclagem de nutrientes, o teor de matéria orgânica, a diversidade de vida. Como consequência, surgem outras plantas espontâneas e indesejadas no local, porém ainda mais rústicas que as anteriores, pois devem suportar um ambiente regredido. A continuação desse tipo de manejo tende a cair em um círculo vicioso, ou melhor, numa espiral viciosa, já que a qualidade do ambiente vai regredindo com o tempo. Surge, dessa forma, mais um aumento de custo do sistema, ou seja,

a necessidade da adubação química. Esse é o mesmo processo que ocorre na agricultura, daí a dependência de tantos insumos e a degradação crescente dos solos e do ambiente. A melhor forma de superar essas dificuldades é aumentar a diversidade do sistema, tendo como modelo a vegetação natural do lugar.

Em muitos locais, no entanto, o ambiente sofreu enormes alterações com as atividades humanas e todas as características, principalmente do solo, foram drasticamente perturbadas. Muitas vezes, a recuperação de ambientes degradados requer a utilização de espécies bem mais rústicas, provenientes de ecossistemas de regiões com climas geralmente mais secos ou drásticos, pois essas espécies são aptas a sobreviver em condições não previstas na natureza de climas mais amenos e propícios à ebulição da vida. Essas espécies mais rústicas podem ser vistas como uma transição para a melhoria do ambiente, além de uma forma momentânea de gerar algum recurso. Por exemplo, espécies arbóreas como a *Acacia mangium*, ou mesmo *Pinus eliotis*, têm a capacidade de suportar e crescer em ambientes onde apenas restou o

subsolo, ou seja, onde a quantidade de vida (micro e macroorganismos) ficou extremamente reduzida, a matéria orgânica do solo foi praticamente toda retirada e muito provavelmente a disponibilidade de nutrientes chegou a níveis inviáveis para a maioria das plantas, principalmente para as cultivadas. No entanto, no caso de se iniciar a recuperação daquele ambiente, essas espécies, além de outras que ocupam outro lugar no estrato da vegetação, ou seja, arbustos e ervas, podem concorrer para a geração de renda ou de recursos, como madeira, ervas medicinais, material para artesanato. Nesse caso, porém, muitas plantas devem ser introduzidas com o intuito de permanecer no local, incrementar a quantidade de vida, a reciclagem dos nutrientes, o teor de matéria orgânica no solo, promovendo a restauração da vegetação.

O preparo do solo também é um aspecto a ser observado na implantação de um SAF. Dependendo da intensidade do manejo a ser dado, nem sempre é preciso um revolvimento total do solo, que normalmente é uma das causas da degradação na agricultura. Solo descoberto é sempre sinônimo de lixiviação de nutrientes, perda de matéria orgânica, aumento de erosão. Quanto maior o revolvimento do solo, maior a mineralização da matéria orgânica, o que disponibiliza inicialmente nutrientes para as plantas. Porém, se o sistema não tiver capacidade de incorporar todo esse recurso disponível, a tendência é regredir o ambiente. Por isso, o ideal é aumentar tanto quanto possível a diversidade e a ocupação das funções no sistema agroflorestal, de maneira que não venha a desperdiçar o recurso natural que já havia na área, transformando-o em plantas manejadas e produtivas. Uma opção para os que não têm interesse em aumentar a diversidade é fazer um cultivo mínimo, geralmente em curvas de nível, revolvendo apenas a linha de plantio, ou mesmo em faixas. As plantas que permaneceram podem ser roçadas e utilizadas como adubação verde.

Dessa forma, levando-se em conta o aspecto geomorfológico de uma microbacia, podem-se adequar o uso da terra, o manejo e as espécies que formarão os siste-

mas de produção. É importante lembrar, porém, que as áreas previstas por lei como Áreas de Preservação Permanente não devem ser alteradas, conforme Código Florestal, Lei nº 4.771, 15 de setembro de 1965 (Brasil, 2000) e, caso já estejam em processo de degradação, devem entrar em processo de restauração gradual conforme Lei de Política Agrícola, Lei nº 8.171, 17 de janeiro de 1991 (Pinto, 1996). São Áreas de Preservação Permanente: topo de morro, Matas Ciliares (com larguras proporcionais à largura do rio), ao redor de lagos, lagoas ou reservatórios de águas naturais ou artificiais, nas nascentes, nas encostas com declividade maior do que 45° (100% de declividade), restingas, bordas de tabuleiros ou chapadas e altitudes acima de 1.800m. A manutenção da vegetação natural nesses locais tem a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora e proteger o solo. Para os sistemas agroflorestais circunvizinhos, a manutenção dessas florestas tem importância significativa por fornecer fontes de propágulos, chuvas de sementes, recursos biológicos para animais polinizadores e dispersores, aumentando assim a regeneração natural e, conseqüentemente, a dinâmica dos ecossistemas produtivos.

ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA

Em termos econômicos, os sistemas agroflorestais, comparados com outros sistemas de uso da terra, têm valores mais altos de produção com o mesmo custo e/ou alcançam o mesmo valor de produção com custos menores. Quando o valor de produção é maior, normalmente ocorre um aumento da produção ou no preço da unidade produzida, seja pela época de colocação no mercado, seja pela melhor qualidade do produto. O menor custo de produção pode ser obtido com a diminuição da quantidade e/ou do preço do insumo. Esses resultados são possíveis principalmente devido às interações biológicas existentes entre os componentes dos sistemas agro-

florestais (MacDicken & Vergara, 1990). A essência do uso da terra pelos sistemas agroflorestais é que uma mesma diversidade de bens pode ser produzida numa área menor do que em outros sistemas de produção. De maneira geral, as vantagens ecológicas da interação entre os componentes também são vantagens em termos de uso de mão-de-obra e capital: serão usados menos capital e mão-de-obra para a produção da mesma quantidade de produtos animal e/ou vegetal, em comparação com os sistemas de monocultura. Isto, porque a entrada de capital e mão-de-obra está diretamente relacionada com a área utilizada. Evidentemente, existem exceções a essa regra, como por exemplo a proteção necessária às árvores plantadas em pastos, compondo sistemas silvopastoris.

Uma possível economia de mão-de-obra pode ser em virtude do sombreamento, que pode levar a uma redução de capina e à melhoria da eficiência do trabalho das pessoas e dos animais, devido ao ambiente mais ameno. Algumas economias no uso de recursos não se devem somente às interações biológicas entre os componentes, mas à combinação de certas atividades que seriam impossíveis dentro de sistemas de monoprodução. Por exemplo, a coleta de lenha em árvores dispersas no pasto pode ser simultânea ao trato do rebanho. Um outro exemplo é o uso de cercas vivas. Estimativas da Tunísia mostram que o custo com cercas de arame é três vezes superior ao necessário com cercas feitas com plantas com espinhos. Por fim, uma redução no custo da unidade de mão-de-obra pode ser obtida com a dispersão das atividades ao longo do ano, como por exemplo, devido ao atraso de algumas colheitas. Os preços de mercado e/ou o custo da mão-de-obra tendem a ser mais baixos fora dos períodos de pico. Um estudo conduzido numa propriedade cafeeira na Costa Rica mostrou que o pico da colheita de café numa parcela sem *Cordia alliodora* ocorreu duas semanas e meia antes do pico de colheita de uma parcela sem as árvores (MacDicken & Vergara, 1990).

EXPERIÊNCIAS EM ÁREAS JÁ IMPLANTADAS

Há cerca de 15 anos, em 1985, o agricultor e pesquisador Ernst Götsch iniciava suas plantações de cacau no Sul da Bahia. Os quarenta anos de agricultura de corte e queima que o precederam haviam deixado as terras empobrecidas e secas as diversas fontes de água que existiam no local.

Cinco anos depois, durante os quais Ernst foi elaborando e aprimorando o método de manejo agroflorestal direcionado pela sucessão, a paisagem já havia se transformado e vicejava uma agrofloresta ainda nova, mas já produtiva. Além disso, 17 fontes voltavam a verter água novamente.

Em 1996, um ano considerado fraco para a agricultura, algumas áreas chegaram a produzir 50 arrobos/ha de cacau, 14 arrobos acima da média do Sul da Bahia (Peneireiro, 1999). A produção e a recuperação do ambiente se deram sem insumos, corretivos ou defensivos.

Desde meados da década de 90, uma praga irremediável do cacauzeiro toma dimensões vultosas, comprometendo seriamente a produção da região. A vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) se dissemina nas propriedades vizinhas, mas não chega nem mesmo a comprometer os sistemas, tampouco a produção das agroflorestas, que parecem imunes à disseminação da doença.

A idéia básica desse manejo agroflorestal é essencialmente copiar a forma e a dinâmica dos processos naturais. Os sistemas produtivos deverão ter a composição, estrutura e funcionamento semelhantes à vegetação natural do local, ou seja, terão espécies, densidade e fisionomia adequadas ao ambiente, diferentes para cada diferente região. A função ecofisiológica de cada planta dentro da sucessão é o princípio básico para introdução e retirada das espécies no sistema, o que significa que a demanda ambiental, o porte, a velocidade de crescimento de cada espécie devem-se adequar ao local onde será plantada. Os processos naturais de renovação, como a ação do vento e de formigas, por

exemplo, são antecipados basicamente pela poda das plantas e constituem as principais ações do manejo, além do plantio. A proposta de manejo agroflorestal de Ernst Götsch traz os processos naturais e sua capacidade restauradora para dentro do sistema de produção, tornando possível a geração de produtos e de renda ao mesmo tempo que restaura e/ou mantém os recursos naturais e o ambiente, imprimindo o mesmo balanço energético positivo da sucessão natural.

De fato, Peneireiro (1999) avaliou, em seu trabalho de tese, o sistema da propriedade de Ernst Götsch e mostrou que o manejo alterou significativamente a vegetação e o solo. Comparou um sistema agroflorestal manejado por 12 anos com uma área de capoeira, em pousio, de igual idade e submetida somente aos processos naturais de sucessão. A vegetação da área agroflorestada apresentou maior diversidade e equabilidade, além de marcado avanço sucessional em relação à área de capoeira. Esse avanço foi detectado pelas espécies e famílias de plantas que ocorriam em cada área, bem como pela fauna edáfica. Na área de capoeira, predominaram as Melastomataceae e as espécies predadoras da fauna edáfica, ao passo que, nos sistemas agroflorestais, sobressaíram as Mimosaceae, Apocinaceae e Lauraceae e as espécies saprófitas.

Os solos dos sistemas agroflorestais apresentaram maior teor de P, principalmente na camada superficial do solo. Nos primeiros 5cm de profundidade, a quantidade de P foi sete vezes maior, sendo quatro vezes maior na camada de 5cm a 20cm. Numa profundidade de 40-60cm, as quantidades de P da capoeira e da agrofloresta eram muito semelhantes.

O P é o elemento essencial mais problemático, principalmente nos trópicos úmidos. Segundo Peneireiro (1999), o alto teor de P solúvel encontrado na camada superficial do solo da área manejada pode ser explicado pela atuação conjunta do bombeamento de nutrientes pelas raízes das árvores das camadas mais profundas do solo para a superfície, potencializado pela

poda das árvores e pela dinamização da biota do solo para disponibilização de nutrientes, em função do incremento periódico de matéria orgânica de qualidade diferenciada, resultante da prática da poda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLOOM, A.L. **Superfície da terra**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970. 184p.
- BRASIL. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível site **Planalto** (2000). URL: <http://www.planalto.gov.br> Consultado em 2000.
- BROOKS, K. N.; FOLLIOT, P. F.; GREGERSEN, H. M.; THAMES, J. L. **Hydrology and the management of Watersheds**. : Iowa State University Press, 1991. 391p.
- ENGEL, V.L. **Introdução aos sistemas agroflorestais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1999. 70p.
- MACDICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. **Agroforestry, classification and management**. New York: John Wiley, 1990. 382p.
- MILZ, J. **Guía para el establecimiento de sistemas agroforestales en Alto Beni, Yucumo y Rurrenabaque**. La Paz: DED, 1997. 91p.
- MONTAGNINI, F. **Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos**. 2.ed. San José: Organización para Estudios Tropicales, 1992. 622p.
- MONTAGNINI, F.; JORDAN, C.F.; MATA MACHADO, R. **Reciclaje y eficiencia en el uso de nutrientes en sistemas agroforestales**. Yvyretá, Argentina: 1997.
- PENEIREIRO, F.M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. Piracicaba: ESALQ, 1999. 138p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 1999.
- PINTO, W. de D. **Legislação federal de meio ambiente**. Brasília: IBAMA, 1996. 2081p.

A microbacia no contexto dos assentamentos agrícolas

Mauro Resende¹

João Luiz Lani²

Sérvulo Batista de Rezende³

Leandro Roberto Feitoza⁴

Resumo - Reflexão sobre alguns aspectos pertinentes à microbacia como unidade de planejamento e sua importância nos assentamentos agrícolas; desenvolvimento sustentável; papel do solo como estratificador de ambientes; uso de indicadores ambientais locais; características pertinentes aos assentados, aos técnicos e à sociedade consubstanciados nas políticas públicas. Concluiu-se que a microbacia, por já estar fisicamente integrada, facilita o trabalho de integração de atividades; para que haja desenvolvimento sustentável é necessário que as relações campo-cidade sejam revistas; a pequena agricultura, ainda que familiar-empresarial, tende a estimular os pequenos e médios sítios urbanos em contraposição às megalópoles; a legislação restritiva de uso da terra atinge principalmente o pequeno agricultor, com pouco ou nenhum impacto sobre o agricultor empresarial; a prioridade para a conservação e uso da água pode tornar o pequeno agricultor um produtor de água, recebendo da sociedade urbana e industrial por isso; os assentamentos devem priorizar áreas que minimizem a deficiência de nutrientes: as de solos eutróficos e as de solos distróficos mas conservadores de nutrientes; as chaves de identificação de ambientes e o uso de indicadores ambientais locais podem ajudar na interação técnicos-comunidade e no processo de descentralização; os técnicos são os intermediários naturais entre agricultores e administração pública, deles deve depender a orientação segura para as políticas públicas específicas; a grande dificuldade para o associativismo exige uma atuação do poder público no estímulo e tutela cuidadosa desse processo.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Desenvolvimento sustentável; Assentados.

INTRODUÇÃO

O título deste artigo sugere a pergunta: o que tem a ver microbacia com assentamentos agrícolas? Na microbacia, como em outros lugares, deve-se buscar o equilíbrio entre a produção de alimentos e a ocupação harmônica do espaço (ordenamento territorial), com o mínimo de degradação. Nas atividades produtivas, entre elas as agrícolas, sempre há alguma degradação. Para ilustrar isso, basta examinar os alimentos que se tem à mesa. Haverá muitos deles capazes de ser produzidos sem, por exemplo, alguma redução da cobertura vegetal?

É possível ao homem ocupar algum espaço sem algum tipo de degradação? Assim, o que se busca é a otimização das relações homem-natureza para que se minimize a degradação, de modo mais sustentável possível (Fig. 31).

Buscando essa otimização, o ideal, no uso da terra, quer para os pequenos agricultores (assentamentos - agricultura familiar), quer para os grandes (empresários), é tomar a bacia hidrográfica como a unidade de planejamento e, dentro desta, a classe de solos (identificada com o uso de indicadores locais). O solo é o melhor estrati-

ficador de ambientes (Resende & Rezende, 1983). O agricultor, particularmente o pequeno, com mais sensibilidade pelo convívio com o meio ambiente, tem percebido isto e demonstra-o ao se referir, quanto ao seu endereço, que mora no Córrego Boa Vista, Vista Alegre etc. O córrego, no seu linguajar, a microbacia hidrográfica, no linguajar técnico, integra todos os fenômenos naturais. O mau uso do solo na parte superior, pelos seus vizinhos, irá afetar a parte de baixo, com assoreamentos, enchentes, destruição das lavouras nas áreas próximas do córrego, inutilização das ca-

¹Eng^a Agr^a, Ph.D., Prof. Aposentado UFV, Rua Gomes Barbosa, 99 – Centro, CEP 36570-000 Viçosa-MG. E-mail: Resende@solos.ufv.br

²Eng^a Agr^a, D.Sc., Prof. Adj. UFV – Dep^o Solos, Campus Universitário, CEP 36571-000 Viçosa-MG. E-mail: lani@solos.ufv.br

³Eng^a Agr^a, Ph.D., Prof. Aposentado UFV, Parque do Ipê, Casa 29 – Silvestre, CEP 36570-000 Viçosa-MG. E-mail: servulo@solos.ufv.br

⁴Eng^a Agr^a, Ph.D., Pesq. EMCAPER, Rua Afonso Sarlo, 130 – Bento Ferreira, CEP 29000-000 Vitória-ES.

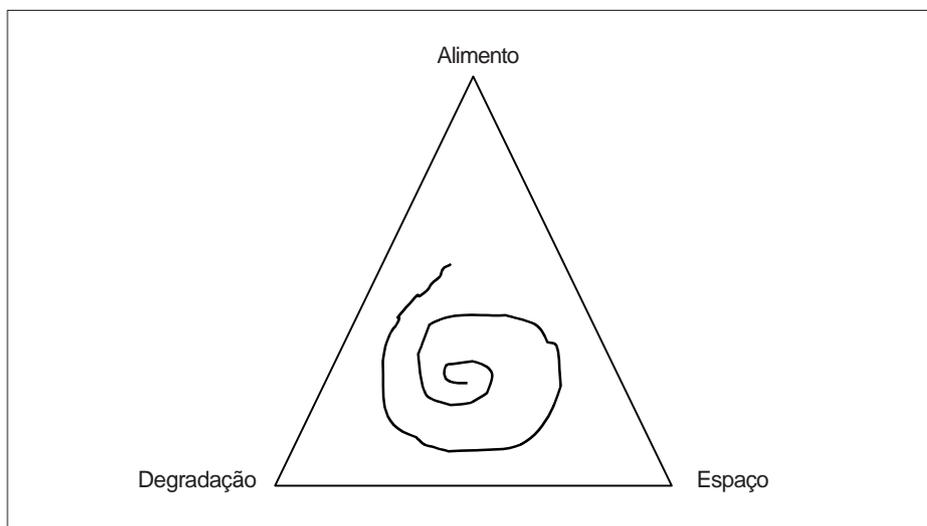


Figura 31 - Necessidade de procurar um equilíbrio entre a produção de alimentos e a ocupação do espaço e minimizar a degradação

cimbas, poços, tanques de peixes e outros.

Além desses efeitos, não é incomum, por exemplo, no semi-árido brasileiro, carreamento de propágulos de plantas (por exemplo tiririca, *Cyperus* spp.) trazidos pelo arrombamento de açudes de montante. Mas, ao avançar para o novo milênio, aguçam-se a percepção de ser a água o recurso mais escasso. Nesse aspecto a microbacia traz, até na sua definição, a informação clara de que é aí onde as políticas públicas de conservação de água devem atuar mais efetivamente no que se refere à manutenção. Práticas tão decantadas, como irrigação, devem receber cada vez menos ênfase no que se refere à criação de novos projetos e mais no sentido de aumentar a eficiência dos já existentes. É possível que a sociedade, visando à otimização das relações homem-natureza e premiando a conservação dos recursos em mínimo, venha, em algumas circunstâncias, a pagar aos pequenos agricultores para conservar a água para os centros urbanos e industriais.

Os agroecossistemas, em particular numa microbacia, onde há um encadeamento de fluxos de matéria (água, solo, vento) e de relações entre as pessoas (pela vizinhança, pela água e pelas vias comuns), manifestam-se numa trama de interdependência entre as suas variáveis. A interdependência é a lei do universo. Assim, a

observação e a análise integrada, mesmo se apenas qualitativa, são mais eficientes para a compreensão de fenômenos complexos.

A pressuposição de que, ao se conhecer as partes de um sistema, conhece-se o todo não é válida sempre, porque há, com frequência, o surgimento de propriedades emergentes (Odum, 1985). É como se as peças de um quebra-cabeça somente cumprissem sua finalidade se articuladas num jogo já montado. Nos agroecossistemas, em particular, as vinculações ultrapassam os limites restritos da microbacia, tudo dependendo das circunstâncias. O fato de plantar café depende tanto da exposição do solo, quanto do mercado internacional, indicado, por exemplo, pela bolsa de Nova York. Essa complexidade e incerteza dos agroecossistemas devem ser compensadas por políticas públicas. A economia agrícola não pode viver sem alguma forma de ajuda do poder público em parte alguma do mundo (Guimarães, 1982).

A utilização e/ou manipulação dos ecossistemas é mais harmoniosa dentro do contexto do melhor uso dos recursos naturais e não da maior produtividade, sem levar em consideração a degradação ou a exaustão dos recursos naturais. A noção da sustentabilidade deve ser inserida. A relação entre preços pagos à produção primária e os dos insumos estimulam sobremaneira a

degradação. Aqueles que vivem da terra não têm condições, na maioria dos casos, dentro dessas relações injustas, de arcar com as custas da conservação e manutenção da diversidade.

Este trabalho objetiva discutir alguns aspectos pertinentes a essas questões: o desenvolvimento sustentável; o papel dos recursos naturais da microbacia nessa sustentabilidade; o papel do solo como estratificador de ambientes e o uso de indicadores locais; as características pertinentes aos assentados, aos técnicos e as implicações disso tudo nas políticas públicas.

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O desenvolvimento sustentável “atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades” (Nosso..., 1998).

A sustentabilidade dos processos produtivos numa microbacia pressupõe o atendimento aos seguintes princípios básicos:

- conservação dos recursos renováveis;
- adaptação da agricultura ao ambiente: as práticas de convivência normalmente adotadas pelos pequenos agricultores, mais baratas e de menos riscos atendem mais a este pressuposto;
- manutenção de um nível alto, porém estável de produtividade (Altieri, 1989).

Gips (1986) menciona que a agricultura sustentável deve ser ecologicamente correta – a qualidade dos recursos naturais é mantida; economicamente viável – auto-suficiente; socialmente justa – as necessidades básicas são atingidas; humana – todas as formas de vida são respeitadas; e adaptável – as comunidades rurais são capazes de se ajustar às condições de agricultura desenvolvendo-se como um processo, numa condição democrática e participativa.

Um enfoque pouco freqüente é definir: sustentável para quem? No caso da atividade agropecuária, implícita, em princípio, nos assentamentos está sendo objetivada a sustentabilidade de quem? Hoje, mais do que ontem, graças em grande parte às pressões pelos ativistas da reforma agrária, a sociedade está ficando mais consciente de que está em jogo não campo ou cidade, mas o sistema campo-cidade. As megalópoles de hoje são um atestado claro de que houve uma ruptura no campo sem um preparo, em tempo hábil, para que as pequenas e médias cidades participassem positivamente do processo. Houve um esvaziamento relativo de amplas áreas no campo e pequenas cidades e uma concentração desconcomunal em áreas metropolitanas. Isso caracteriza o Terceiro Mundo. É interessante lembrar que até as iniciativas do governo federal, por exemplo, a zona franca de Manaus, estimularam a metropolização. Hoje, vive-se um caos urbano e uma desagregação no campo. A sociedade citadina, estimulada pelo interesse das indústrias em ter baixos os preços dos alimentos (mas sem baixar o preço dos insumos produzidos por elas) e pela ação governamental, fica feliz com os preços relativamente baixos dos alimentos. Nesse quadro a fatia do produtor é muito reduzida, pois, além de não poder colocar preço no seu produto, e muito menos nos insumos, fica pressionado entre os intermediários e o tempo, na forma das dificuldades de transporte, armazenamento e comercialização. Em resumo: ou o agricultor entra no fluxo de exportação (e para isso precisa de capital), muito favorecido pelas políticas públicas, ou é estimulado, diante das dificuldades, a ir para a cidade, onde, através de algum segmento da economia informal, pode-se sobressair melhor. É o êxodo rural, a metropolização, o caos.

Cabe à sociedade, diante desse quadro, decidir o que estimular em termos da sustentabilidade: se a pequena agricultura, ainda que familiar-empresarial, como é comum na Europa e nos Estados Unidos, ou a grande agricultura empresarial exportadora. Ou poderia ela estimular uma e outra, conforme as circunstâncias?

As pressões para gastos menores de energia, a necessidade de absorver mão-de-obra e a queda brutal na qualidade de vida nas grandes cidades devem estimular uma reflexão mais profunda sobre as vantagens e desvantagens no que se refere à ocupação do espaço rural. O estímulo à agricultura familiar (que pode ser empresarial, como nos países mais adiantados do mundo) tem, necessariamente, outros benefícios indiretos. Um deles, e talvez o mais importante, é evitar a metropolização. Isso não significa reduzir a urbanização. Uma grande densidade de propriedades menores tende a semear um grande número de pequenas vilas e cidades. É o processo de urbanização sem metropolização.

Uma pergunta pertinente à sustentabilidade é: para quê e para quem? Para a sociedade atual ou para a futura? Essas são perguntas importantes. Há, no momento, uma grande massa de população despreparada para atividades mais refinadas. As atividades agrícolas são as mais adequadas para grande massa de brasileiros. A grande área territorial do Brasil clama por uma ocupação mais bem distribuída e, dificilmente isso pode ser conseguido, sem um apoio decisivo às atividades rurais e às pequenas e médias cidades. Os meios de comunicação e o domínio eleitoral dos grandes centros formadores de opinião fazem com que ainda mais o processo se centralize.

RECURSOS NATURAIS: SUSTENTABILIDADE E INDICADORES

A microbacia, por estar entre o talvegue (a parte mais baixa da paisagem) e o divisor de água, ou entre a montante e a jusante, tende a apresentar o máximo de variação de recursos, mesmo a pequenas distâncias. As plantas, entre elas as culturas, dependem basicamente de radiação, água e nutrientes (Fig. 32); nos agroecossistemas, ecossistemas especiais, produtivos, com forte troca com o exterior, o uso de implementos mecânicos é também importante. Os outros fatores, como deficiência de oxigênio (drenagem), vento, pragas e doenças são, de certa forma, coadjuvantes dos principais. O fato de qualquer planta, em princípio, poder ser cultivada em solução hidropônica, sem solo, indica isso.

Radiação

Todos os recursos, radiação, água e nutrientes podem limitar drasticamente a produtividade. A radiação, tida como sempre abundante nos trópicos, numa visão geral apresenta particularidades importantes num enfoque mais detalhado. No semi-árido do Rio Grande do Norte, os agricultores costumam orientar as raquetes da palma forrageira no sentido norte-sul, melhorando a economia de água (em volta do meio-dia essa orientação minimiza a radia-

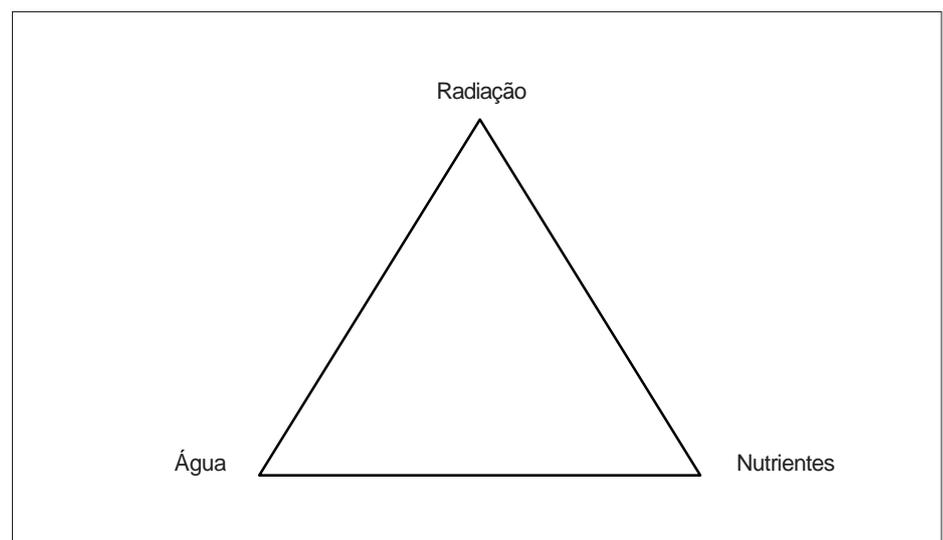


Figura 32 - Triângulo ambiental básico

ção recebida diretamente) (Resende, 1992). No estado de São Paulo, Benincasa (1976) constatou diferenças substanciais na produtividade de sorgo, dependendo da orientação da rampa. Cerqueira (1995), na região montanhosa do Espírito Santo, detectou influência da exposição em aspectos como fertilidade do solo, expressão da comunidade vegetal e classe de solo. Há muito tempo os agricultores do Sudeste do Brasil identificam as encostas soalheiras e noruegas, importantes para o plantio do café. Assim, aspectos como profundidade do vale, orientação geral da microbacia etc. podem ser importantes em algumas circunstâncias para algumas culturas específicas. Na região do Planalto de Viçosa há indicações de que a carga energética pode limitar a produtividade de capineiras no inverno. Nesses casos, a escolha de encostas voltadas para o norte pode ser importante. Essas indicações gerais seriam pertinentes à localização de residências, de abrigos de animais etc.

Água

Quanto à disponibilidade de água, interessam basicamente dois aspectos: a água disponível para as plantas e a água de superfície para uso humano, animal e para irrigação, por exemplo. A água está-se tornando um recurso cada vez mais escasso. Deve ser um dos critérios a se considerar na densidade dos assentamentos (Francilino, 2000). A própria prática de irrigação, tão importante, deve sofrer restrições. Melhor aproveitamento da água ao invés de expansão de novas áreas de irrigação deve ser considerado. Isso deve custar bem mais, mas é o preço a ser pago pela sociedade para economizar um recurso fundamental. Nessa mesma linha é previsível que a sociedade eventualmente decida que pagar ao agricultor para conservar água é mais importante do que usar essa água para irrigação. É o velho jogo de custos e benefícios. Cabe à sociedade decidir se é melhor manter as populações rurais com custos adicionais ou minimizar a água disponível.

É possível que nos próximos anos fique claro no Brasil um conceito há tempos

conhecido, mas considerado por muitos quase uma heresia: a de que as árvores, em si, não são eficientes para recarga de aquíferos. A substituição de plantas arbóreas por plantas rasteiras pode ser desejável em alguns locais se o que se procura é conservar a água. Quando se trata do controle das enchentes, as árvores são insubstituíveis. Tudo é uma questão de aritmética: as espécies arbóreas continuam perdendo água durante o período seco. As herbáceas, em particular as gramíneas, entram em pousio natural. Não se deve cometer aqui os mesmos erros de outras generalizações, por exemplo, a de que todo solo acidentado, quando cultivado, se empobrece a ponto de não mais ser sustentável. As árvores desempenham outros papéis importantes além do de minimizar a intensidade das enchentes, mas não é correto apregoar que a presença de árvores aumenta o fluxo de água na época seca (Daker, 1976). Isso simplesmente não é verdade, e os fatos mostram isso. Há mais flutuação no nível d'água dos solos da Amazônia do que nos do Planalto Central. Caso a sociedade ainda queira manter as várzeas protegidas de utilização é preciso que haja alguma compensação para o agricultor. Por uma contingência natural, qualquer legislação que envolva as várzeas e os solos acidentados afeta mais os pequenos do que os grandes agricultores em algumas regiões do Brasil (Gomes, 1986).

As sedes das propriedades estão, em geral, relativamente próximas dos cursos d'água. Isso pode trazer problemas de poluição da água, requerendo um planejamento prévio para que possa haver uma convivência pacífica a esse respeito. Dependendo da densidade e natureza dos cursos d'água, esse pode ser um importante fator no dimensionamento das áreas dos lotes para assentamento. Em particular no que se refere à área de acesso à água. É provável que em alguns casos valesse a pena a elaboração de infra-estrutura de água e saneamento pelo poder público para que o assentamento fosse sustentável. As comunidades rurais também fazem parte da sociedade; elas, e não só as urbanas, precisam de infra-estrutura.

Nutrientes

O preço dos nutrientes e de outros insumos químico-mecânicos é dado pela indústria; o da produção agrícola, não o é pelo agricultor. Isso faz uma grande diferença. Minimiza a margem de lucro, quando não a torna negativa sendo contraproducente usar adubo. Assim, a disponibilidade de nutrientes passa a ser um recurso precioso. Por uma contingência pedológica, os solos naturalmente ricos em nutrientes situam-se nas várzeas e nas áreas mais acidentadas. Essas são áreas com tendência a ter o uso proibido em agricultura. É provável que haja, nos próximos anos, uma revisão da legislação a respeito das árvores nas várzeas e também uma distinção entre solos eutróficos e estes nas elevações acidentadas. A sociedade, mais cedo ou mais tarde, vai ter que se posicionar: Se deseja estimular a pequena agricultura, pouco poluidora, mas que utiliza áreas críticas, como várzeas e solos acidentados, ou a agricultura empresarial, altamente poluidora e degradadora, que utiliza as áreas mecanizáveis. Dois recursos são pertinentes neste contexto: áreas com solos naturalmente férteis, que permitem produções razoáveis com o mínimo de adubação externa; e áreas naturalmente pouco férteis, mas capazes de conservar bem, pela topografia tabular, os nutrientes que lhe são adicionados (Resende et al., 1988). Assim, quanto aos nutrientes, esses deveriam ser os dois critérios para escolha de áreas para assentamento. Nesses casos, subsídios para uma adubação inicial poderiam ter um alto retorno para a sociedade.

Mecanização

A industrialização da agricultura, apesar de ter trazido muitos problemas, minimizando a renda no campo e provocando nos países de Terceiro Mundo um êxodo rural sem precedentes, é irreversível. Isso porque o uso da máquina minimiza sobremaneira o sofrimento humano no amanho da terra. A capina manual, por exemplo, é muito sacrificial. Assim, é desejável, sob o ponto de vista dos assentamentos, a busca de áreas mecanizáveis. A mecanização não depende só da topografia dos solos. Pe-

dregosidade, rochosidade, tipo de argila e até aspectos extremos de coesão podem reduzir sobremaneira a adequação para a mecanização. Como é praticamente impossível encontrar em grande escala essas condições de solos mecanizáveis (planos, sem pedregosidade etc.) e eutróficos, deve-se ter, então, uma consciência clara das limitações e potencialidades de alguns usos e os assentamentos devem receber apoio condizente com as condições de cada caso.

Solo

O solo, por ser uma interface entre as outras esferas (biosfera, atmosfera, hidrosfera e litosfera) (Fig. 33), exerce papel fundamental em qualquer ecossistema terrestre, em particular nos agroecossistemas.

No entanto, o solo não pode ser visto como um fator isolado no agroecossistema. O solo é apenas um dos vértices do tetraedro ecológico (nos outros três vértices estão, o clima, os organismos e os fatores socioeconômicos). As inter-relações que se estabelecem entre todos os vértices do tetraedro são fundamentais para a busca da sustentabilidade (Resende, 1997).

Numa microbacia hidrográfica são encontradas as relações tetraedrais: clima – solos – organismos – aspectos socioeconômicos (Fig. 34).

Pode-se perceber que, dependendo da escala de abordagem, a representação dessa complexidade, em termos de habitats, torna-se impossível, e isso pode implicar equívocos ao se identificarem os ambientes e ao se tomarem atitudes no aproveitamento dos seus potenciais. É necessário, idealmente, uma abordagem mais detalhada sobre isso.

Esse enfoque implica na identificação de aspectos socioeconômicos, culturais e políticos intrínsecos ao próprio habitat, além das suas qualidades e problemas.

O processo de tomada de decisão do pequeno agricultor, no caso presente, o assentado, relativo à implementação de qualquer atividade, passa por um balanço criterioso de como aquela atividade irá interferir nos fatores do seu sistema, já internalizados e bem conhecidos por ele.

Dentre os fatores preponderantes, o

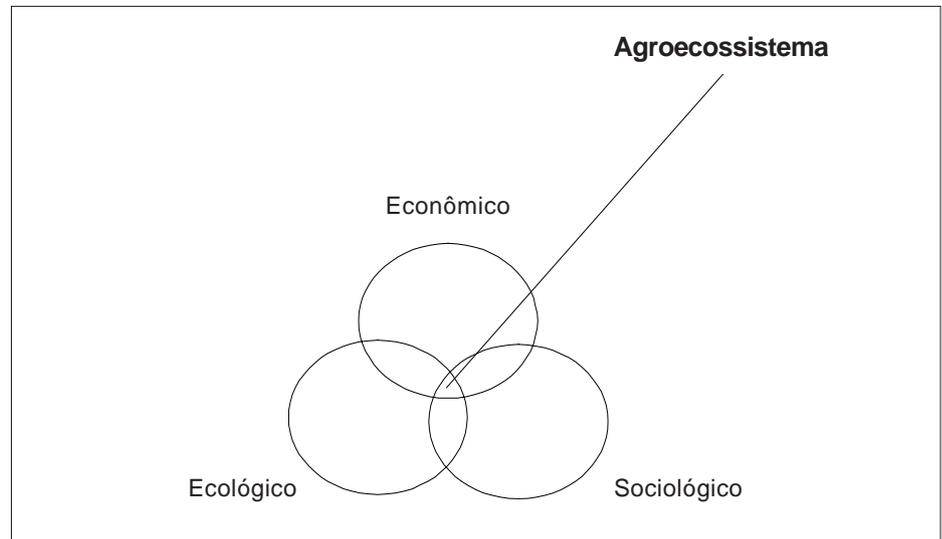


Figura 33 - O solo como interface entre a biosfera, atmosfera, hidrosfera e litosfera

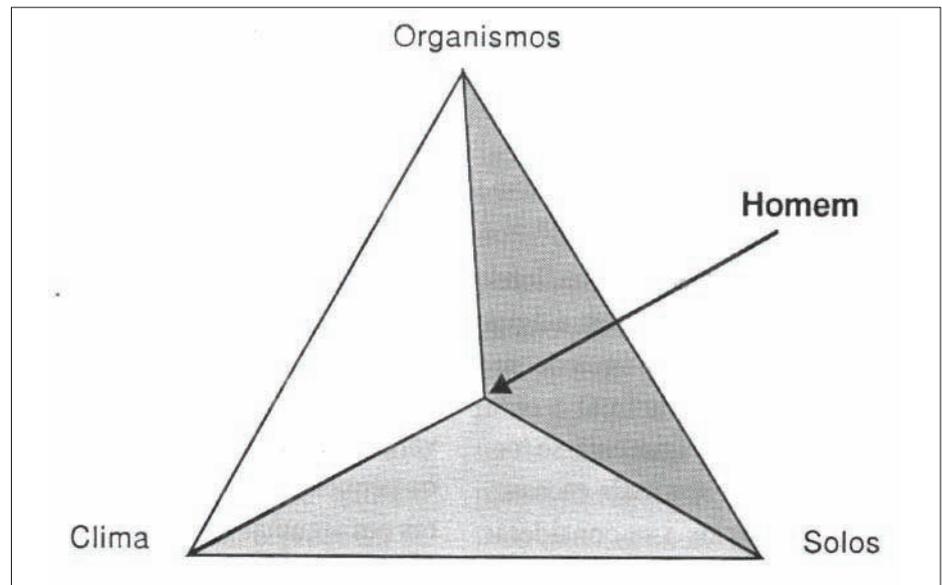


Figura 34 - Inter-relações representadas pelo tetraedro ecológico

pequeno agricultor leva em consideração sua capacidade produtiva em termos de potencialidade e limitação dos recursos existentes em sua propriedade, tais como: disponibilidade de terra, água, mão-de-obra e capital. Mesmo com disponibilidade desses recursos, ainda existe um fator crucial para sua tomada de decisão, que é o risco que a atividade poderá oferecer a si e ao seu sistema. Assim, distintos domínios apresentam diferentes características e em cada situação é necessário um manejo adequado dos recursos naturais para a sua maior sustentabilidade (Quadro 1).

As microbacias têm como eixo principal o curso d'água. É ao longo das linhas perpendiculares ao curso que há, em geral, a maior heterogeneidade de ambientes. É comum, assim, as propriedades serem alongadas nesse sentido, isso aumenta a heterogeneidade dos solos de cada lote, aumentando as opções e estimulando a diversificação. Cada ambiente (identificado pelo solo, por exemplo) requer um manejo diferente. As potencialidades e limitações podem variar muito a pequenas distâncias.

Para a Zona da Mata mineira, por exemplo, Rezende et al. (1972) identificaram algu-

QUADRO 1 - Características das bacias hidrográficas de alguns domínios de solos ocorrentes em Minas Gerais

Ambiente	Características	Recomendações
Solos rasos, pobres, sobre rochas pelíticas (Fig. 35)	Os solos rasos têm baixo poder tamponante Quanto à economia de água. O fluxo superficial é sazonalmente muito intenso, o que facilita a erosão laminar, removendo matéria orgânica, sementes e nutrientes, o que dificulta também a reinstalação da vegetação natural, uma vez que esta esteja degradada.	Procurar manter a vegetação e conservar a água em pequenas bacias, pela construção de pequenas depressões coletoras (armazenadoras) de água. A baixa permeabilidade do solo e/ou do substrato facilita o acúmulo de água. Essas áreas têm baixo poder de suporte: precisa-se de uma área muito grande para sustentar uma família.
Latosolos e areias quartzosas em relevo plano a suave ondulado (Fig. 36)	Apresentam rede de drenagem pouco expressiva, isto é, os cursos d'água são espaçados em razão do menor dissecamento das bacias (menor densidade de drenagem). Nas bordas dessas bacias a dissecção é severa. A relação pedogênese/erosão nas bordas das chapadas evidencia a instabilidade dos solos. Isto pode por em risco não só as pequenas bacias que bordejam as chapadas mas igualmente as cabeceiras de grandes rios.	Efetivo programa de controle de erosão nas pequenas bacias que descem das chapadas, incluindo a preservação de uma faixa de vegetação natural bordejando, ainda nas chapadas, as pequenas bacias. Essas áreas, em particular nos Latossolos de textura média e argilosa, têm sido muito procuradas pela agricultura empresarial para o plantio de eucalipto, soja e outras culturas.
Solos originados de calcário	O comportamento hídrico das bacias de drenagem é peculiar, em razão da dissolução subterrânea do calcário, dando um sem número de depressões fechadas (dolinas), formando lagoas permanentes ou não, além de sumidouros nos cursos d'água. A circulação subterrânea tende a diminuir a disponibilidade de água na superfície e nos solos.	A proteção do solo e o manejo da água requerem tratamentos especiais. A permeabilidade do solo, a natureza mineralógica das argilas, a configuração do embasamento calcário, a variação da profundidade do lençol freático e a localização de possíveis discontinuidades litológicas são alguns atributos que devem ser observados nestas bacias. Essas são áreas problemáticas em termos de água de superfície.
Áreas de solos pobres originados de rochas graníticas (Fig. 37)	Os baixos teores de ferro, a baixa fertilidade natural e a pouca profundidade dos solos em geral (em relação aos do próximo domínio) tornam o comportamento hídrico das pequenas bacias intermediário entre o de Latossolos de relevo acidentado e o de solos rasos de rochas pelíticas (pobres) e quartzíticas.	Requerem uma melhor atenção quanto às práticas de conservação, pois os solos são muito sujeitos à erosão. Desde a erosão em sulcos até voçorocas. Tem-se como exemplo a região de Cachoeira do Campo, MG.
Latosolos e cambissolos argilosos profundos em relevo acidentado	Os solos têm um poder tamponante hídrico eficiente. Apresentam uma riqueza muito grande de águas de superfície (pequenos córregos). Os cambissolos têm menor espessura do horizonte B. São mais instáveis e sujeitos à erosão mais intensiva. Apresentam normalmente cor rosada.	A baixa fertilidade dos solos associada ao relevo acidentado dificulta a implementação de uma agricultura pujante com uso intensivo da mecanização, à semelhança do que ocorre no Planalto Central. Por outro lado, a abundância de água (pequenos córregos) propicia a sobrevivência de inúmeras pequenas propriedades. Nas áreas mais ricas, normalmente as mais quentes, predominam propriedades de tamanho maior (pecuaristas).

FONTE: Resende (1997).

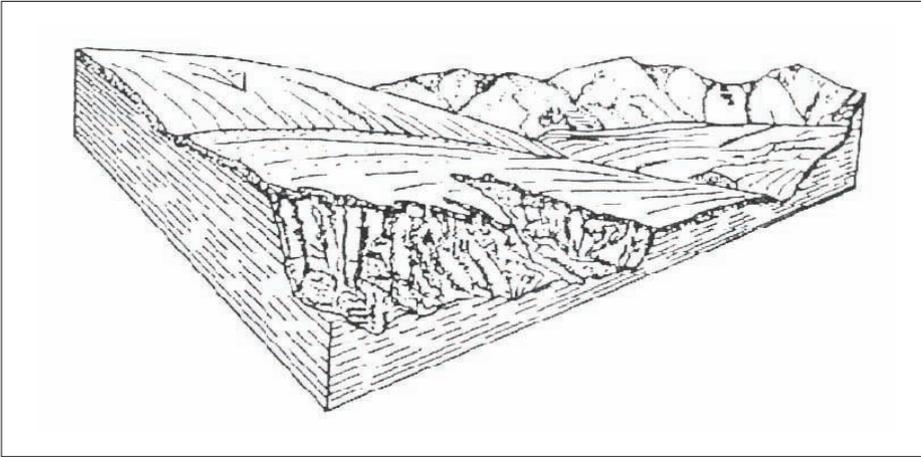


Figura 35 - O baixo poder tamponante dos solos rasos de rochas pelíticas facilita o fluxo superficial e a erosão superficial intensiva

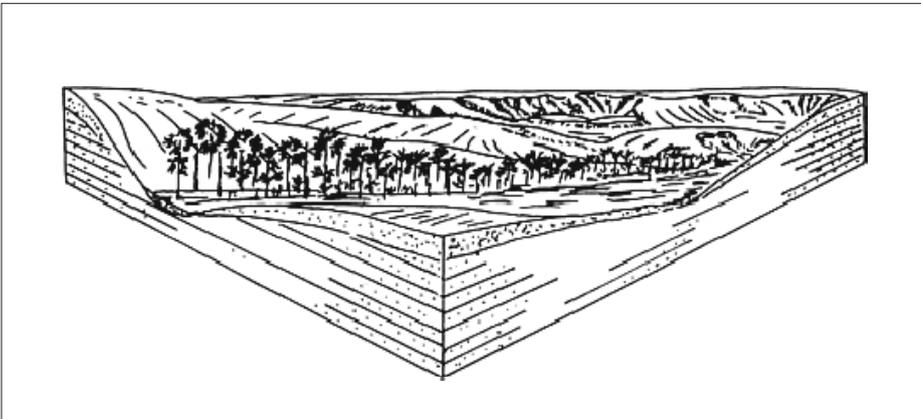


Figura 36 - Nos domínios dos Latossolos e Areias Quartzosas (Neossolos Quartzarênicos) de relevo plano a suave ondulado, os cursos d'água (córregos e rios) são mais espaçados

NOTA: A instabilidade das bordas põe em risco as bacias a jusante.

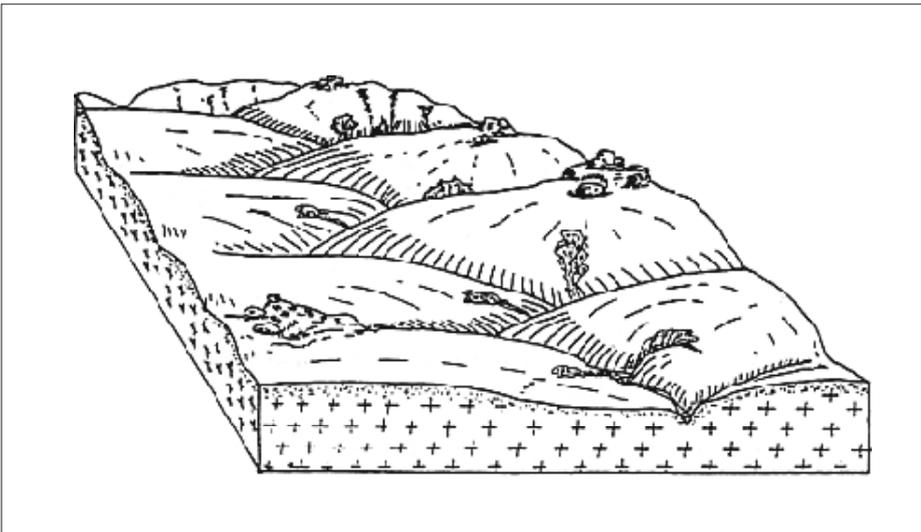


Figura 37 - Aspectos inerentes às paisagens de solos de rochas graníticas

NOTA: O comportamento hídrico é intermediário entre os Latossolos de relevo acidentado e os solos rasos de rochas pelíticas (pobres).

mas unidades de ambientes agrícolas, as pedopaisagens (Fig. 38).

Essas pedopaisagens foram utilizadas por Gomes (1986) para identificação dos condicionantes à modernização do pequeno agricultor na Zona da Mata mineira. Nesse estudo conclui-se que as terras dos pequenos agricultores, por estarem necessariamente próximas a cursos d'água, são melhores do que a dos grandes; a disponibilidade de terra em quantidade faz com que sejam utilizadas áreas mais frágeis pelo pequeno do que pelo grande agricultor. O fato de os pequenos agricultores terem proporcionalmente mais áreas de várzeas do que os grandes, faz recair sobre eles, que não têm outras opções, já que o montante de terra é pequeno, o ônus de qualquer legislação restritiva ao uso das várzeas; e também das áreas mais íngremes, já que, por não terem muita terra e haver baixo retorno, têm que utilizar ao máximo para não se afastarem muito dos limites de sobrevivência.

Essas mesmas pedopaisagens foram usadas (Moreira et al., 1982 e Pimentel et al., 1982) para estudar a composição florística, produção de massa de forrageiras, mostrando uma variação pronunciada tanto numa como noutra. Esses fatos ilustram as diferenças de potencialidades a pequenas distâncias.

Qual seria a implicação desses fatos para uma política de assentamento?

Quanto ao dimensionamento da área há algo muito importante. É nas propriedades menores, por razões óbvias, que o uso é mais intensivo. É aí que fica mais difícil deixar por muito tempo a vegetação natural crescer no pousio antes de novo ciclo de cultivos; é também onde as áreas mais instáveis precisam ser usadas por menos que elas ofereçam de retorno.

Uma pergunta pertinente é: como identificar essas áreas instáveis e como as políticas públicas poderiam ajudar nesse problema difícil?

Quanto à primeira pergunta, o uso de identificadores simples de campo ou o exame visual puro e simples resolve a questão. As áreas íngremes, as mais instáveis, têm o solum (soma dos horizontes A e B) muito estreito. Assim, fauna como térmitas e formigas trazem com facilidade o material róseo do horizonte C fazendo um belo e

conspícuo contraste com a coloração mais amarelada do horizonte B. Além disso, o fato de tanto a curvatura como o perfil da pedopaisagem íngreme serem lineares, facilita a identificação.

A sociedade tem grande interesse na manutenção da cobertura vegetal nas áreas mais instáveis, para proteger as águas, a diversidade etc. Interessa também para ela manter o agricultor no seu vale, longe do caos da cidade grande. A solução talvez pudesse ser a de evitar que muito recurso para proteção ambiental se perdesse nos emaranhados da burocracia e fosse diretamente para os executores, que são os agricultores. Não há, por exemplo, lógica em esperar que o agricultor vá gastar os seus recursos parcos (que quase não dão para sobrevivência) para comprar arame e cercar as áreas íngremes para proteção ambiental, sem retorno nenhum para ele, que não tem recursos sobrando. E, mais, se a pressão continuar (ou até mesmo sem continuar), a tendência é que, cedo ou tarde, ele e sua família abandonem a área rural e vão para a cidade grande. Isso irá trazer um custo muito alto para a sociedade. Cabe à sociedade decidir onde é mais sábio aplicar recursos.

Para as considerações gerais a respeito de alguns grandes ambientes (domínios) são apresentados alguns exemplos ocorrentes, por exemplo, em Minas Gerais, no Quadro 1.

Práticas de convivência e de redução

Dentro da visão da sustentabilidade é preciso encarar de frente os problemas que afetam os assentados, desde os de ordem ambiental, do uso dos recursos da terra e até os de ordem social. Diante de um problema é preciso tomar uma decisão: ou reduzi-lo (práticas de redução) como, por exemplo, o uso de adubação se o solo é pobre; ou conviver com ele, como o uso de plantas adaptadas a solos de baixa fertilidade – práticas de convivência (Fig. 39 e Quadro 2).

O pequeno agricultor ao longo dos anos desenvolveu, em razão dos parcos recursos financeiros de que dispõe, uma tecnologia alternativa, denominada de práticas de convivência (Quadro 2). Daí, talvez, a maior dificuldade de a extensão rural no Brasil alcan-

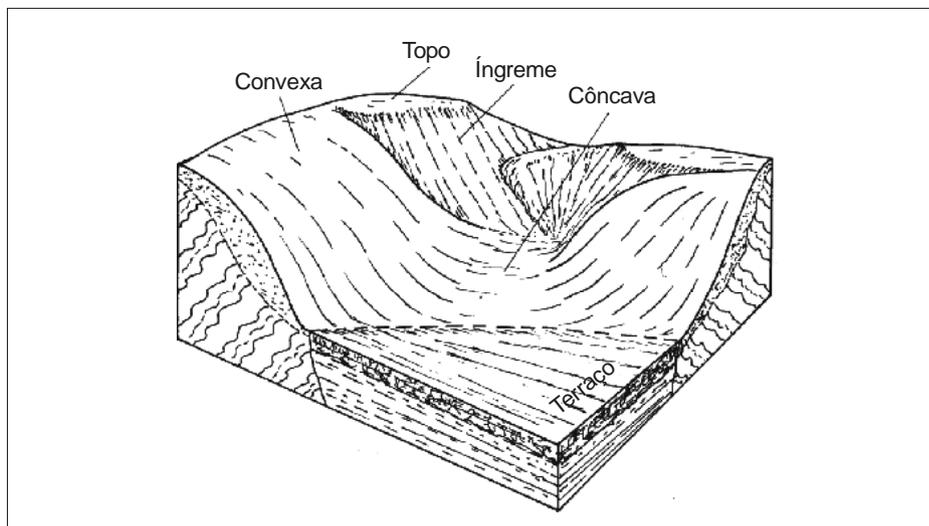


Figura 38 - Pedoformas: íngreme, topo, côncava etc.

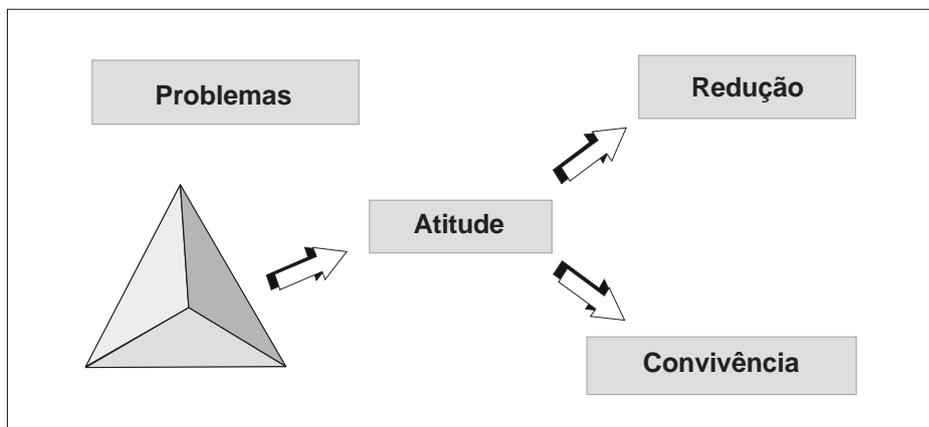


Figura 39 - Diante de um problema é preciso tomar uma atitude, adotar práticas de convivência ou de redução

çar sucesso na transferência de algumas tecnologias. Na sua maioria, existe uma resistência às técnicas que exigem alto investimento sem um retorno garantido. A segurança prevalece sobre o lucro incerto. Percebe-se que somente nas culturas industriais há adoção de tecnologias mais avançadas, como o uso da adubação química, ainda que parcial, como no caso do café. Nas outras, consideradas culturas brancas (milho, arroz, feijão), com retorno financeiro incerto, as práticas de convivência predominam. O fator segurança deve sobrepor-se ao risco.

As práticas de redução (Quadro 2) são tipicamente químico-mecânicas; as de convivência têm um maior ingrediente biológico. No entanto essa distinção pode não ficar assim tão clara. É essa a discussão atual dos transgênicos. Há o perigo de que

a indústria venha também, por via biológica, a criar uma dependência por todos os méritos indesejáveis. As relações entre indústria e agricultura têm sido muito desvantajosas para a segunda. A margem de lucro para a agricultura caiu muito com a industrialização, em particular nos países em desenvolvimento. A exclusão social é um bom indicador disso. Um processo que exclui socialmente uma grande massa, contribuindo para uma distribuição de renda assustadora, deve ser repensado como modelo a ser seguido. Não importam valores de Produtos Internos Brutos (PIBs), produtividade, exportação, tecnologia de ponta etc., tudo indica que este modelo não é sustentável.

Em um estudo conduzido numa microbacia no Sul do Espírito Santo (Lani et al., 1995) (Fig. 40), em um universo de 17 agri-

cultores, com uma área média de 19 hectares, tendo a propriedade de maior tamanho 55 hectares (Quadro 3), os agricultores adotam práticas simples para a solução dos seus principais problemas. Assim, por exemplo, utilizam a várzea em pastagem natural ou antecipam o plantio de arroz (agosto) para que a colheita desta cultura ocorra antes das prováveis chuvas de janeiro (Quadro 4). A prática de convivência, solução ou amenização do problema com o menor investimento possível, é usada pelos agricultores em quase todas as suas atividades agrícolas. Isto é perceptível não somente no exemplo anterior, como também no cultivo de siratro (*Macropitium atropurpureum* cv. Siratro) como recuperador do solo e para a venda de sementes. O ataque de morcegos aos porcos é controlado por meio de espinhos (bráctea) da brejaúba (*Astrocarium vulgare* Mart.), cujo cacho é pendurado nas instalações. Os espinhos de diferentes tamanhos confundem a orientação dos morcegos. No período frio, os agricultores aquecem os porcos com a abertura de socavões no barranco, que são, por sua vez, cercados por lona plástica de cor preta. O sal mineral comercial para bovinos é substituído por uma mistura de cinzas de sabugo de milho, paud' alho (*Gallezia scorodendron* Casar.) e sal comum, na proporção de 1:1:5. Preferem plantar o cafeeiro na face noruega (maior sombreamento na parte da tarde) para reduzir o déficit hídrico. Na piscicultura, alegam que cobras comem os peixes e, por não terem achado uma solução eficiente, preferem abandonar a atividade.

As práticas de convivência podem ser bem criativas. Viver com o que se tem, dependendo o mínimo de recursos externos, sempre muito caros em relação aos produtos da produção primária, pode ser o embrião de futuras relações homem-natureza. Há quem afirme que o modelo atualmente em alta, com muitos insumos, muito gasto de energia, não seja sustentável quando houver maiores pressões por recursos.

Critérios de seleção de áreas

A desapropriação das terras passa por um longo processo. As formas de se chegar

QUADRO 2 - Classificação de práticas agrícolas de redução e convivência para algumas limitações

Limitação	Práticas de Redução	Práticas de Convivência
Nutrientes	Adubação, calagem, gessagem	Espécies e variedades; cultivo itinerante
Água	Irrigação	Espécies e variedades, plantio de sequeiro, época de plantio, cultivo em faixas, cobertura morta
Oxigênio	Drenagem, plantio em camalhão	Espécies (arroz) e variedades (ecótipo)
Erosão	Terraços de vários tipos	Cultivo em contorno, cultivo em faixas, cobertura do solo, rotação de culturas, barreiras (plantas, rochas etc.)
Mecanização	Nivelamento, terraços, retirada de pedras, destruição de termitos	Uso da tração animal ou manual, ajuste no tamanho das rodas etc.
Temperatura	Cobertura morta, sombreamento, antiçegada, estufa	Espécies e variedades, época e profundidade de sementeira, exposição do solo
Radiação	Estufa, sombreamento, pintura branca (incrementando o albedo)	Espécies e variedades, época de plantio
Gás carbônico	Direção do vento, decomposição biológica	Espécies e variedades, espaçamento
Ventos	Quebra-ventos, alinhamento	Espécies e variedades, operações agendadas para os períodos mais calmos do dia

FONTE: Dados básicos: Resende et al. (1999).

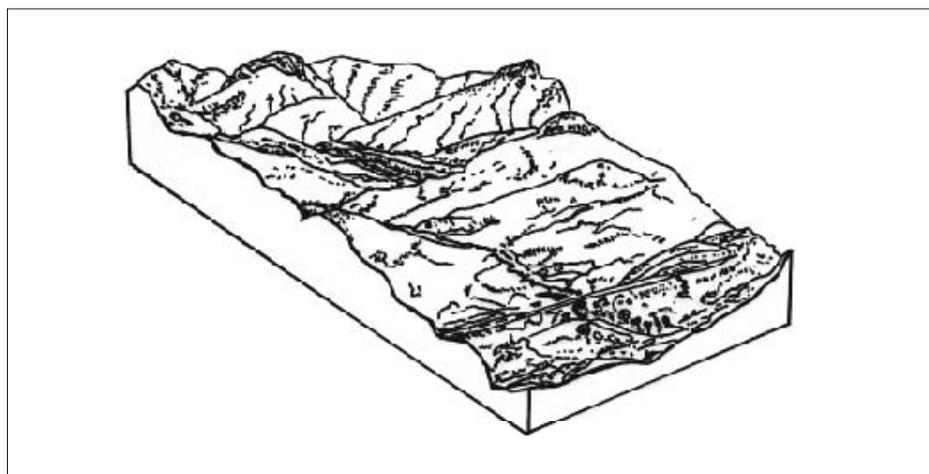


Figura 40 - Representação esquemática da microbacia do Córrego da Brisa, Alegre, (ES), com aspectos do relevo e da erosão

QUADRO 3 - Distribuição das propriedades por área na microbacia Córrego da Brisa, Alegre (ES)

Área (ha)	Propriedades	
	Unidade	%
<10	4	24
10-20	6	35
20-30	5	28
30-40	1	6
≥40	1	6
Total	17	100

FONTE: Lani et al. (1995).

QUADRO 4 - Práticas adotadas pelos agricultores da microbacia do Córrego da Brisa, Alegre (ES), como enfrentamento dos problemas encontrados

Problemas encontrados	Práticas adotadas
Erosão laminar (Horizonte A)	Plantio das lavouras em contorno e cultivo de leguminosas como o siratro. Associam proteção do solo e atividade econômica.
Colmatagem das várzeas	Uso de pastagens naturais nas várzeas (brachiária) e plantio de arroz com antecedência suficiente para ser colhido antes das primeiras chuvas de verão.
Ataque de morcegos aos porcos	Uso de espinhos (brácteas) de brejaúba com diferentes tamanhos confundem a orientação dos morcegos.
Baixas temperaturas	Uso de socavões nos barrancos, cercados de lonas de plástico preto.
Deficiências de minerais no gado	Uso de cinzas de sabugo de milho, pau-d' alho e sal comum (1:1:5).
Déficit hídrico	Plantio, especialmente do café, nas vertentes de face noruega (maior sombreamento).

FONTE: Lani et al. (1995).

à propriedade-alvo são as mais diversas. Vão desde o uso de dados cadastrais existentes no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), provenientes da declaração do proprietário, até informações da própria sociedade ou dos movimentos organizados. Neste processo verifica-se a localização do imóvel, área, benfeitorias, relevo, uso do solo e outras características afins. De posse destes dados, é feita uma avaliação de acordo com as declarações do proprietário, o grau de utilização e sua eficiência de uso. Caso haja indicativo de improdutividade, é constituída uma equipe técnica para apurar a veracidade dos dados. A partir desta avaliação inicia-se o processo de desapropriação. Deve-se informar que nem todo imóvel improdutivo é desapropriado, pois nem todos são aptos para o assentamento de trabalhadores rurais sem terra, devido a fatores como relevo, fertilidade dos solos, disponibilidade de recursos hídricos e outros.

ASSENTADOS, TÉCNICOS, SOCIEDADE E POLÍTICAS PÚBLICAS

Dentro da visão tetraedral, na qual são abordados os aspectos de solo, clima, organismos (plantas), o homem é o principal agente e objeto de todo este processo.

Dentro deste conceito serão abordadas as inter-relações entre os assentados, os técnicos que os orientam, o papel da sociedade e as políticas públicas implementadas.

Aspectos gerais

Em conversa com técnicos do Incra, todos demonstraram certa preocupação com os aspectos humanos. Há preocupação sobre o relacionamento entre os assentados, entre estes e as lideranças do Movimento dos Sem Terra (MST), e entre eles e os próprios técnicos do Incra. Desse modo, parece conveniente um esforço para estudar alguns aspectos do perfil psicológico das pessoas envolvidas.

Segundo a análise de Holanda (1973), herdamos dos ancestrais portugueses alguns traços que delineiam as tendências da nossa personalidade coletiva (Quadro 5). Há algumas características que poderiam ser consideradas positivas, enquanto outras negativas. Muitos poderiam divergir quanto ao valor de algumas delas, mas é provável que haja uma certa convergência quanto à aceitação de o que Holanda identificou com maestria como as principais características médias de nossa gente. Assim, podem-se, através destas características, trabalhar aquelas que são mais importantes dentro do objetivo dos assentamentos,

como, por exemplo, o associativismo, tão necessário no sucesso dos assentamentos, ou ainda mesmo amenizar outros, como a tendência ao extrativismo, ao espírito aventureiro e à busca de frutos imediatos. É muito importante que nós, os técnicos, tenhamos cuidados especiais para evitar a simplificação excessiva dos problemas, naturalmente complexos e rebeldes às generalizações simplistas. Essa simplificação excessiva tem alimentado a legislação genérica, pouco contextualizada, como, por exemplo, a proibição de plantio em terrenos acidentados, independente de serem eutróficos (ricos) ou distróficos (pobres); a proibição de cultivo nos leitos de rios, mesmo que seja no semi-árido etc. É, aparentemente, uma legislação feita sem considerar as condições peculiares. Por alguns desses critérios, até as videiras do vale do rio Reno (em solos bem declivosos) seriam proibidas.

Crítérios de seleção de assentados

Neste aspecto não há uma seleção adequada. As famílias dos assentados são originadas de acampamentos coordenados por movimentos sociais. O Incra, após desapropriar as terras, procede ao cadastramento das famílias e seleciona-as por meio do Sistema de Informações de Projetos de Reforma Agrária (Sipra). Neste processo de seleção considera-se, por exemplo, se o candidato já foi contemplado em outros assentamentos, qual a causa pela qual abandonou a terra, idade, tamanho da família, mão-de-obra familiar e outros.

Planejamento das atividades para os assentados

Os técnicos do Incra do Espírito Santo e Minas Gerais relatam que, na determinação do módulo rural, levam em consideração a área necessária para a sobrevivência de uma família nuclear composta de cinco membros. Esta área varia de acordo com a qualidade das terras (aptidão agrícola), clima, atividades que podem ser desenvolvidas naquele ambiente, como olerícolas, fruticultura etc.

As atividades dos assentados nessas terras dependem do Plano de Desenvolvimento Sustentável do Projeto de Assen-

tamento (PDA), instrumento hábil ao licenciamento, levando-se em consideração a aptidão agrícola das terras, culturas comumente trabalhadas na região (por exemplo: café) etc. Todas as etapas são discutidas com as lideranças e os assentados, sem perder de vista que a escolha deve cair nas atividades econômicas de maior rentabilidade e de menor impacto ao meio ambiente. Deve-se ressaltar que o potencial impactante de um assentamento é infinitamente menor que o potencial de uma hidrelétrica ou de uma jazida de minério. O modelo de licenciamento ambiental previsto para esses empreendimentos não pode ser aplicado aos projetos de assentamentos sem

as devidas adequações e simplificações (Passos, 2000).

O financiamento das atividades é obtido através de programas especiais como o antigo Programa de Crédito Especial para a Reforma Agrária (Procer), atual Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), o qual mantém algumas linhas de crédito tais como: crédito custeio e investimento: R\$9.500,00 como teto/família, sendo que o investimento é exclusivo para as atividades produtivas; crédito instalação: para aquisição de alimentos, sementes, ferramentas, pequenos animais (fomento), no valor de R\$1.000,00 por família e recursos para a construção habi-

tacional no valor de R\$2.500,00.

A microbacia, mais do que qualquer outra unidade geográfica, presta-se a subsidiar a integração de atividades. Isso não é um problema menor. O homem brasileiro (Quadro 5) tem particular dificuldade em associar-se. Tanto faz esteja nas cidades ou no campo, há uma ênfase quase exclusiva no livre arbítrio e no individualismo. Há desconfiança e medo do risco. A microbacia, como visto, tende a integrar a comunidade, facilitando a aceitação da colaboração. O poder público pode atuar eficientemente como catalizador e organizador dessas atividades colaborativas. É provável que como estratégia esses processos devam começar com bases simples, objetivos diretos, para ir-se, pouco a pouco, ampliando. A tutela inicial do poder público deve ir gradativamente cedendo lugar à própria comunidade. No entanto, o nosso atavismo ao individualismo é tão pronunciado que o acompanhamento pelo poder público deve permanecer por um tempo longo.

É difícil listar casos específicos ou atividades a serem assistidas pelo poder público, pois diversas opções alternativas podem ser propostas para uma mesma oportunidade ou para solucionar um mesmo problema. Numa tentativa de colaborar neste assunto, está sendo proposta, adaptado de Stocking et al. (2000) uma lista de questões fundamentais relacionadas com o desenvolvimento que possibilita ao analista uma primeira idéia para exercitar o planejamento das atividades para os assentados. Estas questões consideradas como tópicos relevantes para o desenvolvimento de atividades para os assentamentos agrícolas são:

- a) O projeto/atividade irá beneficiar o pequeno agricultor?
- b) A atividade é fácil de ser empreendida pela clientela-alvo?
- c) O projeto/atividade está dando importância às técnicas de convivência com poucos insumos ou ausência de insumos externos?
- d) A atividade está contribuindo com alguma forma de diversificação que não acrescente riscos para o pequeno agricultor?

QUADRO 5 - Características mais e menos acentuadas do brasileiro médio

Mais acentuada	Menos acentuada
Culto à personalidade	Solidariedade e organização
Disciplina centralizada	Hierarquia organizada
Livre arbítrio e individualismo	Associativismo
Contemplação e amor	Culto ao trabalho
Amor à frase sonora, ao verbo espontâneo e abundante, à erudição extensiva	Amor às expressões simples e essenciais
Plasticidade social	Orgulho de raça
Prestígio pessoal mais que hereditário	Respeito ao formalismo nobiliárquico
Tendência ao extrativismo, espírito aventureiro (frutos imediatos)	Tendência à atividade estável (trabalho paciente, frutos nem sempre imediatos)
Tendência à anarquia e à desordem	Hierarquia e ordem
Amor ao livre arbítrio	Organização espontânea
Saber como um fim em si mesmo	Saber para modificação do mundo
Audácia, imprevidência, irresponsabilidade, instabilidade, vagabundagem	Estabilidade, prazo, segurança pessoal, esforços sem perspectiva de rápido proveito material
Indolência e prodigalidade	Trabalho e parcimônia
Ânsia de prosperidade sem custo, de títulos honoríficos, de posições e riquezas fáceis	Esforço contínuo e moroso
Versatilidade	Ordem, constância e exatidão
Amor à aventura e ao nomadismo	Amor à agricultura
Simplificação excessiva dos problemas e eleição de falsas soluções salvadoras	Estudo minucioso e moroso dos problemas, aceitando a sua complexidade

FONTE: Dados básicos: Holanda (1973).

- e) Como a atividade irá afetar o emprego?
- f) Como a atividade irá afetar o bem-estar dos agricultores?
- g) Pode a atividade contar com armazenamento para os produtos agrícolas, em caso de excesso?
- h) Pode a atividade contar com organização para transporte e comercialização?
- i) A atividade irá suportar um grande número de usuários de terras rurais?
- j) A biodiversidade natural estará ameaçada?
- k) A atividade/projeto estará aumentando a variabilidade de uso da terra?
- l) Em que extensão o pequeno agricultor será beneficiado em termos de produção de alimentos?
- m) Quais outras atividades serão melhoradas?
- n) Estará havendo alguma contribuição em termos de acréscimo de número de pequenas empresas?

Uma adaptação da distinção de Werner (1981) entre Programas de Apoio à Comunidade e Programas de Imposição à Comunidade pode contribuir com este dilema:

- a) programas de apoio à comunidade: são aqueles programas que influenciam o bem-estar da comunidade a longo prazo e ajudam-na a auto-afirmar-se. Programas que genuinamente encorajam responsabilidade, iniciativa, tomada de decisão e autoconfiança da comunidade;
- b) programas impostos à comunidade: são fundamentalmente autoritários, paternalistas ou estruturados e conduzidos de forma que encoraje grande dependência, servilismo e aceitação passiva de regulação e decisões externas e que a longo prazo minam o dinamismo da comunidade.

Por outro lado, há uma diminuta chance de que todos os pequenos agricultores possam, por eles mesmos, resolver seus problemas. Assentar pequenos agricultores é uma tarefa difícil. A agricultura não pode competir fortemente com a indústria ou

com o comércio. Conseqüentemente, tem-se que procurar um equilíbrio no meio termo, entre um programa imposto e um programa de apoio à comunidade.

Para cada caso específico ou atividade de assentamento agrícola, as implicações globais devem ser consideradas, especialmente as ligações potenciais entre o ganho de um pequeno projeto e o seu efeito em outros assuntos do desenvolvimento.

Técnicos

Os técnicos relacionados com os assentamentos, nas suas várias modalidades, são, de certa forma, os intermediários entre o campo e a cidade, entre a sociedade rural e a urbana, entre o rural e o cidadão. A desvinculação entre uma e outra, formando na sociedade dois conjuntos quase disjuntos em muitos aspectos, enfatiza a gravidade da situação. É neste contexto que o técnico atua. O poder político do campo, por exemplo, através dos chamados barões do café (e esse título parece aplicar-se melhor aos cidadãos que lucravam com o comércio do café do que aos fazendeiros propriamente ditos), já não existe mais. Hoje, a construção civil, as indústrias, os bancos e o comércio têm domínio completo da situação. Eles elegem e ditam a política. Para a sociedade não houve grande diferença, exceto pelo fato de o caos estar nas grandes cidades.

Além das pressões das entidades citadas, há também um certo descompasso no papel que os técnicos representam. As políticas públicas para o setor têm sido tímidas e freqüentemente mal orientadas. Houve, por exemplo, nas décadas de 60 e 70, uma ênfase demasiada no modelo de agricultura empresarial, visando à exportação. Isso excluiu a maior parte dos agricultores brasileiros. A comunidade técnica assinava todo esse processo sem contradizer, argumentar ou discutir. Nesse processo, até entidades fundamentais referentes aos pequenos agricultores, como a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (Embrater), foram eliminadas, num demonstrativo da pouca importância dada à pequena agricultura. Nenhuma dessas iniciativas foi tomada sem algum suporte técnico. Assim, os técnicos

brasileiros ligados à agropecuária têm tido, ao longo da história, uma participação algo alienada, muito simplista em relação aos problemas (Quadro 5).

Os campos de cultivo da pequena agricultura são pequenos, aquém de possibilidades razoáveis de mapeamento. Assim, a construção de chaves simplificadas de ambientes com o uso de indicadores facilmente perceptíveis pelas comunidades locais poderia ser uma ferramenta preciosa de comunicação entre técnicos e comunidades, facilitando a participação direta, e, muito importante, a descentralização de decisões, evitando que estas sejam tomadas unicamente longe da situação real.

É possível que, nos tempos atuais, quando há mais aberturas para a análise mais profunda, mais holística, haja necessidade de um maior envolvimento dos técnicos na orientação das políticas públicas, visando o bem-estar da sociedade rural e urbana: a sustentabilidade.

Sociedade e políticas públicas

Tudo é um balanço de custos-benefícios. Cabe à sociedade atual decidir que modelo seguir, que esforço ou empenho deve empregar nos vários setores das atividades para que otimize as relações homem-natureza. As decisões da sociedade e a elaboração de políticas públicas dependem das informações geradas na fonte dos processos. Cabe, assim, aos técnicos informar bem para que as decisões com os menores riscos e com maiores chances de otimização tenham precedência. Num sistema complexo, como são os agroecossistemas, envolvendo os recursos naturais e o próprio homem, não é possível uma só pessoa ter visão completa para sugerir uma legislação consistente sobre determinado setor. Há necessidade de discussão de argumentos prós e contras, de estudos conscienciosos e, sobretudo, de coerência lógica nas análises. O número de variáveis, a dificuldade de extrapolação de relações no tempo e no espaço e o surgimento de propriedades emergentes, além de um grande número de relações qualitativas e catastróficas (por exemplo, eventos climáticos ou fitossanitários; além, é óbvio, dos de mercado) tor-

nam as predições muito problemáticas. Para minimizar esses problemas, além do estudo minucioso, há absoluta necessidade de ouvir e envolver as comunidades locais, vivenciadoras e executoras finais de quaisquer políticas. Nesses sistemas nem sempre o saber é o bastante. O saber tende a ser pontual, restrito, isolado; a sabedoria, em contrapartida, pode dar o senso de balanço, de oportunismo sadio, para que as decisões tragam a melhor otimização nas relações homem-natureza. Essas relações quase nunca são otimizadas no máximo de retorno econômico medido setorialmente. Cabe à sociedade, alimentada pelos técnicos, decidir onde aplicar esforço visando ao bem-estar geral.

CONCLUSÃO

- A microbacia por já estar fisicamente integrada facilita o trabalho de integração de atividades;
- para que haja desenvolvimento sustentável é necessário que as relações campo-cidade sejam revistas;
- a pequena agricultura, ainda que familiar-empresarial, tende a estimular os pequenos e médios sítios urbanos em contraposição à megalópole;
- a legislação restritiva de uso da terra atinge principalmente o pequeno agricultor, com pouco ou nenhum impacto sobre o agricultor empresarial;
- a prioridade para a conservação e uso da água pode tornar o pequeno agricultor um produtor de água, recebendo da sociedade urbana e industrial por isso;
- os assentamentos devem priorizar áreas que minimizem a deficiência de nutrientes: as áreas de solos eutróficos e as de solos distróficos mas conservadores de nutrientes;
- as chaves de identificação de ambientes e o uso de indicadores locais podem ajudar na interação técnicos-comunidade e no processo de descentralização;
- os técnicos são os intermediários naturais entre agricultores e administração pública; deles deve depender a orientação segura para políticas públicas específicas;

- a grande dificuldade que temos para o associativismo exige uma atuação do poder público no estímulo e tutela cuidadosa desse processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. **Agroecologia, as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. 237p.
- BENINCASA, M. **Efeito de rampas com diferentes declividades e exposições norte e sul de uma bacia hidrográfica sobre o microclima e produtividade biológica do *Sorghum bicolor* (L) Moench**. Jaboticabal: UNESP - Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia, 1976. 109p. Tese (Livro Docência) – Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia, Universidade Estadual Paulista, 1976.
- CERQUEIRA, A. F. **Estratificação de ambientes do município de Venda Nova do Imigrante, ES**. Viçosa: UFV, 1995. 210p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- DAKER, A. **A água na agricultura: manual de hidráulica agrícola**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1976. 453p.
- FRANCELINO, M.R. **Caracterização e avaliação das áreas de reservas de recursos em projetos de assentamentos no semi-árido norte Rio Grandense**. Viçosa: UFV, 2000. 169p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- GIPS, T. What is sustainable agriculture? In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS, 6, 1986, Santa Cruz. **Proceedings...** Santa Cruz: University of California, 1986. v.1, p.63-74.
- GOMES, S.T. **Condicionantes da modernização do pequeno agricultor**. São Paulo: IPE/USP, 1986. 181p. (IPE/USP. Ensaio Econômicos, 60).
- GUIMARÃES, A.P. **A crise agrária**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1982. 362p. (Coleção O Mundo Hoje, 29).
- HOLANDA, S.B. **Raízes do Brasil**. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1973. 155p. (Coleção Documentos Brasileiros, 1).
- LANI, J.L.; REZENDE, S.B. de; RESENDE, M. **Ecosistema agrícola da microbacia do Córrego da Brisa – Alegre, Espírito Santo**. **Revista Ceres**, Viçosa, v.42, n.239, p.25-37, jan./fev. 1995.
- MOREIRA, J.O.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; RESENDE, M.; CÂNDIDO, J.F.; LUDWIG, A. **Eficiência de parâmetros quantitativos na avaliação das pastagens naturais das unidades de pedopaisagens côncava e convexa, no município de Viçosa – MG**. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.11, n.3, p.469-487, 1982.
- NOSSO futuro comum. Rio de Janeiro: FGV/CMMAD, 1998. 96p.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Discos CBS, 1985. 434p.
- PASSOS, A.C. Pontos de interseção entre a legislação agrária e a legislação ambiental. In: SEMINÁRIO SOBRE REFORMA AGRÁRIA E MEIO AMBIENTE, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INCRA, 2000. p.11-13.
- PIMENTEL, J.C.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; RESENDE, M.; EUCLYDES, R.F.; CÂNDIDO, J.F. **Caracterização das pastagens naturais das pedopaisagens côncava e convexa do Planalto de Viçosa-MG**. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.11, n.1, p.168-187, 1982.
- RESENDE, M. **Anotações de viagem a algumas caatingas**. Recife: Instituto de Ecologia Humana, 1992. 43p. Mimeografado.
- RESENDE, M. O manejo do solo na agricultura sustentável. In: ALMEIDA, J.; NAVARRO, Z. (Ed.). **Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva de um desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre: UFRS, 1997. p.253-288.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 3.ed. Viçosa: NEPUT, 1999. 338p.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; SANTANA, D.P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação/Lavras: Esal/Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81p.
- RESENDE, M.; REZENDE, S. B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9, n.105, p.3-25, set. 1983.
- REZENDE, S.B. de; RESENDE, M.; GALLOWAY, H.M. **Crono-topossequências de solos em Viçosa, Minas Gerais**. **Revista Ceres**, Viçosa, v.19, n.103, p.167-181, maio/jun. 1972.
- STOCKING, M.; RESENDE, M.; FEITOZA, L.R. **Information system: needs, deeds and priorities**. In: FEITOZA, L.R.; STOCKING, M.; RESENDE, M. (Ed.). **Natural resources information systems for rural development**. Vitória: EMCAPER, 2000. p.1-17.
- WERNER, D. **The village health worker: lackey or liberator?** In: WORLD HEALTH FORUM, 1981, London. London: The Stationary Office, 1981. v.2. p.46-68.

Tratamento de esgotos em áreas rurais

Cláudio Milton Montenegro Campos¹

Resumo - Conceitua-se poluição hídrica de lagos, rios, lençóis freáticos e subterrâneos. São mencionados os principais tipos de sistemas de tratamento de esgotos que, pela simplicidade construtiva e operacional, se adaptam às necessidades do meio rural. Descrevem-se as vantagens do processo anaeróbio sobre o aeróbio em termos energéticos e de manutenção. Abordam-se as etapas de dimensionamento com cálculo esquemático de fossas sépticas e de câmara única utilizando como pós-tratamento filtro anaeróbio. Descreve-se a operação e a sua importância no contexto ambiental.

Palavras-chave: Poluição; Processo anaeróbio; Fossa-séptica; Filtro anaeróbio; Sistema de tratamento.

INTRODUÇÃO

Todas as águas servidas são também denominadas esgotos ou águas residuárias, por possuírem em sua composição resíduos sólidos, tanto em suspensão como dissolvidos. São de origem doméstica, industrial, agroindustrial e agrícola. Estas águas, quando lançadas diretamente sem qualquer tratamento, poderão afetar de maneira adversa as microbacias, o solo, os lençóis subterrâneos, os corpos d'água receptores etc. Caso tais mudanças alterem a qualidade da água para o seu uso mais nobre, é dito que esta foi poluída. Portanto, qualquer alteração física, química ou biológica das propriedades da água, concorrendo para degradação da sua qualidade é denominada poluição hídrica.

O conceito legal no Brasil está vinculado ao Decreto Federal 50.877, 29 de junho de 1961, artigo 3º, em que se lê: "Poluição hídrica é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas das águas, que possa importar em prejuízo à saúde, à segurança e ao bem-estar das populações e ainda comprometer a utilização para fins agrícolas, industriais, comerciais, recreativos e, principalmente, à existência normal da vida aquática" (Pompeu, 1976).

POLUENTES MAIS COMUNS

Dentre os poluentes mais comuns, temos: matéria orgânica, substâncias inorgânicas, substâncias tóxicas, sais não tóxicos e substâncias antiestéticas. A matéria orgânica normalmente pode causar a desoxigenação da água do corpo receptor. Isso ocorre através da decomposição da matéria orgânica que se dá via microrganismos aeróbios (que dependem do oxigênio), anaeróbios (que não dependem de oxigênio), e facultativos (que funcionam como aeróbios ou anaeróbios) presentes na água.

A queda do oxigênio depende de fatores físicos inerentes aos corpos d'água, que afetam irreversivelmente a fauna e flora aquática. Quando a quantidade de matéria orgânica introduzida ultrapassa a capacidade de autodepuração do corpo d'água, a deteriorização poderá chegar a níveis anaeróbios (falta de oxigênio livre no meio), causando assim aspectos desagradáveis, como escurecimento do líquido, produção de gases malcheirosos, principalmente o gás sulfídrico (H_2S), responsável pelo odor característico de ovos podres.

Os principais poluentes orgânicos são: esgotos humanos, dejetos de animais, efluentes não tratados de agroindústrias, como:

alimentícia, curtume, laticínio, matadouro, abatedores de aves etc.

Dentre as substâncias inorgânicas fazem parte os sólidos em suspensão inertes, siltes, argilas, óleos minerais, resíduos de mineração. Estes compostos provocam turbidez que reduz ou, muitas vezes, anula a penetração dos raios solares, impedindo assim a fotossíntese de plantas aquáticas e algas. Os sólidos (particulados) decantáveis depositam-se sobre os mais diversos organismos vivos atrapalhando, muitas vezes, suas atividades biológicas.

Existem várias substâncias tóxicas que afetam a vida aquática. Dentre elas os metais pesados, ácidos, álcalis, pesticidas etc. Os metais pesados como, por exemplo, mercúrio, zinco, cobre e muitos outros, podem-se tornar letais devido à capacidade que possuem de formar compostos estáveis, os quais podem permanecer na cadeia alimentar.

A variação do pH pode causar variação de toxidez em meios ricos em compostos nitrogenados. Caso o pH caia, a amônia tende a permanecer no meio aquoso como amônia livre (NH_3), sendo muito mais tóxica que em sua forma iônica (NH_4^+), a qual prevalece em condição alcalina (pH elevado). O acúmulo de sais não tóxicos em

¹Eng^o Civil, Ph.D. Engenharia Sanitária e Ambiental, Prof. Adj. UFLA-DER, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras-MG. E-mail: cmcampos@ufla.br

corpos d'água, oriundos de águas servidas, traz sérios problemas ao reuso destas águas. Sais como o cloreto de sódio (sal de cozinha) e outros, não são retidos em tratamentos de águas e esgotos convencionais, podendo prejudicar, quando em altos teores, a utilização das águas para fins domésticos, comerciais, industriais e agrícolas.

Os fosfatos e compostos nitrogenados são os maiores responsáveis pelo fenômeno de eutrofização, ou seja, excesso de nutrientes, os quais colaboram diretamente para o crescimento exagerado de algas. Os fosfatos normalmente são originados de detergentes sintéticos e também do escoamento superficial de solos agrícolas fertilizados quimicamente. O mesmo ocorre com o nitrogênio amoniacal, normalmente proveniente de fertilizantes agrícolas, transportados aos corpos receptores através de escoamento superficial.

A presença de substâncias antiestéticas que causam mudança de cor, formação de espumas, acentua o odor e o gosto, pode ser nociva à saúde e prejudicar direta ou indiretamente a vida aquática. Estas substâncias são, na sua maioria, compostos industriais complexos provenientes de lavagem, esterilização etc.

QUANTIFICAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

Neste trabalho apenas o tratamento da matéria orgânica será abordado.

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

O teste de DQO é amplamente utilizado para caracterizar a quantidade de matéria orgânica em águas residuárias e também em corpos d'água naturais. De maneira sucinta o teste mede a quantidade de oxigênio requerido para oxidar quimicamente a matéria orgânica de uma amostra, em dióxido de carbono e água.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Semelhante ao DQO, o teste de DBO também mede a quantidade de matéria orgânica, todavia, apenas a parte biodegradável. Neste teste, uma colônia de mi-

croorganismos (inóculo) é introduzida na amostra, a fim de se determinar o percentual da matéria orgânica biologicamente degradável. Esta última análise determina, de maneira mais acurada, a eficiência dos sistemas de tratamento biológico. Quanto maior for a relação DBO/DQO de uma determinada água residuária, mais facilmente este efluente líquido será tratado biologicamente.

Características de efluentes industriais e agroindustriais

Dentro das mais variadas indústrias e agroindústrias existe uma variação do potencial poluidor, medido em termos de DQO e DBO. O Quadro 1 mostra diversas agroindústrias e indústrias e suas respectivas análises de DBO, DQO, Sólidos Suspensos e Óleos e Graxas.

Nos exemplos 1 e 2 a seguir, é quantificada a poluição de um laticínio e um matadouro, respectivamente. A poluição produzida é então comparada ao de uma

população correspondente. Sabe-se que a contribuição por pessoa, em termos de DBO, é de 54g/pessoa.dia. Portanto, pode-se avaliar, a partir dos dados das agroindústrias, o equivalente populacional orgânico (EPO).

Exemplo 1

Uma indústria de laticínio, a qual processa empacotamento de leite e sorvetes, utiliza para tais operações cerca de 120.000kg de leite por dia. A quantidade de água residuária produzida diariamente é de 250m³/dia, e a concentração de DBO, medida neste efluente líquido é de 2.500mg/L. Qual o equivalente populacional orgânico (EPO) da produção de esgoto diária?

$$EPO = \frac{250m^3/d \times 2.500mg/L}{54g/pessoa.dia} = 11.574 \text{ pessoas}$$

Exemplo 2

Um frigorífico processa 700.000kg de carne por dia. O sangue e as vísceras são convertidos através de autoclaves em in-

QUADRO 1 - Características de efluentes industriais e agroindustriais

Agroindústrias e indústrias	Vazão (m ³ /d)	DBO ₅		Sólidos suspensos		DQO (mg/L)	Graxas (mg/L)
		mg/L	kg/dia	mg/L	kg/dia		
Carne	10.000	1.300	13.000	960	9.600	2.500	460
Óleo de soja	3.980	220	880	140	560	440	-
Borracha	1.580	200	310	250	390	300	-
Sorvete	1.150	910	1.050	260	300	1.830	-
Queijaria	917	3.160	2.900	970	890	5.600	-
Metais	900	8	7	27	24	36	-
Carpete	858	140	120	60	51	490	-
Doces	814	1.560	1.270	260	210	2.960	200
Motores	779	30	23	26	20	70	-
Batata frita	753	600	450	680	510	1.260	-
Farinha	693	330	230	330	250	570	-
Laticínio	543	1.400	760	310	170	3.290	-
Lavanderia	417	700	290	450	190	2.400	520
Farmacêutica	339	270	91	150	50	390	160
Produção de ovos	294	200	59	310	90	450	-
Carnes	174	270	47	60	10	420	-
Refrigerantes	133	480	64	480	64	1.000	-
Engarrafamento de leite	106	230	24	110	12	420	-

FONTE: Dados básicos: Hammer (1986).

gredientes para ração animal. A gordura é recuperada e vendida como sebo para fábricas de sabão. Os dejetos indesejáveis (resíduos estomacais e esterco) são tratados de forma tercerizada. O frigorífico gera um volume de água residuária de 6.200m³/dia, com concentração de DBO de 2.450mg/L. Como se calcula o equivalente populacional orgânico (EPO)?

$$EPO = \frac{6.200\text{m}^3/\text{dia} \times 2.450\text{mgDBO}_5/\text{L}}{54\text{gDBO}_5/\text{pessoa.dia}} = 281.296 \text{ pessoas}$$

Pode-se observar que, quando uma sub-bacia possui um laticínio e um frigorífico, semelhantes àqueles fornecidos nos exemplos 1 e 2, e supondo que estes não possuam tratamento de suas águas residuárias, a poluição produzida é semelhante a de uma cidade, com uma população de 292.870 pessoas.

ETAPAS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

- tratamento preliminar (remoção de material grosseiro e arenoso). Gradeamento e caixa de areia.
- tratamento primário - decantação primária (sedimentação dos sólidos em suspensão). Fossas sépticas; tanque de decantação; lagoas anaeróbias.

Obs.: O principal objetivo deste tratamento é produzir um efluente clarificado, com baixas concentrações de sólidos em suspensão.

- tratamento secundário - sistemas de tratamento biológico:
 - aeróbios (necessidade de introdução de oxigênio), os principais são: sistemas de lodos ativados; aeração prolongada; bateladas; filtros biológicos; lagoas aeradas.
 - anaeróbios (não há necessidade de introdução de oxigênio). Reator anaeróbio de manta de lodo (RAMAL) ou internacionalmente denominado "upflow anaerobic sludge blanket" (UASB); filtro anaeróbio.

Neste artigo será dado ênfase ao sistema de fossas sépticas, com pós-tratamento utilizando-se filtros anaeróbios.

Fossas sépticas (tanques sépticos)

As fossas sépticas são classificadas como tanques decantadores e, conforme dito anteriormente, fazem parte do processo de tratamento primário de águas residuárias. A sedimentação ou decantação é uma operação física de separação de partículas sólidas com densidade superior a do líquido circundante. Em uma fossa séptica cuja velocidade do líquido é baixa, as partículas tendem a ir para o fundo sob a influência da gravidade. O líquido sobrenadante torna-se então clarificado, enquanto as partículas sedimentadas formam uma camada de lodo, a qual auxilia na decomposição anaeróbia da matéria orgânica presente no efluente.

A ausência total ou parcial dos serviços públicos de esgotos sanitários nas áreas urbanas, suburbanas e rurais, exige a implantação de algum meio de disposição dos esgotos para evitar a contaminação tanto do solo quanto da água. No Brasil, a defasagem na implantação desses serviços públicos em relação ao crescimento populacional, permite prever que soluções individuais serão ampla e permanentemente

adotadas. Para Dacach (1979) e Pessôa & Jordão (1982), este processo patenteado há mais de um século deverá perdurar por mais um outro, como solução econômica para residências isoladas. Dentre as vantagens das fossas sépticas, pode-se destacar, entre outras, a sua utilização como tratamento primário, podendo seu efluente ser disposto diretamente no solo através de: infiltração lenta (irrigação), infiltração rápida (reabastecimento da água subterrânea), infiltração subsuperficial (valas de infiltração, valas de filtração e sumidouros) e aplicação com escoamento superficial, através de aspersores de baixa e alta pressão.

Jean Louis Mouras, em 1860, construiu na cidade de Vesoul, na França, um tanque hermético no qual o esgoto ficou retido por 12 anos. Após este tempo, o tanque foi aberto, e foi observado que a quantidade de material sólido era muito menor do que o estimado. Isso levou Mouras a fazer uma série de pesquisas, patenteando seu invento em 1881. Na Inglaterra foi modificado e recebeu o nome de fossas hidrolíticas. Posteriormente, após os estudos de Karl Imhoff, na Alemanha, foi ainda mais aprimorado dando origem aos tanques Imhoff, conhecidos e empregados no mundo inteiro. As Figuras 41 e 42 mostram detalhes construtivos de fossas sépticas de câmara única.

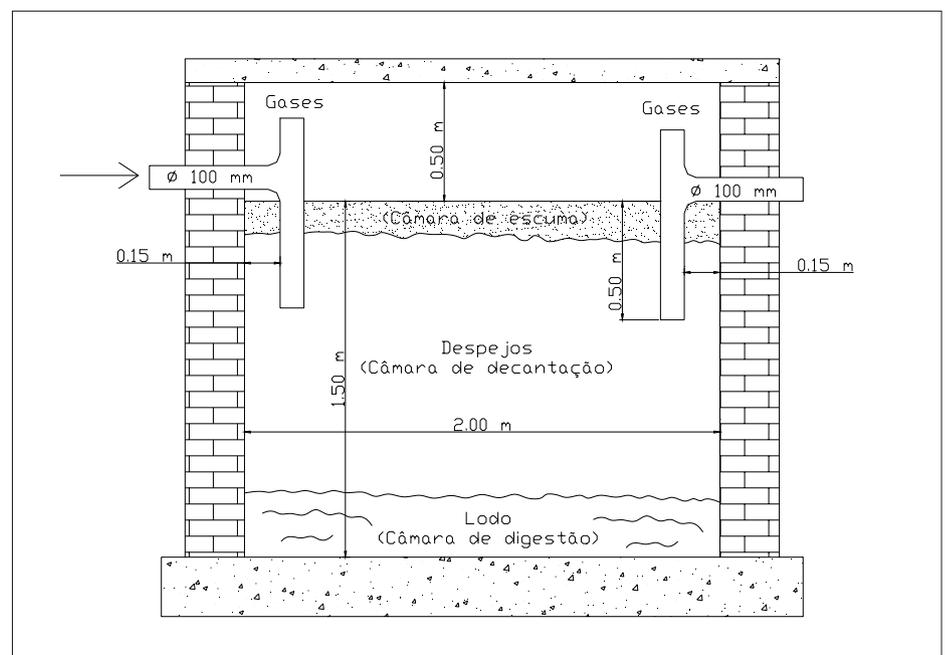


Figura 41 - Desenho esquemático de uma fossa séptica de câmara única

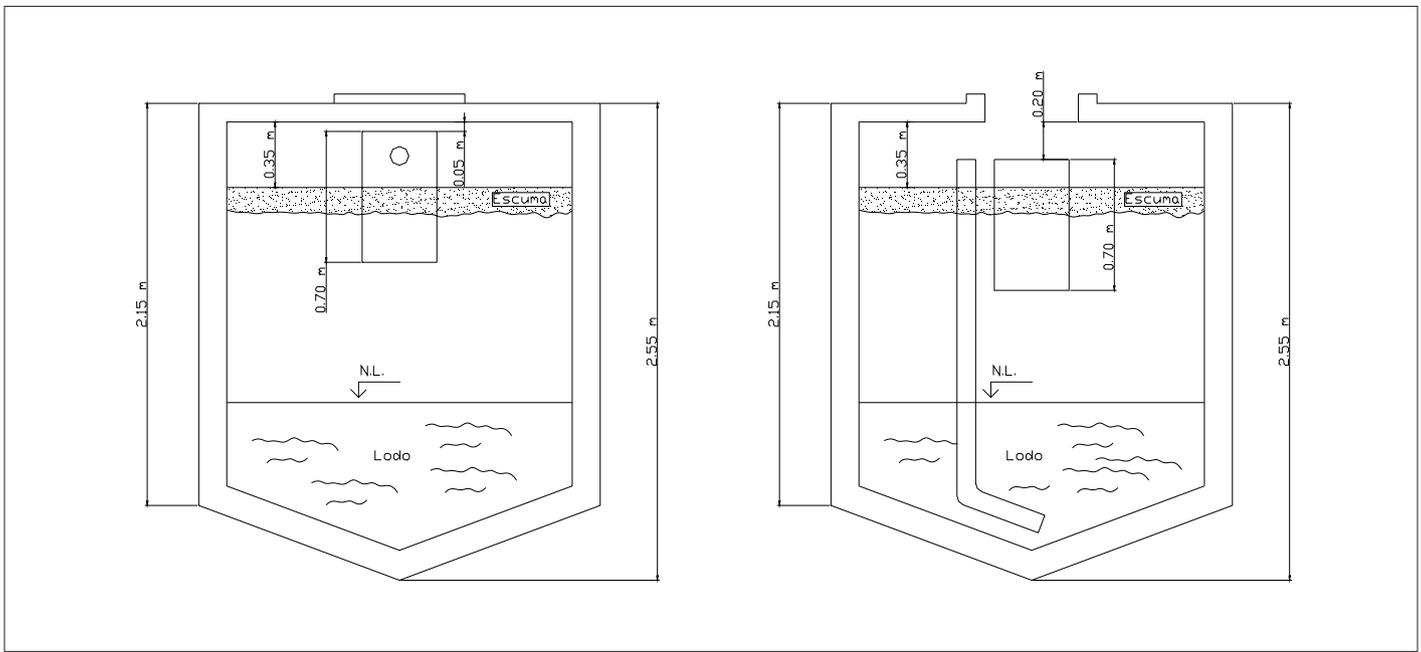


Figura 42 - Cortes esquemáticos de uma fossa séptica de câmara única

A fossa séptica é um dispositivo de tratamento anaeróbico de esgotos em nível primário, de baixo custo, capaz de remover parte dos sólidos e matéria orgânica do afluente. Deverá cumprir os seguintes propósitos:

- impedir a poluição hídrica dos mananciais destinados ao abastecimento;
- não prejudicar as condições de vida aquática nos corpos receptores;
- não alterar as condições de balneabilidade de praias, rios, lagos e represas;
- não poluir águas destinadas à dessedimentação de rebanhos, irrigação de lavouras, etc.;
- servir como sistema de tratamento primário para o efluente antes de ser lançado no solo.

Funcionamento

As fossas sépticas são construídas para decantar sólidos e remover materiais graxos contidos nos esgotos, transformando-os bioquimicamente em substâncias e compostos mais simples e estáveis. O funcionamento das fossas sépticas pode ser interpretado nas seguintes fases:

- retenção: o esgoto é retido na fossa

por um período preestabelecido, que pode variar de 12 a 24 horas de acordo com a NBR 7299/82 e 7229/93 (ABNT, 1982, 1993), dependendo evidentemente das características do esgoto;

- decantação: em conjunto com a fase anterior, ocorre a sedimentação de 60% a 70% dos sólidos em suspensão, formando uma substância densa (lodo). Na parte superior forma-se a espuma, composta de partículas de lodo, gorduras e outros compostos de baixa densidade, misturados ao biogás gerado nas partes inferiores;
- digestão anaeróbica: o lodo decantado, composto de bactérias anaeróbias e facultativas, decompõe a matéria orgânica para sua autonutrição. O fenômeno de digestão anaeróbia ocorre em três estádios principais: hidrólização, acidificação e metanificação.

Tipos de fossa séptica

- fossa séptica de câmara única (cilíndrica ou prismática) (Fig. 42);
- fossa séptica de câmaras em série (normalmente prismáticas);

- fossa séptica de câmaras sobrepostas (cilíndricas ou prismáticas).

Dimensionamento

De acordo com a NBR 7229/1993 (ABNT, 1993), o dimensionamento de fossas sépticas poderá ser realizado através da seguinte equação:

$$V = 1.000 + N \times (C \times TDH + L_f \times K),$$

em que:

V = volume útil (litros);

N = número de contribuintes;

C = cota de contribuição *per capita* - litro/pessoa . dia (Quadro 2);

TDH = tempo de retenção em dias (Quadro 3);

L_f = contribuição de lodo fresco por pessoa - litro/pessoa . dia (Quadro 2);

K = taxa de acumulação de lodo em função da temperatura (Quadro 4).

Parâmetros básicos de projeto de fossas de câmara única

Tempo de retenção hidráulico:

Até 1.500L/dia => 24 horas ou 1 dia.

Acima de 9 mil hab. => 12 horas ou 0,5 dia

QUADRO 2 - Contribuições unitárias de esgotos por tipo de edificação e de ocupantes

Edificação	Unidade	Contribuição (C) (litros/unidade.dia)	Lodo fresco (Lf) (litros/unidade.dia)
Ocupantes permanentes			
Residência padrão alto	Pessoa	160	1
Residência padrão médio	Pessoa	130	1
Residência padrão baixo	Pessoa	100	1
Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	Pessoa	100	1
Alojamento provisório	Pessoa	80	1
Ocupantes temporários			
Fábrica em geral	Pessoa	70	0,30
Escritório	Pessoa	50	0,20
Edifícios públicos e comerciais	Pessoa	50	0,20
Escolas (externatos)	Pessoa	50	0,20
Bares	Pessoa	6	0,10
Restaurantes e lanchonetes	Pessoa	25	0,10
Cinemas, teatros e similares	Assento	2	0,02
Sanitários públicos	Vaso sanitário	480	4,00

Para fossas sépticas de forma cilíndrica:

- a) diâmetro interno mínimo - $d = 1,10$ m;
- b) profundidade interna mínima e máxima (Quadro 5).

QUADRO 5 - Profundidades das fossas sépticas em função dos volumes úteis

Volume útil (m ³)	Profundidade útil (m)	
	Mínima	Máxima
Até 6,0	1,20	2,20
6,0 a 10,0	1,50	2,50
Acima de 10,0	1,80	2,80

Para fossas sépticas de forma prismática retangular:

- a) largura interna mínima - $b = 0,80$ m;
- b) relação entre comprimento - L e largura - b: $2 \leq L/b \leq 4$;
- c) profundidade mínima útil - $h = 1,20$ m;
- d) profundidade máxima útil - $h = 2,80$ m;
- e) em função do volume útil observar a profundidade (Quadro 5).

QUADRO 3 - Tempo de detenção hidráulica dos esgotos em função da vazão diária

Contribuição diária (Q) (litros/dia)	Tempo de detenção hidráulica (TDH)	
	Dias	Horas
Até 1.500	1,00	24
1.501 a 3.000	0,92	22
3.001 a 4.500	0,83	20
4.501 a 6.000	0,75	18
6.001 a 7.500	0,67	16
7.501 a 9.000	0,58	14
Acima de 9.000	0,50	12

Parâmetros básicos de projeto de fossas de câmaras sobrepostas

- Volume útil mínimo admissível:
 $V = 1.350$ litros.

Para fossas sépticas de forma cilíndrica:

- a) diâmetro interno mínimo - $d = 1,20$ m;
- b) profundidade interna mínima - $h = 1,20$ m.

Para fossas sépticas de forma prismática retangular:

- a) largura interna mínima - $b = 0,80$ m;
- b) profundidade mínima útil - $h = 1,20$ m.

- Volume mínimo para câmara de decantação: $V = 500$ litros.

Inclinação das abas inferiores da câmara de decantação: $I = 1,2 : 1$

Espaçamento mínimo entre as abas decantação: $E = 0,10$ m.

Sobreposição das abas: inclinadas de tal maneira que impeçam a penetração de gases

QUADRO 4 - Taxa (K) de acumulação de lodo digerido na fossa séptica

Intervalo de limpeza (anos)	Valores de K, em dias, para cada faixa de temperatura		
	$t \leq 10^{\circ}\text{C}$	$10^{\circ} < t \leq 20^{\circ}\text{C}$	$t > 10^{\circ}\text{C}$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fossa séptica de câmaras em série
Dados referentes ao processo construtivo:

- a) volume útil mínimo admissível é de 1.650 litros;
- b) largura interna mínima (b) - 0,80m;
- c) profundidade útil mínima (h) - 1,20m;
- d) relação entre comprimento e largura $2 \leq L/b \leq 4$;
- e) largura interna $b \leq 2 h$;
- f) a primeira e a segunda câmara devem ter volume útil de 2/3 e 1/3 do volume útil total, respectivamente;
- g) comprimento da primeira câmara é de 2/3 L, enquanto da segunda é de 1/3 de L;
- h) as bordas superiores das aberturas de passagem entre câmaras devem estar, no mínimo, 0,30m abaixo do nível do líquido;
- i) a área total das aberturas de passagem entre câmaras deve ser de 5% a 10% da seção transversal útil da fossa séptica.

Eficiência das fossas sépticas

- a) as fossas sépticas não são capazes de purificar o esgoto satisfatoriamente, apenas reduzem a carga para posterior tratamento;
- b) o efluente apresenta coloração escura devido ao alto teor de sólidos em suspensão, e maus odores, devido à presença de gases mercaptanos do tipo H_2S e CH_4 ;
- c) por não haver manutenção sistemática, como retirada do lodo excedente, a eficiência do sistema poderá deteriorar-se gradualmente;
- d) os parâmetros de análise de eficiência das fossas sépticas estão relacionados apenas com os sólidos em suspensão e DBO. Outros parâmetros só são exigidos em casos especiais, como em indústrias etc;
- e) as fossas têm demonstrado eficiência média na remoção de DBO e sólidos variando de 15% a 60%;
- f) os sabões e detergentes normalmente empregados não demonstram ter influência sobre a eficiência das fossas.

Inúmeras tentativas têm sido feitas para aprimorar as fossas sépticas, porém, a melhoria da eficiência é muito pequena, comparada aos custos envolvidos (custo - benefício). O projetista deve ter em mente que a fossa é um dispositivo de tratamento primário, portanto, sua eficiência teórica é em torno de 50%, em relação à remoção de DBO e sólidos em suspensão.

Em resumo as fossas sépticas têm sua eficiência afetada pelos seguintes fatores:

- a) falta de manutenção;
- b) aumento da carga de esgoto de maneira arbitrária;
- c) deficiência de projeto;

d) produtos bactericidas e bacteriostáticos lançados no esgoto.

Principais meios de disposição de efluentes de fossa

- a) diluição em corpos d'água receptores para posterior autodepuração;
- b) solos;
- c) sumidouro;
- d) vala de infiltração;
- e) vala de filtração;
- f) filtro de areia;
- g) filtro anaeróbio.

As Figuras 43 e 44 mostram vala de infiltração e sumidouro, respectivamente.

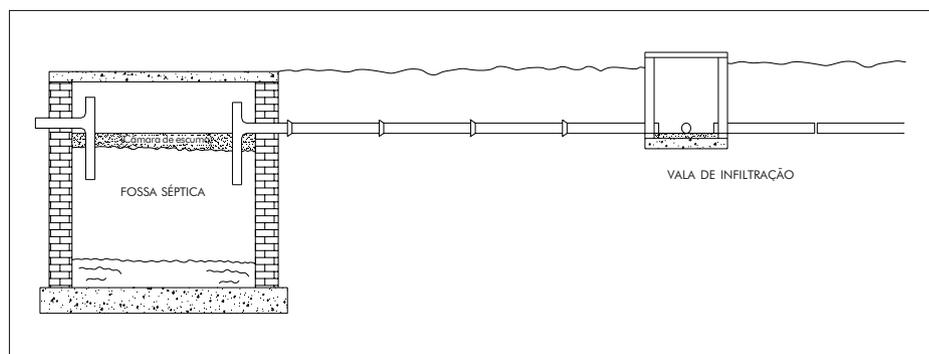


Figura 43 - Vista lateral em corte de uma fossa de câmara única e da vala de infiltração

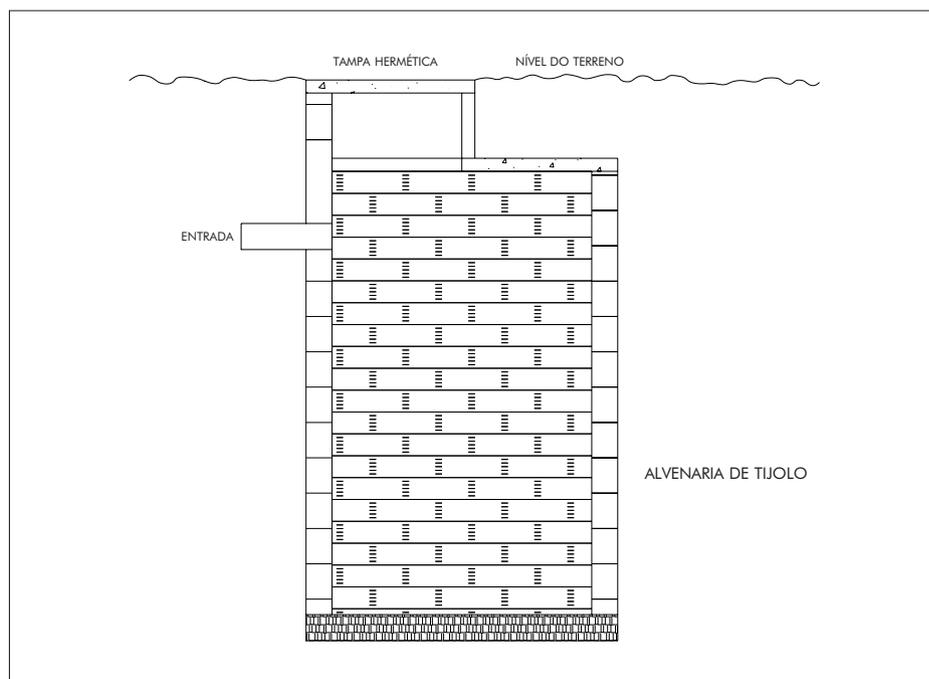


Figura 44 - Vista lateral em corte de um sumidouro convencional construído com tijolos maciços

Cuidados básicos na disposição dos efluentes de fossas sépticas

- verificação do tipo de solo;
- distância do lençol freático;
- probabilidade de contaminações direta e indireta das águas de abastecimento público;
- área de alcance, vertical e horizontal, do material poluidor transportado.

O exemplo 3 a seguir demonstra a simplicidade dos cálculos no dimensionamento de uma fossa convencional para atender até 100 pessoas.

Exemplo 3

Dimensionar um sistema de tratamento primário, através de fossa séptica, para 100 pessoas de padrão elevado, considerando o intervalo de limpeza da fossa de dois anos e temperatura ambiente média de 23°C. A DBO do esgoto afluente é de 300mg/L, e a eficiência estimada da fossa é de 50%. O projeto deverá seguir a NBR 7229/93 (ABNT, 1993).

Solução:

$C = 160$ litros / pessoa.d (Quadro 2);

$L_f = 1,0$ litros / pessoa.d (Quadro 2);

$Q = 100$ pessoas x 160 litros / pessoa.d
= 16.000 litros/d;

$TDH = 0,50$ dias ou 12 horas (Quadro 3);

$K = 97$ dias (Quadro 4);

$V = 1.000 + 100$ pessoas x (160 litros /
pessoa.dia x 0,50 dias + 1,0 litro /
pessoa.dia x 97 dias);

$V = 18.700$ litros = 18,7 m³.

Para determinação das dimensões físicas da fossa, verificar os parâmetros dispostos no Quadro 5.

Disposição de efluentes de fossa

Para que as águas residuárias municipais possam ser lançadas em corpos d'água, ou em recargas de lençóis subterrâneos, é necessário pelo menos o tratamento biológico secundário, conforme legislação vigente (Conama, 1990). A diluição de

efluentes de fossas sépticas é fundamental para permitir o reuso indireto para abastecimento público. Para reuso direto, é necessário o tratamento de esgotos em nível avançado ou comumente denominado terciário, com remoção de compostos nitrogenados, fósforo, coliformes e metais pesados. Entre os vários tipos de disposição final de efluentes de fossas sépticas descritos anteriormente, apenas será descrito o filtro anaeróbio por ser este sistema o mais adequado e indicado detalhadamente pela NBR 7229/82 (ABNT, 1982).

Filtro anaeróbio

O filtro anaeróbio teve grande divulgação após as experiências realizadas pelo famoso pesquisador Perry L. McCarty, da universidade de Stanford, Califórnia (EUA), entre 1963 e 1969. Mais recentemente, pesquisas têm sido feitas, e muitas alterações foram investigadas, como meios de suporte artificiais, fluxo de alimentação de ascendente para descendente etc.

Tanto a edição anterior da NB-41 de junho de 1980 (abnt, 1980) como a última NBR 7229/82 (ABNT, 1982) recomendaram os filtros anaeróbios como solução para o pós-condicionamento do efluente de fossas sépticas.

As justificativas são as seguintes:

- dotar o efluente líquido das fossas sépticas de características compatí-

veis com os padrões de qualidade exigidos para o corpo d'água receptor disponível;

- capacitar as normas de opção para os problemas gerados da inviabilidade de infiltração do efluente líquido proveniente das fossas no terreno. O desenho típico de um filtro anaeróbio pode ser visto na Figura 45.

Funcionamento

O filtro anaeróbio normalmente utiliza brita nº 4 como meio suporte, a fim de permitir aderência de microrganismos que formam uma camada microbiológica denominada biofilme. Os biofilmes formados nas superfícies do meio são capazes de remover do afluente o substrato necessário à sua manutenção energética. Durante o processo de digestão anaeróbia ocorre produção de biogás, de metano CH₄ e dióxido de carbono CO₂.

O biofilme que cresce de um consórcio de bactérias aclimatizadas é capaz de suportar maiores fluxos hidráulicos, sem ocorrerem em grandes eliminações de sólidos do sistema.

Entre os vazios do meio suporte, cresce também um lodo de boa qualidade denominado intersticial, que com o biofilme auxilia na remoção da matéria orgânica. Todavia o crescimento excessivo deste lodo

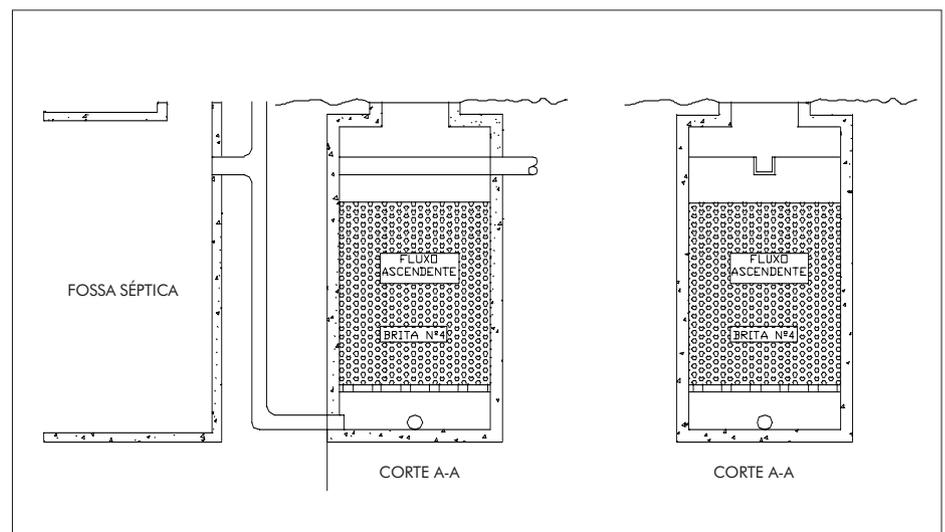


Figura 45 - Vista lateral em corte de um filtro anaeróbio associado a uma fossa séptica

poderá provocar obstrução do meio suporte, podendo ocorrer o fenômeno de colmatação.

A espessura do biofilme é função tanto do fluxo hidráulico, uma vez que a velocidade do líquido tende a cisalhá-lo, quanto da concentração do esgoto, já que quanto maior for a concentração maior a possibilidade de o alimento (esgoto) alcançar as bactérias localizadas nas partes mais interiores da camada do biofilme.

Aplicação dos filtros anaeróbios

O filtro anaeróbio é muito empregado em tratamento de esgotos domésticos, servindo para tratá-los diretamente ou para atuar como polimento das fossas sépticas. Também são empregados em efluentes industriais solúveis (biodegradáveis), como no caso de certas indústrias alimentícias.

Dimensionamento

ANBR 7229/82 (ABNT, 1982) preconiza para dimensionamento as seguintes formulações:

a) contribuição diária

$$Q = N \cdot C,$$

em que:

Q = vazão (m³/dia);

N = número de contribuintes;

C = contribuição *per capita* (L/hab.d).

b) volume útil

$$V = 1,6 \cdot Q \cdot TDH,$$

em que:

V = volume útil (m³);

TDH = tempo de detenção hidráulica (dias);

O coeficiente de 1,6 equivale a 60% a mais do volume, uma vez que deve ser desprezado o volume inerte ocupado pelo meio.

c) seção transversal

$$S = \frac{V}{1,80}$$

em que:

S = seção transversal (m²);

V = volume útil do filtro (m³);

h = profundidade máxima - 1,80 (m).

d) eficiência em função do tempo de detenção hidráulica (TDH) e da característica do sistema.

Chernicharo (1997) cita a equação a seguir determinada por Young (1991), como uma relação geral capaz de descrever a eficiência de filtros tratando diferentes efluentes.

$$E = 100 \times (1 - Sk \times TRH^{-m}),$$

em que:

E = eficiência (%);

Sk = coeficiente do sistema (0,87);

TRH = tempo de retenção hidráulica (h);

m = coeficiente do meio suporte (0,40 a 0,55, para britas m=0,50 e para meios sintéticos, m = 0,55).

e) eficiência em função da temperatura

A faixa ideal para operação é de 25°C a 35°C.

A eficiência do tratamento relacionada com a temperatura é dada pela Equação 6.5:

$$E_t = 1 - (1 - E_{30})^{\theta^{(t-30)}},$$

em que:

E_t = eficiência à temperatura t qualquer (°C);

E₃₀ = eficiência à temperatura de 30°C;

t = temperatura operacional (°C);

θ = coeficiente de temperatura (1,02 a 1,04).

A variação brusca de temperatura diminui muito a eficiência do sistema.

f) concentração final do efluente

$$DBO_{\text{eff.}} = DBO_{\text{afl.}} - \frac{E \times DBO_{\text{afl.}}}{100},$$

em que:

DBO_{eff.} = concentração da DBO efluente (mg/L);

DBO_{afl.} = concentração da DBO afluente (mg/L);

E = eficiência de remoção de DBO (%).

Carga orgânica volumétrica (COV) em termos de DQO e DBO

Em casos de tratamento de esgotos industriais, os filtros anaeróbios são dimensionados para cargas de DQO de até 16kg/m³.d. As cargas usuais chegam a no máximo 12kgDQO/m³.d. No caso de esgoto doméstico, a carga orgânica volumétrica normalmente aplicada é em torno de 0,40kgDBO/m³.d.

Detalhes construtivos de acordo com a NBR 7229/82 (ABNT, 1982).

- meio filtrante com granulometria uniforme: brita nº 4;
- profundidade (h) útil: máxima de 1,80m para qualquer volume de dimensionamento;
- filtro cilíndrico, diâmetro (d) mínimo é de 0,95m, filtros prismáticos, largura (L) mínima de 0,85m;
- diâmetro (d) máximo e a largura (L) máxima não devem ultrapassar o valor de três vezes a profundidade (h), ou seja, tanto d como $L \leq 5,40m$;
- volume útil mínimo é de 1.250 litros;
- a carga hidrostática mínima [diferença entre o nível de entrada (afluente) e o nível de saída (efluente)] é de 0,10m;
- fundo falso, na base dos filtros deverá haver aberturas de 3cm de diâmetro, espaçadas de 15cm entre si;
- as interligações deverão ser feitas com tubulações e peças não-corrosivas;
- o dispositivo de coleta do filtro deverá ter largura máxima de 10cm e comprimento idêntico ao tanque. Deverá se situar 30cm acima do meio suporta.

Eficiência

A eficiência de filtros anaeróbios empregados para polimento de fossas sépticas pode variar de 70% a 90%. Quando empregados como tratamento único, a eficiência é de 40% a 65%. A grande flutuação na eficiência está ligada à falta de manutenção, à remoção do lodo excedente e a deficiências na concepção do projeto. Os avanços concernentes aos materiais aplicados como meio de suporte também têm trazido melhoria na eficiência, além de produzir reatores mais leves. Dos diversos parâmetros de dimensionamento, o TDH é o que mais afeta a eficiência de remoção de DBO. O volume de vazios e a geometria do meio suporte afetam significativamente a eficiência, enquanto o acréscimo da área superficial do meio suporte nem tanto.

Fatores intervenientes do processo

- altura do meio suporte: a altura do meio suporte tem sido projetada para ocupar de 50% a 70% da altura do filtro, porém, alguns projetistas preferem ocupar toda a altura;
 - área específica do meio suporte: hoje já se encontram no mercado suportes confeccionados em plástico corrugado e em outros materiais de diversas formas e tamanhos, com área específica em torno de $100\text{m}^2/\text{m}^3$;
 - papel do meio suporte: o meio suporte, independente do material ou forma, atua como um separador de gases e sólidos e auxilia na uniformidade de distribuição. Melhora o contato entre esgoto e biomassa e permite também a retenção da biomassa (intersticial), dispersa, floculenta e/ou granulada.
- O meio suporte demanda cuidados especiais, e deverá ser sempre limpo com o aumento da perda de carga, indicativo de que está ocorrendo obstrução. Os filtros mais modernos empacotados com meio suporte plástico não têm apresentado problemas de entupimento.

Tendências atuais

As instalações mais recentes de filtros anaeróbios de fluxo ascendente têm sido do tipo híbrido, que contém, abaixo do meio suporte, uma região sem empacotamento que permite o desenvolvimento de biomassa granular. Segundo Young (1991), o meio suporte (empacotamento) não deverá exceder 2m e deverá ser colocado na parte superior 2/3 da altura do reator. Todavia maiores estudos deverão ser realizados a fim de que se possam obter parâmetros de dimensionamento mais confiáveis.

Recirculação

Não existe comprovação de que a recirculação do efluente aumenta a eficiência do sistema.

Velocidade superficial

Velocidade máxima de 2m/h, durante a partida não deverá ultrapassar a 0,4 m/h.

A marcha de cálculo para o dimensionamento de filtros anaeróbios de acordo com a NBR 7229/82 (ABNT, 1982) pode ser exposta como a seguir:

- estabelecer a contribuição *per capita* de esgotos (C). Caso não haja dados específicos, adotar dados do Quadro 2;
 - estimar a contribuição diária de esgotos (Q):
- $$Q = N \times C$$
- adotar o tempo de detenção hidráulica (TDH), de acordo com a vazão (Q) encontrada.

Calcular o volume do tanque séptico de acordo com a equação:

$$V = 1,60 \times Q \times \text{TDH}$$

- determinar a seção transversal do filtro – seção quadrada ou circular:

$$S = \frac{V}{1,80}$$

- utilizar a estimativa da eficiência em função do tempo de retenção hidráulica

e da característica do sistema:

$$E = 100 \times (1 - S_k \times \text{TRH}^m)$$

- utilizar a estimativa da concentração de DBO do efluente final:

$$\text{DBO}_{\text{eff.}} = \text{DBO}_{\text{aff.}} - \frac{E \times \text{DBO}_{\text{aff.}}}{100}$$

- verificar a velocidade (superficial) ascendente:

$$V_s = Q/S \Rightarrow V_s \leq 2 \text{ m/h}$$

- quando necessário, calcular a carga orgânica volumétrica (COV):

$$\text{COV} = (Q_{\text{méd}} \times S_0) / V_t$$

- quando necessário, calcular a carga hidráulica (CH):

$$\text{CH} = Q / V_t$$

- seguir as dimensões conforme Quadro 6.

QUADRO 6 - Características do filtro anaeróbio (diretrizes)

Parâmetros	Valor
Profundidade útil (m)	1,80
Altura do meio suporte (m)	1,20
Diâmetro mínimo (m)	0,95
Largura mínima (m)	0,85
Diâmetro máximo (m)	5,40
Largura máxima (m)	5,40
Volume útil mínimo (m)	1,25

FONTE: ABNT (1982).

O exemplo 4 a seguir mostra o dimensionamento de um filtro anaeróbio em concordância com a NBR 7229/82 (ABNT, 1982).

Exemplo 4

Dimensionar um sistema de tratamento através de filtro anaeróbio, como sistema de disposição final do efluente da fossa séptica, como no Exemplo 3. A eficiência adotada na remoção de DBO pela fossa séptica foi de 50%, produzindo um efluente com 150mgDBO/L. O projeto deverá seguir a NBR 7229/82 (ABNT, 1982).

Solução:

a) contribuição *per capita* (Quadro 2):

$$C = 160 \text{ litros / pessoa.d}$$

b) cálculo da contribuição diária de esgoto:

$$Q = 160 \text{ litros / pessoa.d} \times 100 \text{ pessoas} = 16.000 \text{ litros/dia} (16 \text{ m}^3/\text{dia})$$

c) adoção do tempo de detenção hidráulica (TDH) (Quadro 3):

$$TDH = 0,50 \text{ dia} (12 \text{ h})$$

d) cálculo do volume do filtro anaeróbio:

$$V = 1,60 \times Q \times TDH$$

$$V = 12.800 \text{ litros} (12,8 \text{ m}^3)$$

e) determinação da seção do filtro:

$$S = \frac{12,8 \text{ m}^3}{1,80 \text{ m}} = 7,11 \text{ m}^2$$

f) eficiência em função da temperatura:

$$E_t = 1 - (1 - E_{30})^{\theta^{(t-30)}} = 1 - (1 - 0,8)^{1,02(28-30)} = 78,71\%$$

g) estimativa da concentração de DBO do efluente final:

$$DBO_{\text{eff.}} = DBO_{\text{aff.}} - \frac{E \times DBO_{\text{aff.}}}{100}$$

$$DBO_{\text{eff.}} = 150 \text{ mg DBO}_{\text{aff.}} - \frac{80\% \times 150 \text{ mg DBO}_{\text{aff.}}}{100} = 30 \text{ mg DBO}_{\text{eff.}}/\text{litro}$$

h) verificação da velocidade (superficial) ascendente:

$$V_s = Q / S$$

$$V_s = 16 \text{ m}^3/\text{dia} / 7,11 \text{ m}^2 = 2,25 \text{ m/dia} = 0,09 \text{ m/h}$$

i) carga orgânica volumétrica (COV) em termos de DBO:

$$COV = (Q_{\text{méd}} \times S_0) / V_t$$

$$COV = \frac{16 \text{ m}^3/\text{dia} \times 0,15 \text{ kg DBO} / \text{m}^3}{12,8 \text{ m}^3} = 0,19 \text{ kg DBO} / \text{m}^3 \cdot \text{dia}$$

j) carga hidráulica (CH):

$$CH = Q / V_t$$

$$CH = \frac{16 \text{ m}^3/\text{dia}}{12,8 \text{ m}^3} = 1,25 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{d}$$

k) determinação das dimensões do filtro anaeróbio:

A critério do projetista desde que siga as diretrizes da NBR 7229/82 (ABNT, 1982) (Quadro 6)

Adotando $h = 1,80 \text{ m}$:

$$V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times h \therefore D = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times h}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 12,8}{\pi \times 1,80}} \therefore D = 5,40 \text{ m}$$

Altura útil = 1,80m

Diâmetro útil = 5,40m

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Rio de Janeiro, RJ). **Construção e instalação de fossas sépticas e disposição dos efluentes finais**: NBR 7229. Rio de Janeiro, 1982. 37p.

ABNT (Rio de Janeiro, RJ). **Norma para construção e instalação de fossas sépticas**: NB 41. Rio de Janeiro, 1980. 18p.

ABNT (Rio de Janeiro, RJ). **Projeto, construção e operação de tanques sépticos**: NBR 7229. Rio de Janeiro, 1993. 15p.

CHERNICHARO, C.A.L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: UFMG-DESA, 1997. v.5: Reatores anaeróbios.

CONAMA (Brasília, DF). Resolução nº 3, de 28 de junho de 1990. [Padrões de qualidade da água]. **LEX - coletânea de legislação e jurisprudência**: legislação federal e marginália, São Paulo, v.54, p.1641-1646, jul./set. 1990.

DACACH, N.G. **Saneamento básico**. 3.ed.rev. São Paulo: Didática e Científica, 1979. 293p.

HAMMER, M.J. **Water and wastewater technology**. 2.ed. New York: John Wiley, 1986. 536p.

PESSÔA, A.P.; JORDÃO, E.P. **Tratamento de esgotos domésticos**. 2.ed. Rio de Janeiro: ABES, 1982. v.1.

POMPEU, C.T. **Regime jurídico da política das águas públicas - I**: política da qualidade. São Paulo: CETESB, 1976. 150p.

YOUNG, J.C. Factors affecting the design and performance of upflow anaerobic filters. **Water Science and Technology**, v.24, p.133-155, 1991.

GOVERNO DO ESTADO DE
MINAS GERAIS

Governador: Itamar Franco

SECRETARIA DE ESTADO DE
AGRICULTURA, PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO

Secretário: Raul Décio de Belém Miguel



EPAMIG

Empresa de Pesquisa Agropecuária de
Minas Gerais - EPAMIG

Presidência

Márcio Amaral

Diretoria de Operações Técnicas

Marcos Reis Araújo

Diretoria de Administração e Finanças

Marcelo Franco

Assessoria de Marketing

Luthero Rios Alvarenga

Assessoria de Planejamento e

Coordenação

Sebastião Gonçalves de Oliveira

Assessoria Jurídica

Marcelo José Alves

Assessoria de Informática

Mauro Lima Bairo

Auditoria Interna

Ronald Botelho de Oliveira

Departamento de Pesquisa

Antônio Monteiro de Salles Andrade

Departamento de Produção

José Braz Façanha

Departamento de Ações e Desenvolvimento

Francisco Lopes Cançado Júnior

Departamento de Recursos Humanos

Dalci de Castro

Departamento de Patrimônio e

Administração Geral

Argemiro Pantuso

Departamento de Contabilidade e Finanças

Geraldo Dirceu de Resende

Centro Tecnológico-Instituto de Laticínios

Cândido Tostes

Geraldo Alvim Dusi

Centro Tecnológico-Instituto Técnico de

Agropecuária e Cooperativismo

Marco Antonio Lima Saldanha

Centro Tecnológico do Sul de Minas

Geraldo Antônio Resende Macêdo

Centro Tecnológico do Norte de Minas

Cláudio Egon Facion

Centro Tecnológico da Zona da Mata

Domingos Sávio Queiróz

Centro Tecnológico do Centro-Oeste

Waldir Botelho (Interino)

Centro Tecnológico do Triângulo e

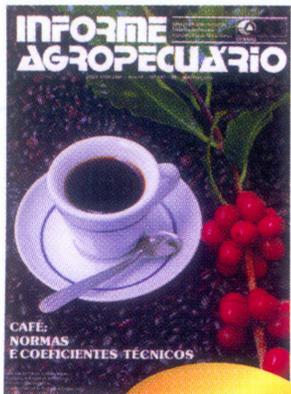
Alto Paranaíba

João Osvaldo Veiga Rafael

A EPAMIG integra o Sistema Nacional
de Pesquisa Agropecuária, coordenado
pela EMBRAPA

TECNOLOGIAS PARA O AGRONEGÓCIO DO CAFÉ

INFORME AGROPECUARIO



IA 162
Café:
Normas e
Coeficientes Técnicos

R\$3,00



IA 187
Qualidade
do Café

R\$7,00



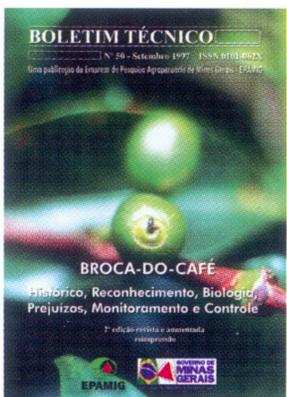
IA 193
Cafeicultura:
Tecnologia para
Produção

R\$8,00

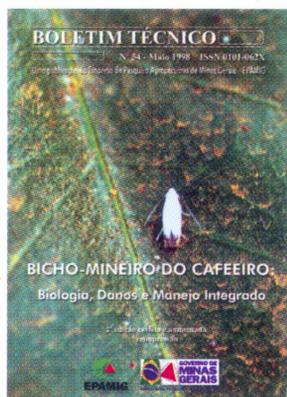
**PEDIDOS* PELO
TELEFAX
(31) 3488-6688**

BOLETIM TÉCNICO

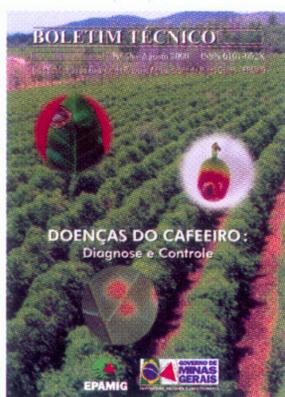
**R\$4,00
cada**



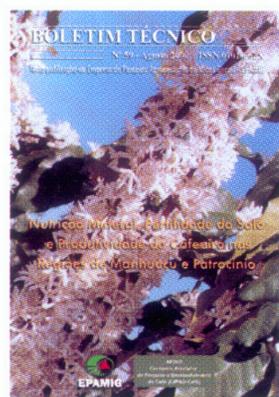
BT 50
Broca-do-Café...
(2ª ed. revista e
aumentada - reimpressão)



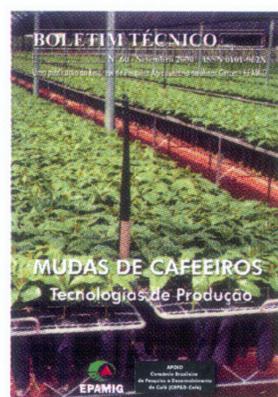
BT 54
Bicho-Mineiro
do Cafeeiro...
(2ª ed. revista e
aumentada - reimpressão)



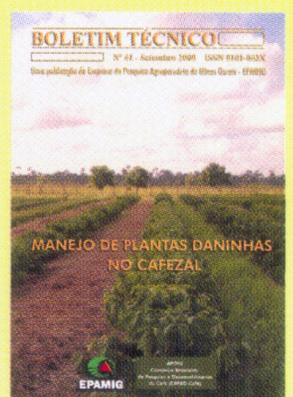
BT 58
Doenças do
Cafeeiro:
Diagnóstico e Controle



BT 59
Nutrição Mineral,
Fertilidade do Solo
e Produtividade do
Cafeeiro...

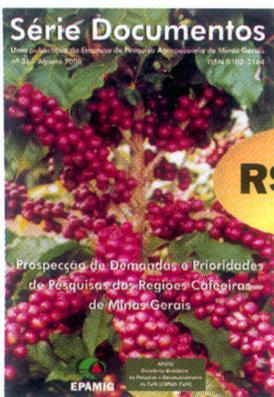


BT 60
Mudas de Cafeeiros
Tecnologias de
Produção



BT 61
Manejo de Plantas
Daninhas no Cafezal

Série Documentos



SD 36
Prospecção de
Demandas e
Prioridades de
Pesquisas...

**R\$4,00
cada**



SD 37
Sistema Radicular
do Cafeeiro...

Outras Publicações



Parcela de Participação,
Qualidade e Preço do
Café no Mercado
Mundial

R\$8,00



A Qualidade do Café e
Opções para o Consumo

R\$25,00

FORMAS DE PAGAMENTO

Depósito Bancário

Banco do Brasil - Agência 1615-2 c/c 028063-1. Enviar cópia do comprovante de depósito, nome e endereço completos via fax (31) 3488-6688 ou para a Revista Informe Agropecuario Av. José Cândido da Silveira, 1647, CEP 31170-000 - Belo Horizonte - MG

Cheque nominal à EPAMIG

Enviar para a sede da empresa no endereço acima

***Pedido mínimo: R\$8,00**



Semente básica da EPAMIG:



faz parte da vida da gente.