



# INFORME AGROPECUÁRIO

v. 32 - n. 263 - jul./ago. 2011 ISSN 0100-3364

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

## Revitalização de nascentes para produção de água



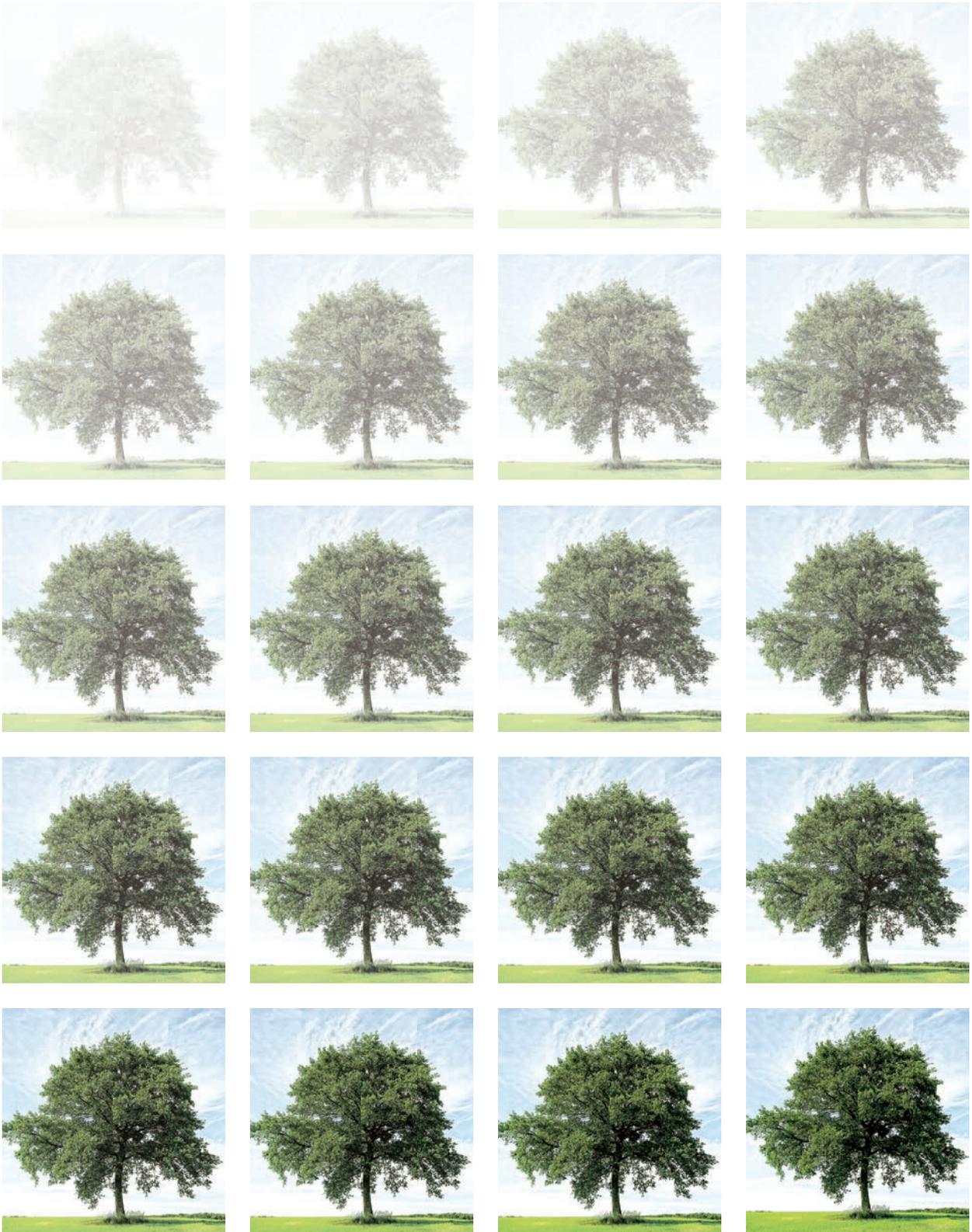
Apoio

**FAPEMIG**

Fundação de Amparo à Pesquisa do  
Estado de Minas Gerais



**GOVERNO  
DE MINAS**



## Traga o verde de volta.

Se você é proprietário de uma área degradada ou com vegetação nativa subutilizada, faça seu cadastro no Programa de Fomento do IEF. Você vai receber orientação técnica, mudas e insumos para recuperar sua área e conservar o meio ambiente. É o Governo de Minas tornando Minas mais verde. Outras informações: [ief.mg.gov.br](http://ief.mg.gov.br)



MEIO AMBIENTE  
E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL



## Apresentação

Entender sobre a utilização e preservação do recurso hídrico, é praticamente obrigatório em nosso país, principalmente, na região considerada a “caixa d’água do Brasil”, que é Minas Gerais. Este Estado é um dos maiores fornecedores de água potável no País e, ainda, um divisor de várias bacias hidrográficas, inclusive internacionais.

A bacia hidrográfica é uma unidade natural que recebe influência da região onde a água é drenada, urbana e/ou rural. É um coletor de todas as interferências que ocorrem no ecossistema, um depósito de informações e recurso fundamental para o desenvolvimento. Diante dessas características ganham relevância o manejo e a conservação das bacias, principalmente aquelas que servem de abastecimento público, com o objetivo de manter a qualidade, a quantidade e a regularidade da água para seus diversos usos. A Lei das Águas 9.433, concede à bacia primazia de unidade básica de planejamento.

Em consequência do mau uso e manejo inadequado do solo, adotados desde a colonização do Brasil, tem-se como reflexo a contínua diminuição de vazão dos mananciais hídricos no período de estiagem e de enchentes, com frequência e volumes de água cada vez maiores nos períodos de chuva. Soma-se à indisponibilidade quantitativa, a deterioração da qualidade da água por lançamento de resíduos advindos do meio rural, industrial e urbano.

Com ênfase na revitalização das nascentes, esta edição do Informe Agropecuário aborda temas relevantes sobre a adequação ambiental de propriedades rurais e técnicas de manejo e conservação do solo, com vistas a assegurar a disponibilidade de água em quantidade e qualidade satisfatórias.

*Antônio de Pádua Alvarenga  
Marcos Antonio Gomes*

# Informe Agropecuário

Uma publicação da EPAMIG

v.32 n.263 jul./ago. 2011

Belo Horizonte-MG

## Sumário

<b>Editorial</b> .....	3
<b>Entrevista</b> .....	4
<b>Bacias hidrográficas: conceitos e definições</b> Marcos Antonio Gomes, João Luiz Lani e Antônio de Pádua Alvarenga .....	7
<b>Sistema de Informações Geográficas como ferramenta para o manejo de bacias hidrográficas</b> Thiago Dannemann Vargas, Marcos Antonio Gomes, João Luiz Lani, Daniel Fernandes Novaes Pimenta, Rafaella Silva Nogueira e Rita Maria de Souza .....	12
<b>Qualidade da água em bacias hidrográficas</b> Antonio Teixeira de Matos, Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco e Marcos Alves de Magalhães .....	22
<b>Incentivo ao manejo de bacias hidrográficas pelo Pagamento por Serviços Ambientais</b> Mariana Barbosa Vilar, Laércio Antônio Gonçalves Jacovine, Ana Carolina Campanha de Oliveira, Aline Daniele Jacon, Marcelo de Oliveira Santos e Agostinho Lopes de Souza .....	30
<b>Sistemas Agroflorestais como prática de manejo em bacias hidrográficas</b> Lucas Machado Pontes, Eduardo de Sá Mendonça, Lucas Teixeira Ferrari, Joana Junqueira Carneiro, Adriellem Lídia Marta Soares da Silva e Irene Maria Cardoso .....	42
<b>Planejamento estratégico de propriedades rurais para a conservação dos recursos naturais</b> João Luiz Lani, Marcos Antonio Gomes, Eufan Ferreira do Amaral, Rita Maria de Souza, Rodrigo de Almeida Silva e Antônio de Pádua Alvarenga .....	54
<b>Técnicas de manejo e conservação do solo para a revitalização de nascentes</b> Marcos Antonio Gomes, Daniel Fernandes Novaes Pimenta, João Luiz Lani, Rita Maria de Souza e Antônio de Pádua Alvarenga .....	68
<b>Recuperação e conservação de Matas Ciliares</b> Marcos Antonio Gomes, João Luiz Lani, Rita Maria de Souza, Daniel Fernandes Novaes Pimenta e Antônio de Pádua Alvarenga .....	78
<b>Sustentabilidade do eucalipto e confrontos com os recursos hídricos</b> Vanessa Pataro Maffia, Maria Cristina Martins, Wellington Avelar de Souza Silva e Camila Soares Braga .....	86

ISSN 0100-3364

Informe Agropecuário	Belo Horizonte	v.32	n.263	p. 1-96	jul./ago.	2011
----------------------	----------------	------	-------	---------	-----------	------

© 1977 EPAMIG

ISSN 0100-3364

INPI: 006505007

#### CONSELHO DE PUBLICAÇÕES

*Antônio Lima Bandeira*

*Mendherson de Souza Lima*

*Plínio César Soares*

*Maria Lélia Rodriguez Simão*

*Juliana Carvalho Simões*

*Mairon Martins Mesquita*

*Vânia Lacerda*

#### COMISSÃO EDITORIAL DA REVISTA INFORME AGROPECUÁRIO

*Plínio César Soares*

**Diretoria de Operações Técnicas**

*Maria Lélia Rodriguez Simão*

**Departamento de Pesquisa**

*Alberto Marcatti Neto*

**Divisão de Produção Animal**

*Marcelo Abreu Lanza*

**Divisão de Produção Vegetal**

*Trazilbo José de Paula Júnior*

**Chefia de Centro de Pesquisa**

*Vânia Lacerda*

**Departamento de Publicações**

#### EDITORES TÉCNICOS

*Antonio de Pádua Alvarenga e Marcos Antonio Gomes*

#### CONSULTORES TÉCNICO-CIENTÍFICOS

*João Luiz Lani (UFV)*

*Juliana Sialino Müller (IEF)*

*Rita Maria de Souza*

#### PRODUÇÃO

##### DEPARTAMENTO DE PUBLICAÇÕES

##### EDITORA-CHEFE

*Vânia Lacerda*

##### REVISÃO LINGÜÍSTICA E GRÁFICA

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

##### NORMALIZAÇÃO

*Fátima Rocha Gomes e Maria Lúcia de Melo Silveira*

##### PRODUÇÃO E ARTE

**Diagramação/formatação:** *Maria Alice Vieira, Ângela Batista P. Carvalho, Fabriciano Chaves Amaral, Débora Nigri (estagiária) e Taiana Amorim (estagiária)*

##### Coordenação de Produção Gráfica

*Fabriciano Chaves Amaral*

**Capa:** *Ângela Batista P. Carvalho*

**Foto da capa:** *Marcos Antonio Gomes*

**Impressão:** *EGL Editores Gráficos Ltda.*

## Informe Agropecuário é uma publicação da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais EPAMIG

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

Os artigos assinados por pesquisadores não pertencentes ao quadro da EPAMIG são de inteira responsabilidade de seus autores.

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.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

**Esta edição do Informe Agropecuário tem o apoio da FAPEMIG, por meio do projeto CAG 3737-10 - Revitalização da estrutura de produção editorial da revista Informe Agropecuário.**

**Assinatura anual: 6 exemplares**

**Aquisição de exemplares**

**Divisão de Gestão e Comercialização**

Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - União

CEP 31170-495 Belo Horizonte - MG

Telefax: (31) 3489-5002

www.informeagropecuario.com.br; www.epamig.br

E-mail: publicacao@epamig.br

CNPJ (MF) 17.138.140/0001-23 - Insc. Est.: 062.150146.0047

**Executivo de Negócios - DPET**

*Décio Corrêa*

Telefone: (31) 3489-5088 - deciocorrea@epamig.br

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

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

ISSN 0100-3364

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

CDD 630.5

O Informe Agropecuário é indexado na  
AGROBASE, CAB INTERNATIONAL e AGRIS

**Governo do Estado de Minas Gerais  
Secretaria de Estado de Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento**



**Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais**

**Conselho de Administração**

Elmiro Alves do Nascimento  
Antônio Lima Bandeira  
Pedro Antônio Arraes Pereira  
Adauro Ferreira Barcelos  
Osmar Aleixo Rodrigues Filho  
Décio Bruxel

Sandra Gesteira Coelho  
Eliás Nunes de Alcântara  
Vicente José Gamarano  
João Campos Júnior  
Helton Mattana Saturnino

**Conselho Fiscal**

Carmo Robilota Zeitune  
Heli de Oliveira Penido  
José Clementino Santos

Evandro de Oliveira Neiva  
Márcia Dias da Cruz  
Celso Costa Moreira

**Presidência**

Antônio Lima Bandeira

**Vice-Presidência**

Mendherson de Souza Lima

**Diretoria de Operações Técnicas**

Plínio César Soares

**Diretoria de Administração e Finanças**

Aline Silva Barbosa de Castro

**Gabinete da Presidência**

Reginaldo Amaral

**Assessoria de Comunicação**

Roseney Maria de Oliveira

**Assessoria de Desenvolvimento Organizacional**

Felipe Bruschi Giorgi

**Assessoria de Informática**

Silmar Vasconcelos

**Assessoria Jurídica**

Nuno Miguel Branco de Sá Viana Rebelo

**Assessoria de Negócios Tecnológicos**

Sebastião Alves do Nascimento Neto

**Assessoria de Planejamento e Coordenação**

Renato Damasceno Netto

**Assessoria de Relações Institucionais**

Luiz Carlos Gomes Guerra

**Assessoria de Unidades do Interior**

Júlia Salles Tavares Mendes

**Auditoria Interna**

Márcio Luiz Mattos dos Santos

**Departamento de Compras e Almoxarifado**

Sebastião Alves do Nascimento Neto

**Departamento de Contabilidade e Finanças**

Warley Wanderson do Couto

**Departamento de Engenharia**

Luiz Fernando Drummond Alves

**Departamento de Transferência Tecnológica**

Juliana Carvalho Simões

**Departamento de Patrimônio e Serviços Gerais**

Mary Aparecida Dias

**Departamento de Pesquisa**

Maria Lélia Rodriguez Simão

**Departamento de Publicações**

Vânia Lúcia Alves Lacerda

**Departamento de Recursos Humanos**

Flávio Luiz Magela Peixoto

**Departamento de Eventos Tecnológicos**

Mairon Martins Mesquita

**Departamento de Transportes**

José Antônio de Oliveira

**Instituto de Laticínios Cândido Tostes**

Luiz Carlos G. C. Júnior, Gérson Occhi e Nelson Luiz T. de Macedo

**Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo**

Luci Maria Lopes Lobato e Francisco Olavo Coutinho da Costa

**EPAMIG Sul de Minas**

Rogério Antônio Silva e Ana Paula de M. Rios Resende

**EPAMIG Norte de Minas**

Polyanna Mara de Oliveira e Josimar dos Santos Araújo

**EPAMIG Zona da Mata**

Trazilbo José de Paula Júnior e Giovani Martins Gouveia

**EPAMIG Centro-Oeste**

Édio Luiz da Costa e Waldênia Almeida Lapa Diniz

**EPAMIG Triângulo e Alto Paranaíba**

José Mauro Valente Paes e Marina Lombardi Saraiva

# Água e agricultura sustentável

O crescimento populacional e o desenvolvimento socioeconômico são, muitas vezes, acompanhados pela degradação descontrolada e pela transformação do uso da terra e dos recursos hídricos. Por isso, uma das maiores preocupações da atualidade é com a falta de água, recurso natural de fundamental importância para todos os seres vivos. Cerca de 97% de toda a água do mundo está nos oceanos, e somente 3% são água doce, e, destes, apenas 1% está disponível em rios, lagos e aquíferos subterrâneos. O Brasil detém 11% de toda a água doce do mundo, e 40% desse volume encontra-se na Região Norte do País.

A escassez de água tem-se tornado evidente em diversas regiões do mundo e vem gerando discussões sobre alternativas que garantam sua disponibilidade a longo prazo. Diversos estudos vêm sendo realizados, com o intuito de minimizar os impactos sobre os recursos hídricos, com destaque para a agricultura, que, mundialmente, consome cerca de 70% de água.

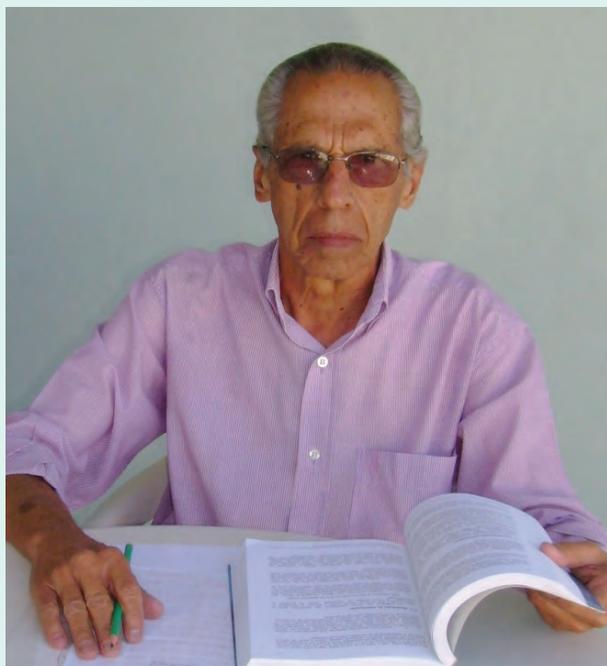
A busca por uma agricultura sustentável, que consiga alta produtividade e seja ao mesmo tempo socialmente justa e ecologicamente correta, aponta para a necessidade de práticas que garantam a produtividade dos agroecossistemas de forma sustentada. Os Sistemas Agroflorestais apresentam-se como alternativa tecnológica promissora nesse processo e importantes para o manejo de bacias hidrográficas e recuperação de áreas degradadas. Há vários resultados de pesquisa que apontam os Sistemas Agroflorestais como produtivos e potencializadores de importantes serviços ambientais nos agroecossistemas.

Outra vertente desses estudos aponta para o gerenciamento de propriedades rurais como prática fundamental para a sustentabilidade dos agroecossistemas. A ausência de um planejamento pautado em informações temáticas compatíveis com o tamanho da área e com as variáveis existentes, como solo, declividade, clima etc., é responsável pela degradação dos recursos naturais dentro das bacias hidrográficas, especialmente os hídricos, que têm apresentado variações acentuadas nas vazões com o decorrer dos tempos.

Esta edição do Informe Agropecuário visa levar aos produtores rurais e aos demais segmentos da agropecuária informações e tecnologias capazes de garantir sustentabilidade, produtividade e preservação dos recursos hídricos.

Antônio Lima Bandeira  
Presidente da EPAMIG

# Produtor rural é fundamental na conservação dos recursos hídricos



Oswaldo Ferreira Valente é engenheiro florestal e mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), na área de Conservação de Água e Solo. É professor titular aposentado da UFV e especialista em hidrologia e manejo de bacias hidrográficas, com dedicação especial às pequenas bacias, formadoras e mantenedoras de aquíferos e nascentes.

Foi chefe do Departamento de Engenharia Florestal, Diretor Administrativo da Sociedade de Investigações Florestais, Assessor de Assuntos Internos da Reitoria, Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal e membro de vários colegiados na UFV. Como parte dos primeiros grupos de professores de engenharia florestal no Brasil, lecionou várias disciplinas de graduação, com destaque para Ecologia Florestal, Fotogrametria e

Fotointerpretação, Conservação de Recursos Naturais Renováveis, Incêndios Florestais, Tecnologia de Produtos Energéticos da Madeira e Hidrologia Florestal e Manejo de Bacias Hidrográficas. Esta última criada por Oswaldo Valente e é a primeira com tal denominação a ser lecionada no Brasil.

Atualmente, vem trabalhando na implantação de pequenas bacias hidrográficas experimentais, para estudos de comportamentos hidrológicos e testes de tecnologias de conservação de aquíferos e nascentes. Tem atuado, também, na área de Divulgação Científica relacionada com o tema, por acreditar que a conservação dos recursos hídricos passa pela capacidade de a população entender os caminhos da água pelo planeta.

**IA** - *O Brasil é detentor de potencial aquífero que pode colocá-lo em posição de destaque em relação a outros países? Esse potencial tem sido usado racionalmente?*

**Oswaldo Valente** - Esse propalado potencial está muito influenciado por dados estatísticos que colocam o País como detentor de valores que variam de 9% a 12% dos recursos hídricos terrestres. Mas não podemos nos esquecer das grandes diferenças internas de distribuição de água. Se no total a nossa situação é confortável em relação a ou-

tros países, algumas regiões brasileiras já sofrem com baixas ofertas. A própria Lei Federal 9.433, a Lei das Águas, já reconheceu isso, considerando a água como um recurso escasso. Como essa escassez vem aumentando em muitas regiões, ela tem mostrado, também, que ainda convivemos com o desperdício e a pouca racionalidade de consumo.

**IA** - *Qual a situação dos recursos hídricos brasileiros, em especial das bacias hidrográficas, em relação à quantidade e à qualidade da água?*

**Oswaldo Valente** - Em algumas bacias, como as dos Rios São Francisco, Doce e Paraíba do Sul, por exemplo, as concentrações populacionais, com as respectivas necessidades de produção e de consumo, têm pressionado os recursos naturais, provocando degradações que vêm causando aumentos nas amplitudes de vazões dos rios e consequentes cheias e inundações dos períodos de chuvas e baixas ofertas de água nos períodos de estiagens. As pressões populacionais também são responsáveis pelo lançamento de resíduos sólidos e líquidos

diretamente nos cursos d'água, causando as indesejáveis perdas de qualidade.

**IA** - *O que o motivou a lecionar e a realizar os primeiros estudos sobre manejo de bacias hidrográficas no Brasil?*

**Oswaldo Valente** - O pontapé inicial foi dado na disciplina de Hidráulica Agrícola, quando cursava Engenharia Florestal em Viçosa, na década de 1960. Nela o professor Alberto Daker, com excelente visão de futuro, já demonstrava preocupações com o comportamento de nossas bacias hidrográficas e já tinha o hábito de acompanhar as vazões dos cursos d'água que abasteciam Viçosa e a então Universidade Rural do Estado de Minas Gerais (Uremg). Depois, numa viagem aos Estados Unidos, tive contato com a hidrologia e o manejo de bacias hidrográficas, como atividade de ensino e pesquisa. Contratado como professor da Escola Superior de Florestas, tive a oportunidade de criar a primeira disciplina sobre o assunto em uma escola brasileira, que passou a ser lecionada a partir de 1967. Naquele tempo, a água ainda era considerada um bem livre e abundante. Daí as dificuldades para instalar bacias experimentais, já comuns nos Estados Unidos, desde a primeira década do século 20.

**IA** - *O que significa produção de água e quais ações estão envolvidas neste processo?*

**Oswaldo Valente** - A bacia hidrográfica é uma unidade processadora de água, uma verdadeira fábrica natural. A bacia recebe, como matéria-prima, água de chuva com determinada qualidade, ou seja, água com componentes físicos e químicos incorporados da massa de ar de origem. E a interação dessa matéria-prima com os elementos naturais e artificiais da bacia resulta em disponibilidade

de água em aquíferos subterrâneos e em corpos d'água superficiais, mas com qualidade diferente daquela recebida pelas chuvas. Essa transformação de qualidade da água na bacia hidrográfica justifica a afirmação de que houve a produção de um novo produto. Esse conceito reforça a importância da bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento de recursos hídricos.

*“Quem tem condições de tomar conta da esmagadora maioria das nascentes e dos pequenos córregos, origens de todos os grandes rios, são os produtores rurais.”*

**IA** - *Qual o papel do produtor rural no processo de revitalização dos mananciais?*

**Oswaldo Valente** - Pelo menos, uns 80% das nascentes dos rios que drenam as regiões mais habitadas do País estão em propriedades rurais. Só por isso o produtor rural merece lugar de destaque nas legislações e nos programas de conservação de recursos hídricos. Mas a legislação, por exemplo, parece ter-se contentado em definir a dominialidade pública dos recursos hídricos como a ferramenta básica de produção e de uso de água. Parece que a pregação ao produtor rural, de que a água que nasce em suas terras e corre por elas não é dele e que ele vai precisar de autorização para usá-la é considerada suficiente para garantir suprimentos para toda a população.

Quem tem condições de tomar conta da esmagadora maioria das nascentes e dos pequenos córregos, origens de todos os grandes rios, são os produtores rurais. Então eles são os componentes principais dos procedimentos de gestão dos recursos hídricos. Sem a inclusão deles, não haverá salvação de nossos mananciais.

**IA** - *Os custos de revitalização são altos. Existem opções simples e baratas que o próprio produtor rural possa utilizar?*

**Oswaldo Valente** - Em certos aspectos, sim. Os custos são altos, pois a revitalização inclui qualidade de água e os nossos rios estão poluídos pelos esgotos das cidades. E os sistemas de tratamentos são caros. Na salvação da qualidade, as Matas Ciliares, tão decantadas como salvadoras da pátria, podem muito pouco e caracterizam muito mais uma tendência urbana de jogar toda a responsabilidade de conservação para o meio rural. Revitalizar o Rio São Francisco, por exemplo, é uma operação que tem de começar pelo tratamento de todo o esgoto da região metropolitana de Belo Horizonte. Não adianta nada a presença da Mata Ciliar, se a tubulação de esgoto passa por ela e despeja os resíduos diretamente no curso d'água. Quanto à produção de quantidade de água, há opções de execução simples que podem ser usadas pelos produtores rurais, tais como: plantio em nível, plantio direto, terraços de base estreita, caixas de captação de enxurradas em áreas torrenciais, barraginhas e quaisquer outras que dificultem a formação e o desenvolvimento de enxurradas. Se são baratas ou não, isso depende das condições econômicas e financeiras dos produtores. Podem ser baratas para programas governamentais voltados ao assunto, desde que haja disposição de aplicá-las.

**IA** - *Qual a sua opinião sobre programas de incentivos aos produtores rurais, com Pagamentos por Serviços Ambientais?*

**Oswaldo Valente** - Poderão ter lugar importante na conservação ambiental, mas ainda são tímidos, burocráticos, de abrangência muito limitada e propõem-se a pagar muito pouco. Dão a impressão de que o produtor rural é diferente do urbano, em termos de necessidades, e que a pureza da vida no campo é o bastante para compensar boa parte do seu trabalho.

**IA** - *Com relação à área urbana, qual a contribuição ou a responsabilidade da população desses ambientes para as bacias hidrográficas?*

**Oswaldo Valente** - A primeira responsabilidade da população urbana é saber que ela ocupa a área de uma bacia hidrográfica e, portanto, precisa saber conviver com o ciclo hidrológico que se desenvolve no seu espaço. Se o meio rural precisa segurar a água de chuva em seus aquíferos subterrâneos, para futuros abastecimentos das nascentes e dos poços, não há razão para o meio urbano tentar sempre livrar-se dos volumes de água que as chuvas colocam em seus domínios. O costume de construir no máximo permitido e cimentar o resto para jogar logo a água na rua, ou usar blocos entremeados com alguns raminhos de grama para simular áreas permeáveis, são procedimentos que provocam grandes volumes de enxurradas e deixam os aquíferos subterrâneos com pouca água. Há tecnologias disponíveis para que o meio urbano possa ter bom comportamento hidrológico. Até hoje, a água no meio urbano tem sido tratada pela engenharia hidráulica, mas precisa mudar de foco, ficando sob a responsabilidade da hidrologia e do manejo de bacias hidrográficas, o que é muito diferente.

**IA** - *Como minimizar as enchentes nos períodos de chuvas e a escassez de água nos períodos de estiagens em regiões que historicamente não apresentavam esses problemas?*

*“A primeira responsabilidade da população urbana é saber que ela ocupa a área de uma bacia hidrográfica e, portanto, precisa saber conviver com o ciclo hidrológico que se desenvolve no seu espaço.”*

**Oswaldo Valente** - Os ecossistemas hidrológicos das bacias hidrográficas funcionam bem quando as superfícies são permeáveis, permitindo que boa parte dos volumes de água das chuvas infiltre no solo e acabe chegando aos aquíferos subterrâneos, que funcionam como depósitos reguladores. Se vai muita água para os aquíferos, acaba sobrando pouca para as enxurradas, responsáveis pelas enchentes. O depósito cheio permite abastecimento garantido fora da safra (períodos chuvosos), ou seja, boas nascentes e poços produtivos. Muitas regiões vêm sendo historicamente impermeabilizadas, pelas construções nas cidades e pelo uso intensivo para produção agrícola, sem a adoção de práticas corretas de manejo dos recursos naturais. Além do mais, com os espaços mais ocupados, as cheias, naturais em muitos

casos e que não provocavam desastres, hoje causam calamidades.

**IA** - *Neste momento de mudanças na legislação ambiental, qual a sua opinião e até sugestões em termos de recursos hídricos?*

**Oswaldo Valente** - A origem latina parece ter-nos deixado o costume de tentar resolver todas as questões que nos afligem com leis detalhadas, seguidas de inúmeras resoluções e portarias. O meio ambiente também vem sofrendo com esse comportamento. O ideal, a meu ver, seria uma legislação simples e que conduzisse a conservação ambiental para planos e projetos onde as soluções tecnológicas seriam colocadas em prática. A Lei das Águas, que criou os Comitês de Bacias Hidrográficas, chegou próximo disso, faltando apenas algumas condições para que estes Comitês realmente ganhem autonomia, como dotações orçamentárias por um período suficiente para a organização e operação das Agências de Bacias, condição necessária para o pleno funcionamento dos Comitês. Quanto à legislação ambiental, é evidente a sua interface com os recursos hídricos, mas ela comete o erro de dar excessiva importância às Matas Ciliares e às de topo, na conservação da quantidade e qualidade de água. Essas formações vegetais não resumem as bacias hidrográficas, as verdadeiras unidades hidrológicas para estudos e planejamento. Nas discussões da reforma do atual Código Florestal, fica-nos a impressão de que, mantidas as florestas nas áreas ciliares e nos topos, as famosas Áreas de Preservação Permanente (APPs), as produções de água das bacias hidrográficas estão garantidas, o que está longe de ser verdade.

■ **Por Vânia Lacerda**  
Colaboração: Marcos Antonio Gomes

# Bacias hidrográficas: conceitos e definições

Marcos Antonio Gomes<sup>1</sup>

João Luiz Lani<sup>2</sup>

Antônio de Pádua Alvarenga<sup>3</sup>

**Resumo** - Bacia hidrográfica de um manancial hídrico superficial designa uma região cujas águas das chuvas escorrem para um curso d'água e seus afluentes. Cada afluente e sua nascente têm como área de contribuição, responsável por abastecer o lençol freático, uma sub-bacia ou microbacia hidrográfica. Independentemente do tamanho das bacias ou do local onde está inserida, áreas urbanas ou rurais, essas unidades fisiográficas têm grande importância dentro de um contexto hidrológico e devem ser revitalizadas e preservadas sem distinção. A disponibilidade de água em quantidade e qualidade em cada bacia hidrográfica depende fundamentalmente da atenção que recebe dos gestores municipais, ambientalistas, pesquisadores etc., mas sobretudo da população.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica. Recurso hídrico. Manancial hídrico. Recuperação. Revitalização.

## INTRODUÇÃO

Depois da mais recente legislação – Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997) –, que veio modernizar as relações entre a produção e o consumo de água no Brasil e nomear a bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento de recursos hídricos, o termo saiu das esferas acadêmicas e técnicas e passou a frequentar noticiários e conversas comuns do dia a dia. O que é muito bom, pois a conservação da água ao nosso redor depende essencialmente do entendimento popular, dos caminhos percorridos por ela na Terra.

## BACIAS HIDROGRÁFICAS

Conceitos e definições de bacias hidrográficas já foram emitidos por diversos autores, mas podem ser resumidos, quanto à sua ocupação espacial, no seguinte: bacia hidrográfica é um espaço da superfície

da Terra, drenado por um curso d'água e delimitado, em seu perímetro, pela linha divisora de águas.

A Figura 1 apresenta a delimitação espacial da bacia hidrográfica. As setas (cor vermelha) indicam as linhas divisórias de águas, no topo, e, a partir de suas proximidades, as enxurradas formadas pela chuva podem escoar para o curso d'água A ou B, dependendo do lado do topo em que forem formadas. As linhas divisoras de água das bacias hidrográficas estão, portanto, ligando os pontos mais altos entre estas bacias.

Esse conceito de bacia hidrográfica tem base geomorfológica. Já Lima e Zákia (2000) usaram a abordagem sistêmica para conceituar a bacia hidrográfica. Para esses autores, trata-se de um sistema aberto, que recebe energia por meio de fatores climáticos e perde parte dessa energia pelo deflúvio, ou seja, pelos volumes de água drenados pelo curso d'água correspondente.

Segundo esses autores, as variações interdependentes presentes na bacia hidrográfica oscilam em torno de um padrão e buscam um novo equilíbrio dinâmico, após as alterações provocadas pelas ações antrópicas. Isto sugere que, por meio de um planejamento apropriado a cada caso, é possível encontrar um razoável ponto de equilíbrio, para que a bacia hidrográfica continue a apresentar um bom comportamento hidrológico.

A Figura 1 deixa claro que as bacias hidrográficas sucedem-se ao longo de um curso d'água e de seus afluentes. O curso d'água B, por exemplo, tem quatro afluentes ou tributários, como são também conhecidos. Cada um deles, conforme o conceito geomorfológico, tem sua própria bacia. Tal conjunto espacial pode ser hierarquicamente classificado pelas regras de Strahler, conforme explicado por Valente e Gomes (2005), e exemplificado com o esquema apresentado na Figura 2.

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Florestal, D.S. *Solos e Nutrição de Plantas, Pesq. Visitante EPAMIG Zona da Mata/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: marcos.gomes@ufv.br*

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S. *Solos e Nutrição de Plantas, Prof. UFV - Depto. Solos, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: lani@ufv.br*

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S., *Pesq. EPAMIG Zona da Mata/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: padua@epamig.ufv.br*

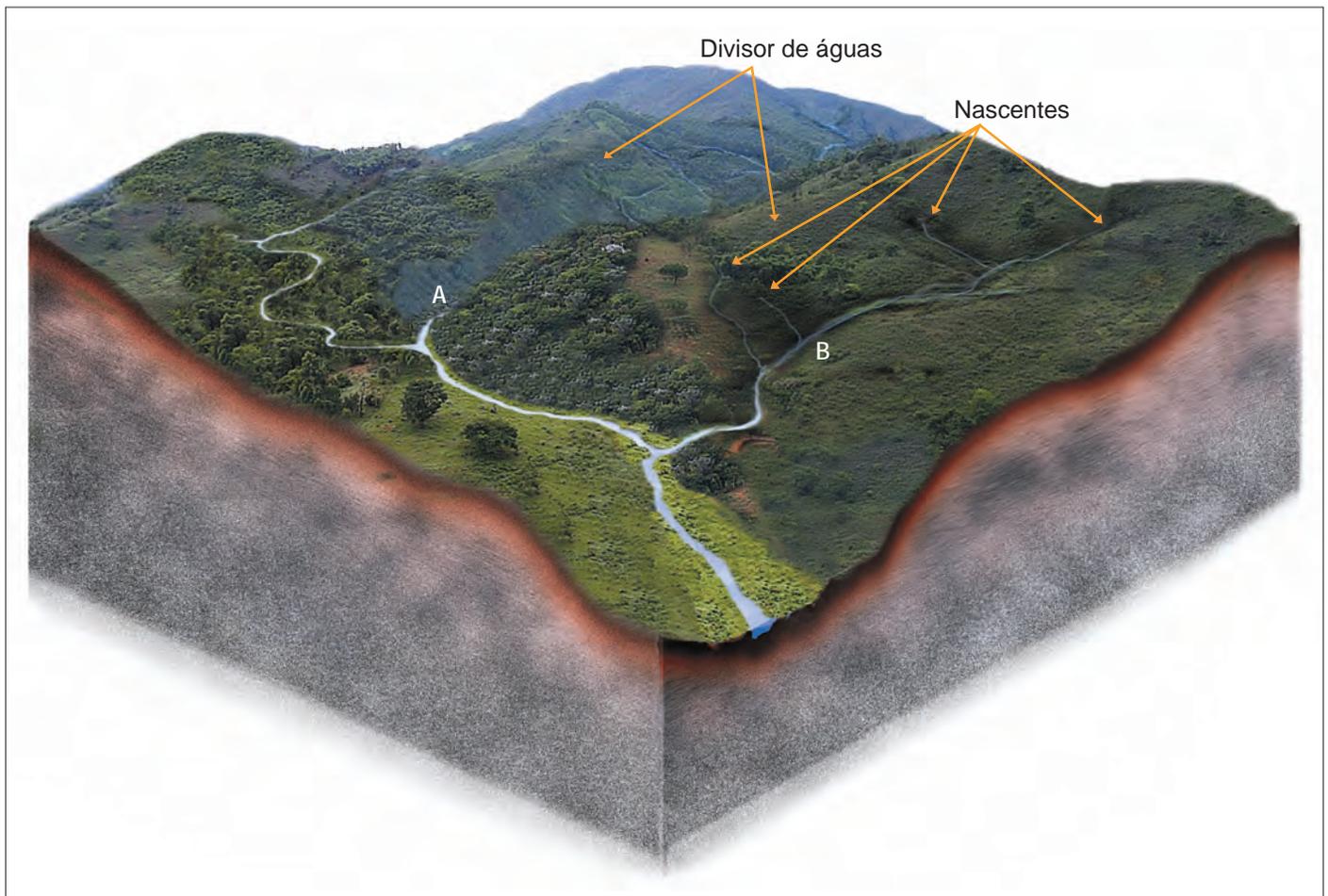


Figura 1 - Delimitação espacial de bacias hidrográficas

FONTE: Lani et al. (2008).

NOTA: A e B - Unidades de cursos d'água.

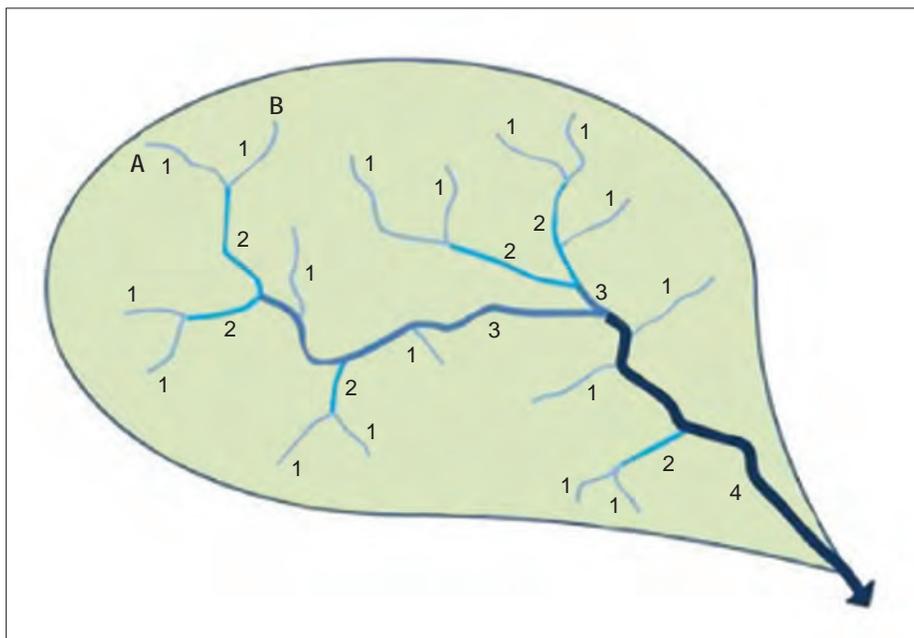


Figura 2 - Divisão de bacias com base nas regras de Strahler (1957)

NOTA: 1, 2 e 3 - Ordens dos cursos d'água; A e B - Unidades de cursos d'água.

Segundo Strahler (1957), todo curso d'água sem ramificações é de ordem 1; dois cursos d'água da mesma ordem, ao se juntarem, formam outro de ordem imediatamente superior, ou seja, dois cursos de ordem 1 formam outro de ordem 2, e dois de ordem 2 formam outro de ordem 3; já um curso d'água que receber outro de ordem menor, manterá sua própria ordem. As bacias respectivas podem ser também classificadas como de ordem 1, 2, 3 etc.

A Figura 2 representa a bacia de drenagem de um curso d'água de ordem 4, ou simplesmente uma bacia hidrográfica de ordem 4. Nela têm-se dezessete unidades de ordem 1; seis unidades de ordem 2, sendo uma formada pelas unidades A e B, de ordem 1; duas unidades de ordem 3; e uma de ordem 4, formada pelo somatório das de ordem 3.

Oswaldo Ferreira Valente

Analisando agora por outro ângulo, pode-se dizer, portanto, que a bacia hidrográfica da Figura 2 é composta por dezessete bacias de ordem 1, seis de ordem 2 e duas de ordem 3. Esta é uma classificação puramente hidrológica, mas importante, porque cada unidade caracteriza muito bem um ecossistema específico, facilitando as decisões de conservação.

Muitos autores preferem fazer a divisão em sub-bacias, uma para cada afluente do curso principal, e qualificá-las por tamanho de áreas. Para Faustino (1996), por exemplo, sub-bacias possuem áreas maiores do que 100 km<sup>2</sup>. Para Rocha (apud MARTINS et al., 2005), são áreas entre 20 mil e 30 mil hectares. Já Santana (2003) prefere usar princípios semelhantes aos de ordens. Relata que a bacia pode ser desmembrada em um determinado número de sub-bacias, dependendo do ponto de saída ao longo de seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia interligada à outra hierarquicamente superior constitui uma sub-bacia.

Outra denominação comum na literatura é a de microbacia. Há divergências entre diversos autores. Faustino (1996) relata que uma microbacia tem área inferior a 100 km<sup>2</sup>, enquanto Cecílio e Reis (2006) descrevem áreas que variam de 0,1 a 200 km<sup>2</sup>. Calijuri e Bubel (2006) usam as bases de Strahler para relatar que microbacia é uma unidade de ordem 1 e 2, podendo, em alguns casos, chegar até a ordem 3. As discrepâncias parecem dar razão a Santana (2003) ao dizer que, embora difundido no Brasil, a denominação é empírica, sugerindo que seja substituída por sub-bacia.

Para fins de manejo, com o objetivo de produzir água em quantidade e qualidade, deve-se dar preferência em trabalhar com pequenas bacias hidrográficas, que são aquelas em que o tempo de escoamento, sobre a superfície do solo (enxurrada), de um pequeno volume de água que atinge o ponto mais distante em relação ao canal do córrego que a drena for maior do que o de escoamento ao longo do canal, até a saída da bacia (HEWLETT, HIBBERT, 1967). A Figura 3 ilustra os elementos que caracterizam uma pequena bacia hidrográfica.

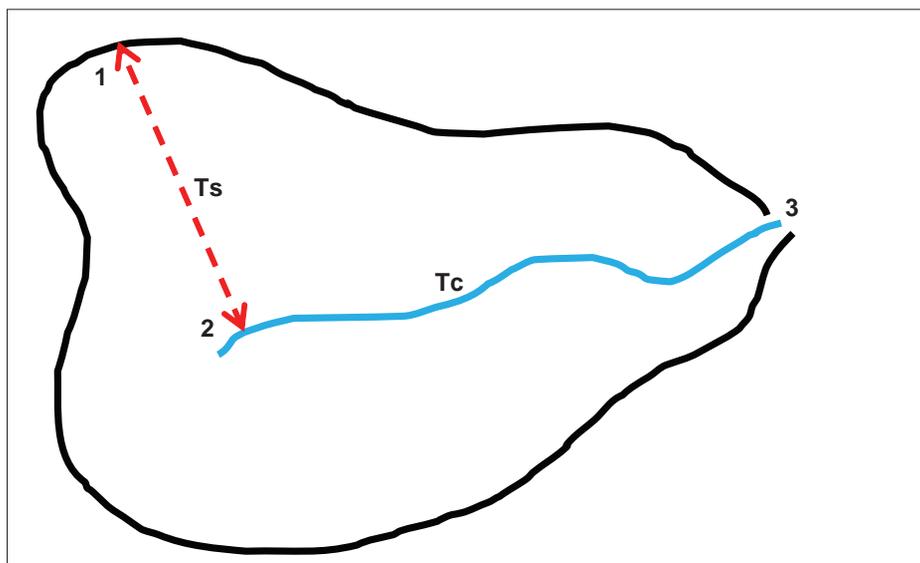


Figura 3 - Elementos para caracterização de pequena bacia hidrográfica

NOTA: 1, 2 e 3 - Ordens de cursos d'água; Ts - Tempo de escoamento; Tc - Tempo de concentração.

Se o tempo de escoamento superficial (Ts), do ponto 1 até o ponto 2, for maior do que o tempo de percurso (Tc) no canal do manancial do ponto 2 ao 3, estar-se-á diante de uma pequena bacia hidrográfica. Adaptando este conceito ao de ordens, para facilitar o enquadramento como pequena bacia, sugere-se considerar como tal todas aquelas de ordem 1 ou, no máximo, 2. Com isso, é possível deixar de lado o empirismo das classificações por tamanho de áreas e adotar o que se baseia na complexidade do sistema hidrológico envolvido.

### MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Quanto ao conceito de manejo, há algumas versões como manejo de bacias hidrográficas, manejo integrado de bacias hidrográficas e manejo sustentado de bacias hidrográficas. Mas quando o objetivo principal do manejo for a produção de água, é muito válido dizer: O manejo de bacias hidrográficas tem por objetivo usar racionalmente os recursos naturais de uma bacia hidrográfica, visando à produção de água em quantidade e qualidade.

Os outros dois conceitos não têm a produção de água como prioridade, adotando a bacia hidrográfica apenas como unidade

de planejamento para produção racional de bens e serviços.

A bacia hidrográfica realiza o importante trabalho de receber água de chuva, em determinado volume e qualidade, processar a interação dessa água com os elementos do meio e disponibilizá-la como produto utilizável, por nascentes, cursos d'água e poços freáticos e artesianos, com outro volume e outra qualidade. Portanto, é uma fábrica natural de água.

Nem sempre há uma perfeita consciência das quantidades de água envolvidas no processo. Se for feita uma análise, por exemplo, suponha-se uma pequena bacia rural, com 50 ha, recebendo chuva de 50 mm, em 4 h. Ao imaginar a bacia como uma caixa quadrada de 50 ha de base, depois da chuva haverá dentro dela uma lâmina d'água de 50 mm de altura. Assim, fica fácil entender que a quantidade (Q) de água recebida terá sido de:

$$Q = (50 \text{ ha} \times 10.000 \text{ m}^2/\text{ha}) \times (50 \text{ mm} \times 1 \text{ m}/1.000 \text{ mm}) = 25.000 \text{ m}^3$$

A quantidade (Q), em litros (L) será de:

$$Q = 25.000 \text{ m}^3 \times 1.000 \text{ L}/\text{m}^3 = 25.000.000 \text{ L}$$

O número impressiona, mas fica ainda mais interessante, quando, por exemplo, a

mesma bacia receber, anualmente, 1.250 mm de chuva. Ao refazer os cálculos anteriores, com o novo dado, encontra-se o volume correspondente, que é de 625 milhões de litros.

Dos volumes anuais recebidos, nas regiões tropicais, as evaporações diretas de superfícies molhadas e de espelhos d'água, somadas às quantidades retiradas dos solos pelas plantas e transpiradas (evapotranspiração) representam, aproximadamente, 70%. Sobram, portanto, em torno de 30% para manejo (187,5 milhões de litros), o que continua sendo um grande volume. Ao conseguir colocar 15% desse valor nos lençóis subterrâneos da bacia, o que é perfeitamente possível com um planejamento hidrológico adequado de uso dos recursos naturais, o córrego abastecido pelo lençol freático poderá ter uma vazão (V), ao longo do ano, bem próxima da média de 11,5 L/s:

$$V = 187.500.000 \text{ L/ano} / 8.766 \text{ h/ano}$$

$$V = 41.600 \text{ L/h} / 3.600 \text{ s/h}$$

$$V = 11,5 \text{ L/s}$$

Não há como evitar que a vazão seja um pouco maior nos meses chuvosos e um pouco menor nos meses secos. Por falta de cuidados hidrológicos, as bacias guardam apenas 8% a 12% dos volumes recebidos das chuvas em seus lençóis subterrâneos, produzindo uma grande amplitude entre as vazões de chuva e de seca.

Nas bacias urbanas, o que acontece? Já existe na hidrologia básica, ensinada nos cursos de Engenharia Civil, principalmente literatura sobre hidrologia urbana, que

visa dar informações sobre drenagem de volumes recebidos pelas chuvas. Suponha, como exemplo, que uma bacia urbana tenha também 50 ha e receba a mesma chuva de 50 mm, em 4 h. A primeira diferença é que a bacia urbana tende a ter grandes áreas impermeabilizadas pelas construções. Além das casas propriamente ditas, há também as áreas cimentadas dos terreiros. É muito comum um lote de 400 m<sup>2</sup> ter até 70% de sua área impermeabilizada. Quando isso acontece, uma chuva de 50 mm, como a citada, faz com que o lote coloque na rua pelo menos 14 mil litros de água recebidos nas 4 horas. Se houver mil casas com tal comportamento, estas colocarão na rua um volume de 14 milhões de litros d'água. Se a chuva for mais ou menos uniforme durante as 4 horas, a saída da bacia irá conviver com uma vazão de 972 L/s (14 milhões L/4 h / 14.400 s/4 h = 972 L/s), com grande risco de alagamentos. E a chuva de 50 mm em 4 horas (intensidade de 12,5 mm/h) é muito comum e, mesmo assim, demandaria galerias de drenagem de mais de 1 m<sup>2</sup> de secção. Imagine, então, galerias para drenagem de chuvas de intensidades muito mais altas, quatro ou cinco vezes maiores.

Uma boa alternativa para a construção de galerias imensas seria a adoção de reservatórios nas áreas dos lotes, quer para armazenar água de chuva para posterior uso na limpeza de áreas ou uso em sanitários, com simples filtragem, quer para favorecer a infiltração. Um exemplo da primeira hipótese está esquematizado na Figura 4,

que apresenta perfis de uma casa em que os volumes d'água que atingem o telhado são recolhidos por calhas (C) e lançados em um reservatório (R). Se o reservatório encher, antes de terminada a chuva, o excesso sairá por uma tubulação ladrão (L), mostrada no detalhe à direita, e, por meio do tubo de drenagem (D), conduzido até a galeria (G), abaixo da rua. Depois de cessada a chuva e se não for de interesse manter o armazenamento, o mesmo poderá ser descartado para a rede de drenagem, por meio da abertura da válvula (V). Como é difícil imaginar que todos os moradores farão o descarte ao mesmo tempo, o sistema de drenagem da rua terá mais possibilidade de executar sua função a contento.

Se a área do telhado for de 150 m<sup>2</sup>, este recolherá 7.500 L (150 m<sup>2</sup> x 0,050 = 7,5 m<sup>3</sup>; 7,5 m<sup>3</sup> x 1.000 L/m<sup>3</sup> = 7.500 L) de água durante a chuva de 50 mm. Se a área impermeável gerar, como já foi calculado, 14 mil litros de água, o sistema de coleta descrito evitará colocar 53,5% desse volume diretamente na rua, durante a chuva, o que já é uma ótima colaboração para prevenir alagamentos.

Mas dependendo do conhecimento geológico da bacia, pode-se adotar uma caixa de infiltração, conforme mostrado na Figura 5. O reservatório (R) está posicionado no fundo do lote e tem 10 m de comprimento, 2 m de largura e 1 m de profundidade. Tem laterais concretadas e fundo poroso, constituído do próprio solo. O reservatório deverá estar cheio de brita,

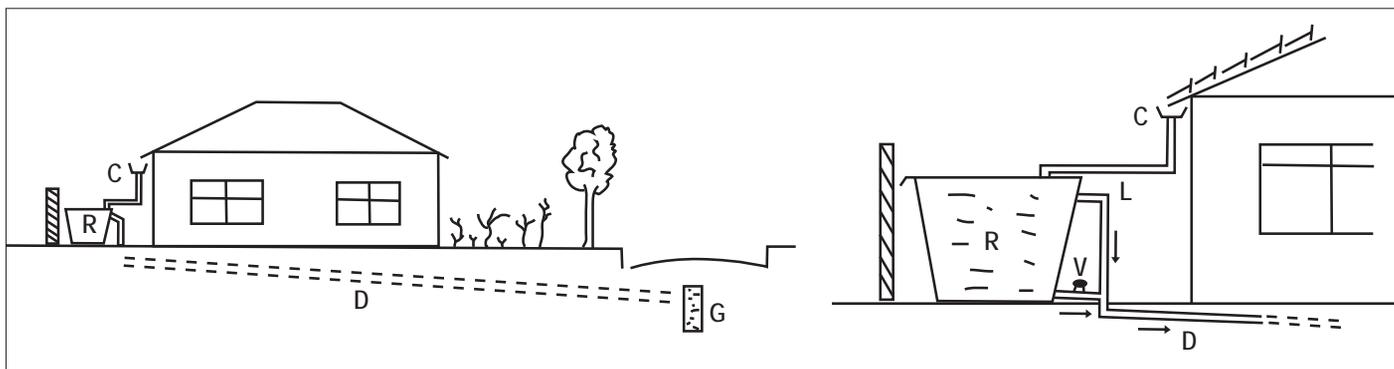


Figura 4 - Aproveitamento da água de chuva

NOTA: C - Calha; R - Reservatório; D - Drenagem; G - Galeria; L - Ladrão; V - Válvula.

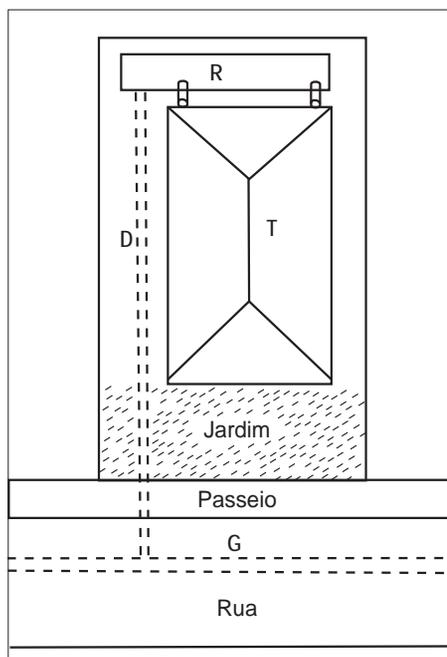


Figura 5 - Esquema de uso de caixa de infiltração

NOTA: R - Reservatório; T - Telhado; D - Drenagem; G - Galeria.

com porosidade em torno de 40% e ter sua superfície gramada. Entre a brita e a grama poderá ser colocada uma manta de filtro geotêxtil, para evitar o entupimento dos poros da camada de brita. Sua capacidade de armazenamento temporário de água é de 8 mil litros (10 m x 2 m x 1 m x 1.000 L/m<sup>3</sup> x 0,40 = 8.000 L). Terá capacidade, portanto, de recolher mais do que os volumes do telhado (T), e poderá ter um sistema de drenagem (D) para levar excessos diretamente para a galeria (G) da rua. A vantagem desse procedimento é colaborar para o enriquecimento dos lençóis subterrâneos que poderão ser explorados

para abastecimento da própria comunidade da bacia.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de bacia hidrográfica a cada dia vem sendo associado aos ecossistemas rural e urbano, com ênfase ao desenvolvimento sustentável. Neste contexto, todas as características existentes dentro das bacias hidrográficas constituem elementos de grande importância para a avaliação do comportamento hidrológico, totalmente distinto, entre os dois ecossistemas. Tais informações são de extrema importância para traçar planos de gerenciamento, revitalização e conservação dos recursos naturais existentes nas bacias hidrográficas.

## AGRADECIMENTO

À FAPEMIG pelo financiamento das pesquisas e pelas bolsas concedidas.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 jan. 1997.

CALIJURI, M.C.; BUBEL, A.P.M. Conceituação de microbacias. In: LIMA, W. de P.; ZAKIA, M.J.B. (Org.). **As florestas plantadas e a água**: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade

de planejamento. São Carlos: RIMA, 2006. p.45-59.

CECÍLIO, R.A.; REIS, E.F. dos. **Apostila didática**: manejo de bacias hidrográficas. Alegre: Universidade Federal do Espírito Santo-Centro de Ciências Agrárias-Departamento de Engenharia Rural, 2006. 9p.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

HEWLETT, J.D.; HIBBERT, A.R. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. In: SOPPER, W.E.; LULL, H.W. (Ed.). **Forest hydrology**. New York: Pergamon, 1967. 275-290.

LANI, J.L. et al. **Atlas de ecossistemas do Espírito Santo**. Vitória: SEMA, 2008. v.1, 504p.

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: USP, 2000. p.33-43.

MARTINS, F.B. et al. Zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS): estudo de caso. **Cerne**, Lavras, v.11, n.3, p.315-322, jul./set. 2005.

SANTANA, D.P. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of American Geophysical Union**, New Haven, v.38, p.913-920, 1957.

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

# Mudas frutíferas

EPAMIG Sul de Minas

Uvas

Bordo  
Niágara Rosada  
Niágara Branca  
Syrah

Outras

Oliveira  
Pessegueiro  
Ameixeira  
Nectarineira  
Marmeleiro  
Figueira  
Amora-preta  
Caquizeiro  
Atemoia  
Frutas nativas

Citros

Laranja-lima-verde  
Laranja-baia  
Laranja-baianinha  
Laranja-campista  
Laranja-natal  
Laranja-pera-rio  
Laranja-sanguínea  
Laranja-seleta  
Laranja-valência  
Lima-da-pérsia  
Limão-tahiti  
Tangerina-ponkan  
Tangerina-cravo  
Tangerina-murcote

Unidade Regional EPAMIG Sul de Minas

Tel.: (35) 3821-6244

e-mail: uresm@epamig.br

# Sistema de Informações Geográficas como ferramenta para o manejo de bacias hidrográficas

*Thiago Dannemann Vargas<sup>1</sup>*

*Marcos Antonio Gomes<sup>2</sup>*

*João Luiz Lani<sup>3</sup>*

*Daniel Fernandes Novaes Pimenta<sup>4</sup>*

*Rafaella Silva Nogueira<sup>5</sup>*

*Rita Maria de Souza<sup>6</sup>*

**Resumo** - O uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) desponta como uma ferramenta poderosa no auxílio ao planejamento de uso dos recursos hídricos e naturais em geral. Em ambientes de SIG, são criadas informações que podem ser sobrepostas, gerando novos dados de grande relevância para um manejo eficiente dos recursos hídricos. Várias análises são possíveis em ambiente SIG, quando se trata de manejo de bacias, como o cálculo de parâmetros morfométricos e análises estatísticas diversas. Com sua grande diversidade de funções e aplicações, o SIG, em conjunto com técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, vem-se mostrando de grande utilidade em estudos ambientais, como o manejo de bacias hidrográficas.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica. Recurso hídrico. Geoprocessamento. Sensoriamento remoto. SRTM. SIG.

## INTRODUÇÃO

A temática dos Recursos Hídricos vem sendo discutida de forma intensiva pela sociedade, que se preocupa com a rápida degradação dos recursos naturais. Este fato justifica-se, em parte, pelo crescente desenvolvimento econômico e pela expansão dos centros urbanos, que exigem cada vez mais recursos naturais do Planeta. Os processos de colonização e ocupação dos territórios, feitos em sua maioria de maneira desordenada e inadequada e a partir da exploração predatória dos recursos naturais, vêm potencializando impactos negativos aos ecossistemas.

Assim, um planejamento criterioso deve sempre ser considerado, quando se trata de meio ambiente e recursos naturais, principalmente no manejo dos recursos hídricos, cuja disponibilidade em quantidade e qualidade afeta direta ou indiretamente toda a sociedade. Na verdade, os planejamentos ambientais são compostos de etapas distintas, e o conjunto de métodos a ser adotado depende do tipo de planejamento que se está objetivando (ALVES, 2005).

Como subsídios para uma gestão eficiente de recursos hídricos, a coleta, o armazenamento, o gerenciamento e a manipulação de informações e dados, refe-

rentes à água e a seus mais diferentes usos, tornam-se questões essenciais na tomada de decisão, trazendo novas perspectivas de planejamento.

Neste contexto, o uso de técnicas de geoprocessamento e o de Sistema de Informações Geográficas (SIG) vêm-se tornando cada vez mais frequentes entre profissionais das mais diferentes áreas em todo o mundo, seja pelo avanço da tecnologia, seja pela necessidade de criar alternativas funcionais que auxiliem no processo de gestão da informação e de uso sustentável dos recursos naturais (SANO et al., 1993; ALVES, 2005).

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Florestal, Consultor UFV-NEPUT, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: thiagodanvar@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Florestal, D.S. Solos e Nutrição de Plantas, Pesq. Visitante EPAMIG Zona da Mata/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: marcos.gomes@ufv.br

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S. Solos e Nutrição de Plantas, Prof. UFV - Depto. Solos, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: lani@ufv.br

<sup>4</sup>Graduando Engenharia Ambiental UFV, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: pimenta.ambiental@gmail.com

<sup>5</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M.Sc. Solos e Nutrição de Plantas, Consultora UFV-NEPUT, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: rafaellanogueira@yahoo.com.br

<sup>6</sup>Graduanda Tecnologia e Gestão Ambiental UNIVIÇOSA - Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: rsouza136@hotmail.com

No caso dos recursos hídricos, o uso do SIG possui importância singular, cujo manejo adequado não depende somente de variáveis ambientais (solos, geologia, relevo, vegetação, água, dentre outros), mas também socioeconômicas, políticas e culturais, gerando uma gama de informações muitas vezes fragmentadas.

Dessa forma, o SIG desponta como um sistema capaz de agregar de forma organizada toda uma base de informação, de modo que esta possa ser facilmente acessada e modificada, à medida que for demandada pelos usuários, tornando-se um aliado na busca pela sustentabilidade de uso dos recursos hídricos.

## **SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**

O geoprocessamento pode ser entendido como um conjunto de tecnologias direcionadas para coleta e tratamento de informações espaciais para cumprir objetivos específicos. Já a execução das atividades demandadas pelo geoprocessamento é feita por sistema específico, denominado SIG (MACHADO, 2007).

O SIG deve possuir capacidade de entrada, armazenamento e processamento de dados espaciais e ter uma boa interface com o usuário, além de funções de processamento de imagens, georreferenciamento, visualização e plotagem de mapas digitais. Além disso, um SIG deve possuir um sistema de busca que propicie a rápida localização de determinado dado espacial no banco de dados geográficos.

O SIG é capaz de gerar informações confiáveis de forma rápida e com grande economia de materiais e despesas com pessoal. Um técnico capacitado, com dados de qualidade e um SIG apropriado, faz praticamente sozinho o levantamento de uma área, trabalho que na ausência do SIG demandaria a presença de vários técnicos em campo.

A possibilidade de interação do SIG com outras tecnologias e ciências, tais como Global Positioning System (GPS), Sensoriamento Remoto, Hidrologia, Pedologia, dentre outras, amplia as possi-

bilidades para geração de informações de qualidade, essenciais nos mais diversos processos de tomada de decisões.

Essas tecnologias vêm revolucionando as análises ambientais e os sistemas de localização, com o fornecimento de dados confiáveis de forma praticamente instantânea. O GPS, por exemplo, é um sistema de posicionamento terrestre de grande utilidade em recursos hídricos. É composto por uma rede de satélites interligados capaz de fornecer a posição de um ponto em qualquer local da superfície terrestre em curto período, com uma precisão que vai de 30 m até alguns milímetros, dependendo do GPS utilizado. Possui grande funcionalidade em trabalhos de campo, principalmente quando integrado com técnicas de SIG, fornecendo dados como coordenadas geográficas e altitude, fundamentais para praticamente todo tipo de análise em ambiente SIG. Além de pontos, o GPS trabalha com a criação de rotas, fornecendo dados como distância percorrida, velocidade média e máxima do percurso, dentre outros.

## **USO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NO MANEJO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

O meio ambiente é um sistema complexo, cujo manejo adequado depende da interação entre diversos fatores ambientais, como solo, vegetação, relevo e clima. No caso do manejo de recursos hídricos não poderia ser diferente, sendo necessária a utilização de uma ferramenta que relacione diversas variáveis simultaneamente, a fim de gerar uma informação confiável que auxilie no gerenciamento do recurso.

Assim, o uso de SIG em manejo de recursos hídricos vem-se tornando uma ferramenta de gestão cada vez mais importante e, em alguns casos, imprescindível. O SIG é capaz de atuar de maneira ampla e transversal entre vários temas. Realiza o cruzamento de dados espaciais e produz informações que servirão de subsídio para discussão de questões importantes referentes a todo ecossistema de forma integrada.

Dentro do conceito legal que considera a bacia hidrográfica como unidade de planejamento básica para o manejo de recursos hídricos – Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997) – diversos pesquisadores vêm-se dedicando à criação, por exemplo, de modelos hidrológicos integrados com o SIG, com previsões de vários fenômenos relacionados com os recursos hídricos, como escoamento superficial e subterrâneo de água, áreas com potencial de inundações, potencial de erodibilidade de solos, dentre outros (BESKOW et al., 2009; CARVALHO, 2010).

Essas previsões são de suma importância para uma gestão de qualidade dos recursos naturais por parte dos órgãos responsáveis e possíveis pela grande habilidade de o SIG armazenar, manipular, analisar e projetar vasta quantidade de informações. Assim, rapidamente se acessa e se altera o banco de dados dos projetos, realizando operações matemáticas e estatísticas complexas, que, antes, só seriam possíveis com horas de trabalho e com a presença de vários técnicos.

Deve-se trabalhar dentro dos conceitos de bacia hidrográfica, visto que são unidades criadas para facilitar o estudo de variáveis interdependentes. Essas unidades expressam características próprias, que permitem que sejam utilizadas para testar os efeitos do uso da terra nos ecossistemas (ALVES, 2005).

O uso de SIG permite agilizar o processo de gerar informações e obter dados. É o caso de digitalizar dados altimétricos coletados em campo, para gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE), técnica bastante difundida, mas que necessita de mais tempo e de recursos para ser executada. Essa dificuldade vem sendo vencida com técnicas de interferometria por radar, como as imagens Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), que proporcionam, gratuitamente, a extração de dados altimétricos de grande parte da superfície terrestre.

A SRTM foi realizada para mapear o relevo da área continental da Terra comparando duas imagens de radar tomadas

de pontos diferentes, para obter a elevação do terreno, fornecendo dados altimétricos de importante valia e informações sobre a superfície terrestre (MELGAÇO; SOUZA FILHO; STEINMEYER, 2005).

## MODELO DIGITAL DE ELEVÇÃO

Um tipo de modelagem muito útil em estudos hídricos e que pode ser realizado a partir de dados SRTM é o chamado MDE, que visa representar a topografia do terreno por meio da interpolação de dados altimétricos (curvas de nível e pontos cotados), hidrográficos, além do limite da área a ser trabalhada (Fig. 1). Os dados necessários para criar o MDE podem ser obtidos em campo ou por fontes secundárias. É importante que esses dados sejam de qualidade, pois ao inserir dados ruins no modelo, ao final terá um MDE também de má qualidade.

De maneira geral, interpolar significa determinar valores desconhecidos ou não amostrados de um atributo, usando valores conhecidos ou amostrados. Basicamente, a interpolação pode ser dividida em duas partes: reconhecer quais pontos podem ser considerados vizinhos confiáveis e definir

os métodos que calcularão os valores desconhecidos. A escolha de um modelo apropriado, expresso por uma função matemática que se adapte à determinada situação, é essencial para obter resultados razoáveis.

Normalmente, as bases SRTM são interpoladas para determinada resolução espacial de interesse, e existem vários métodos de interpolação, que devem ser usados para diferentes finalidades e resultados. O SIG ArcGIS da Environmental Systems Research Institute (ESRI), por exemplo, oferece interpoladores como Distância Inversa Ponderada – inverse distance weight (IDW), Spline, Kriging, Natural Neighbor, Topo to Raster e Triangulated Irregular Network (TIN). O Topo to Raster é um dos interpoladores mais utilizados atualmente e trabalha com dados altimétricos como entrada, incluindo a possibilidade de entrada de dados hidrográficos, corrigindo imperfeições como depressões espúrias e sumidouros, gerando um modelo com maior consistência e confiabilidade.

A partir dos dados interpolados, é possível automatizar os processos de geração de informações a respeito de bacias hidrográficas e suas respectivas redes de

drenagem, o que gera não apenas dados morfométricos de grande confiabilidade, mas também fisiográficos de difícil obtenção por meio de métodos manuais. A bacia hidrográfica nesse caso, é a unidade básica para um planejamento que busque o desenvolvimento econômico, ao mesmo tempo que preserva os recursos naturais.

Dessa forma, a partir do MDE gerado, extrai-se a rede de drenagem e calculam-se os principais parâmetros dos estudos de morfometria, para bacias hidrográficas isoladas ou para várias bacias ao mesmo tempo. Dentre as diferentes maneiras de construir um MDE, estão os Modelos Digitais de Elevação Hidrologicamente Consistentes (MDEHC), que se caracterizam por apresentar uma coincidência bastante acentuada entre sua drenagem derivada e a drenagem mapeada. Entretanto, alguns requisitos são exigidos para a geração desse tipo de modelo, como a orientação da drenagem no sentido do escoamento e dados altimétricos de confiança.

Normalmente, nas análises de SIG aplicadas a recursos hídricos, há a fase de pré-processamento dos dados, na qual estes são refinados antes de ser inseridos no interpolador, como, por exemplo, no caso

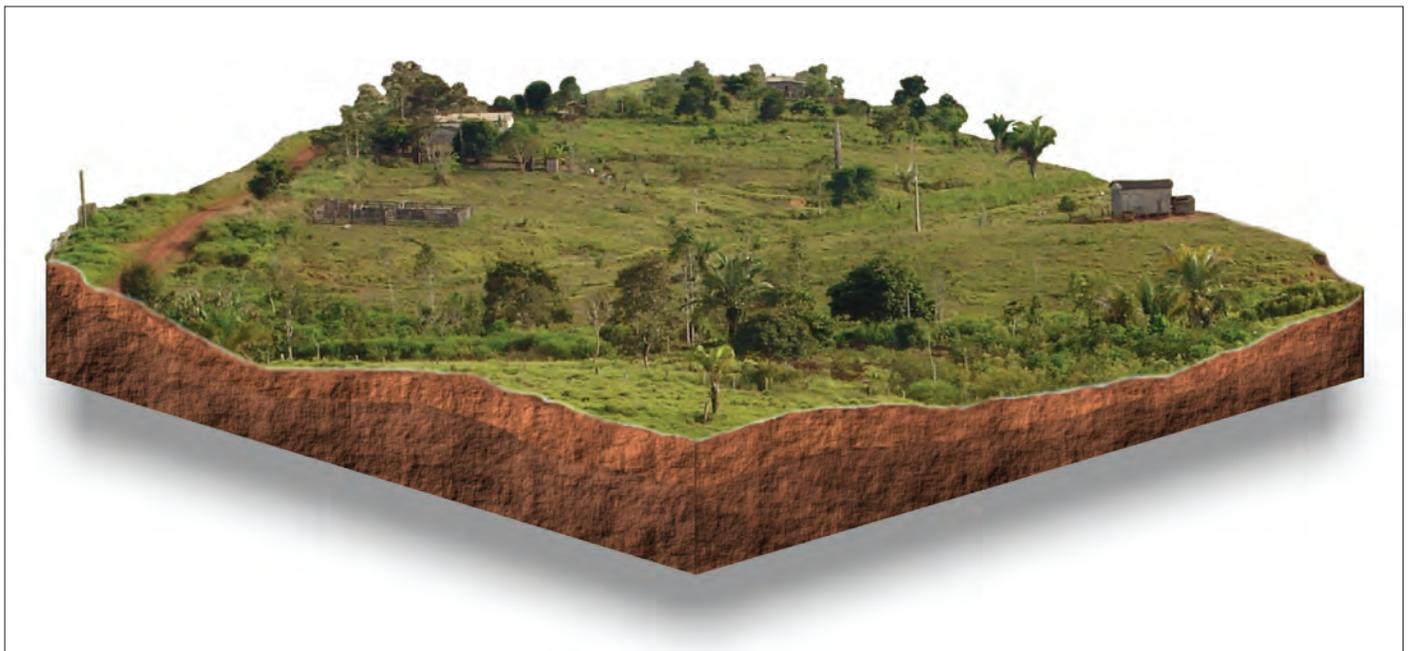


Figura 1 - Modelo Digital de Elevação (MDE) com sobreposição de imagem de satélite  
FONTE: Lani et al. (2008).

do MDEHC, a orientação da hidrografia no sentido do escoamento e a simplificação dos rios de margem dupla.

Os estudos das características fisiográficas de uma bacia hidrográfica são fundamentais para o conhecimento da água no ciclo hidrológico e sua interação com a paisagem. Em consórcio com o SIG, esses estudos trazem bons resultados e podem prevenir prejuízos ambientais e desastres naturais como desmoronamentos e enchentes.

## CARACTERIZAÇÃO FISIOGRAFICA DE BACIAS HIDROGRAFICAS

O conhecimento físico das bacias é de grande importância, pois de acordo com estes parâmetros é que o técnico irá decidir, juntamente com os agricultores, pelos métodos de controle de erosão, técnicas de preservação do meio ambiente, bem como pela comparação dessa bacia com as demais em outras regiões.

Tendo conhecimento desses aspectos, o técnico poderá contar com um acervo de informações relevantes, o que facilita sobremaneira o planejamento dos trabalhos e projetos técnicos.

A seguir são apresentadas as características mais utilizadas para o planejamento em bacias hidrográficas.

### Coefficiente de compacidade

O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. De acordo com Villela e Mattos (1975), esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a um. Uma bacia será mais suscetível a enchentes

mais acentuadas, quando seu  $K_c$  for mais próximo da unidade. O  $K_c$  é determinado com base na seguinte expressão:

Equação 1:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

em que:

$K_c$  = coeficiente de compacidade;

$P$  = perímetro (km);

$A$  = área de drenagem ( $\text{km}^2$ ).

### Fator de forma

O fator de forma ( $F$ ) relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia hidrográfica. A forma da bacia e a forma do sistema de drenagem podem ser influenciadas por algumas características, principalmente pela geologia e pelo comportamento hidrológico da bacia. Segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia com fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra do mesmo tamanho, porém com fator de forma maior. O fator de forma é determinado utilizando-se a expressão:

Equação 2:

$$F = \frac{A}{L^2}$$

em que:

$F$  = fator de forma;

$A$  = área de drenagem ( $\text{km}^2$ );

$L$  = comprimento do eixo da bacia (km).

### Índice de circularidade

O índice de circularidade ( $IC$ ), preconizado por Müller (1953) e Schumm (1956), tende para a unidade, à medida que a bacia se aproxima da forma circular, e diminui, à medida que a forma tende a se alongar. Para isso, utiliza-se a expressão:

Equação 3:

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2}$$

em que:

$IC$  = índice de circularidade;

$A$  = área de drenagem ( $\text{km}^2$ );

$P$  = perímetro (km).

### Ordem dos cursos d'água

A ordem dos cursos d'água pode ser determinada seguindo os critérios introduzidos por Horton (1945) e Strahler (1957). A classificação mais utilizada é a de Strahler, em que os canais sem tributários são designados de primeira ordem. Os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. Os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e, assim, sucessivamente (SILVEIRA, 2001). A junção de um canal de dada ordem a um canal de ordem superior não altera a ordem deste.

### Densidade de drenagem

O sistema densidade de drenagem ( $D_d$ ) é formado pelo rio principal e seus tributários, e esta densidade reflete a influência da geologia, do relevo, do solo e da vegetação da bacia hidrográfica. Seu estudo indica a maior ou a menor velocidade com que a água de escoamento superficial sai da bacia hidrográfica, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede – sejam perenes, intermitentes, sejam temporários – e a área total da bacia. Indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem. A  $D_d$  é determinada utilizando a expressão:

Equação 4:

$$D_d = \frac{L_t}{A}$$

em que:

$D_d$  = densidade de drenagem ( $\text{km}/\text{km}^2$ );

$L_t$  = comprimento total de todos os canais (km);

$A$  = área de drenagem ( $\text{km}^2$ ).

## Declividade média

A declividade média de uma bacia determina a maior ou a menor velocidade de escoamento superficial da água e está relacionada com a magnitude dos picos de enchentes e de infiltração, ao maior ou ao menor grau de erosão associados à cobertura vegetal, ao tipo de solo e ao seu uso e ocupação. Neste contexto, a determinação das classes de declividade (Quadro 1) é fundamental no planejamento das atividades a serem desenvolvidas nas bacias hidrográficas.

QUADRO 1 - Classes de declividade em relação ao relevo

Classes de relevo	Declividade (%)
Plano	0 – 3
Suave ondulado	3 – 8
Ondulado	8 – 20
Forte ondulado	20 – 45
Montanhoso	45 – 75
Escarpado	> 75

FONTE: Embrapa (1999).

## Extensão média do escoamento superficial

O índice da extensão média do escoamento superficial (I) derivou da relação:

Equação 5:

$$I = \frac{A}{4L}$$

em que:

A = área da bacia (km<sup>2</sup>);

L = comprimento do curso de água em km.

## Sinuosidade do curso d'água

Para determinar a sinuosidade do curso d'água (SIN), adotou-se a relação entre o comprimento do rio principal (L) e o comprimento da bacia (distância entre a foz e a nascente do rio principal):

Equação 6:

$$\text{Sin} = \frac{L}{L_b}$$

em que:

L = comprimento do rio principal (km);

L<sub>b</sub> = comprimento da bacia (km).

## Curva hipsométrica

Curva hipsométrica é a representação gráfica do relevo médio da bacia. Determinam-se as áreas entre as curvas de nível.

## Declividade de álveo

Obtém-se a declividade do curso d'água principal, dividindo a diferença total de elevação do leito pela extensão horizontal do curso d'água entre os pontos considerados.

## Declividade da microbacia

Primeiramente, determina-se a área entre as curvas de níveis com uma diferença homogênea de nível entre si. Em seguida, determina-se o comprimento da projeção das curvas de níveis subsequentes. De posse desses dados, realizam-se alguns cálculos.

Considerando um valor X, em metros, a diferença de nível entre "a" e "b" e o comprimento da linha "a", igual a L<sub>a</sub>, e da linha "b", igual a L<sub>b</sub>, têm-se:

$$\text{Área} = \frac{(L_a + L_b)}{2} \times H$$

$$\frac{D_n}{H} = \text{sen}(\alpha)$$

$$\cos(\alpha) \times H = (PH)$$

Conclui-se:

Equação 7:

$$D = \frac{D_n}{PH} \times 100$$

em que:

H = hipotenusa do triângulo (comprimento da rampa);

A = área entre as curvas de nível;

D<sub>n</sub> = diferença de nível;

PH = projeção da hipotenusa;

D = declividade da área considerada (%).

## Tempo de concentração

O tempo de concentração é calculado segundo Giandotti (apud EUCLYDES, 1987), pela expressão:

Equação 8:

$$TC = \frac{(4 \times A + 1,5 \times L)}{(0,8 \times (H_m - H_o))}$$

em que:

A = área da bacia (km<sup>2</sup>);

L = comprimento do talvegue (km) (adota-se L igual ao comprimento do rio principal);

H<sub>m</sub> = altitude média da bacia (m);

H<sub>o</sub> = altitude final do trecho (m).

## CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTES

Os dados SRTM possuem diversas aplicações em análises ambientais de solos, geologia, geomorfologia e análises qualitativas e quantitativas de relevo, representando uma boa alternativa de base de dados, que, somada ao trabalho de campo (checagem e levantamentos de novas informações), permite a criação de mapas temáticos do meio físico, biótico e social.

No manejo de bacias hidrográficas, o uso dos dados SRTM permite delimitar, caracterizar e mapear diferentes ambientes: solo, identificação e caracterização das classes de solo, uso atual e cobertura vegetal, aptidão agrícola, delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) etc. São análises que também estão diretamente relacionadas com a necessidade de uso de produtos de sensoriamento remoto, como aerofotos e imagens de satélite de alta resolução, além de dados de campo para a comparação entre resultados.

De forma resumida, por meio da identificação e da demarcação das classes de uso sobre as imagens, é criada uma rede de polígonos de uso, classificada e transformada em mapa de uso e ocupação do solo, que representará as principais atividades

antrópicas e/ou não antrópicas presentes na área (Fig. 2). A partir desse levantamento, são identificadas as principais tipologias florestais presentes na região, a fim de gerar o mapa de cobertura vegetal.

Os mapas e estudos relativos à caracterização e à quantificação da cobertura vegetal são igualmente importantes para o manejo de recursos hídricos. Áreas de floresta, que possuem papel essencial na conservação dos recursos naturais como áreas de Reserva Legal (RL), Unidades de Conservação e APPs são mapeadas para as mais diversas finalidades, como cumprimento da legislação, monitoramento

e prevenção de incêndios, fiscalização, estudos de inventário florestal, manejo florestal e outros.

Para identificação das principais tipologias florestais, podem ser usadas imagens gratuitas e/ou adquiridas. Vai depender do grau de precisão que se deseja alcançar no levantamento e dos recursos disponíveis, sendo a China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS) e a Landsat as imagens de satélite mais comuns, além das aerofotos ortorretificadas em diversas escalas.

No caso das APPs, o SIG também possui papel estratégico, visto que a principal causa do assoreamento de rios e córregos

é a retirada da vegetação natural dessas áreas, para fins de ocupação e/ou outras atividades antrópicas. De acordo com a Resolução nº 303, de 20 de março de 2002 (CONAMA, 2002), as APPs devem ser mantidas conservadas, a fim de cumprir suas funções ambientais. Essas áreas possuem ligação estreita com a manutenção da qualidade da água em uma bacia hidrográfica e no ecossistema como um todo, com funções de proteção de cursos d'água e nascentes, atuando diretamente na preservação dos recursos hídricos.

Assim, as análises em SIG permitem a identificação e a delimitação das APPs

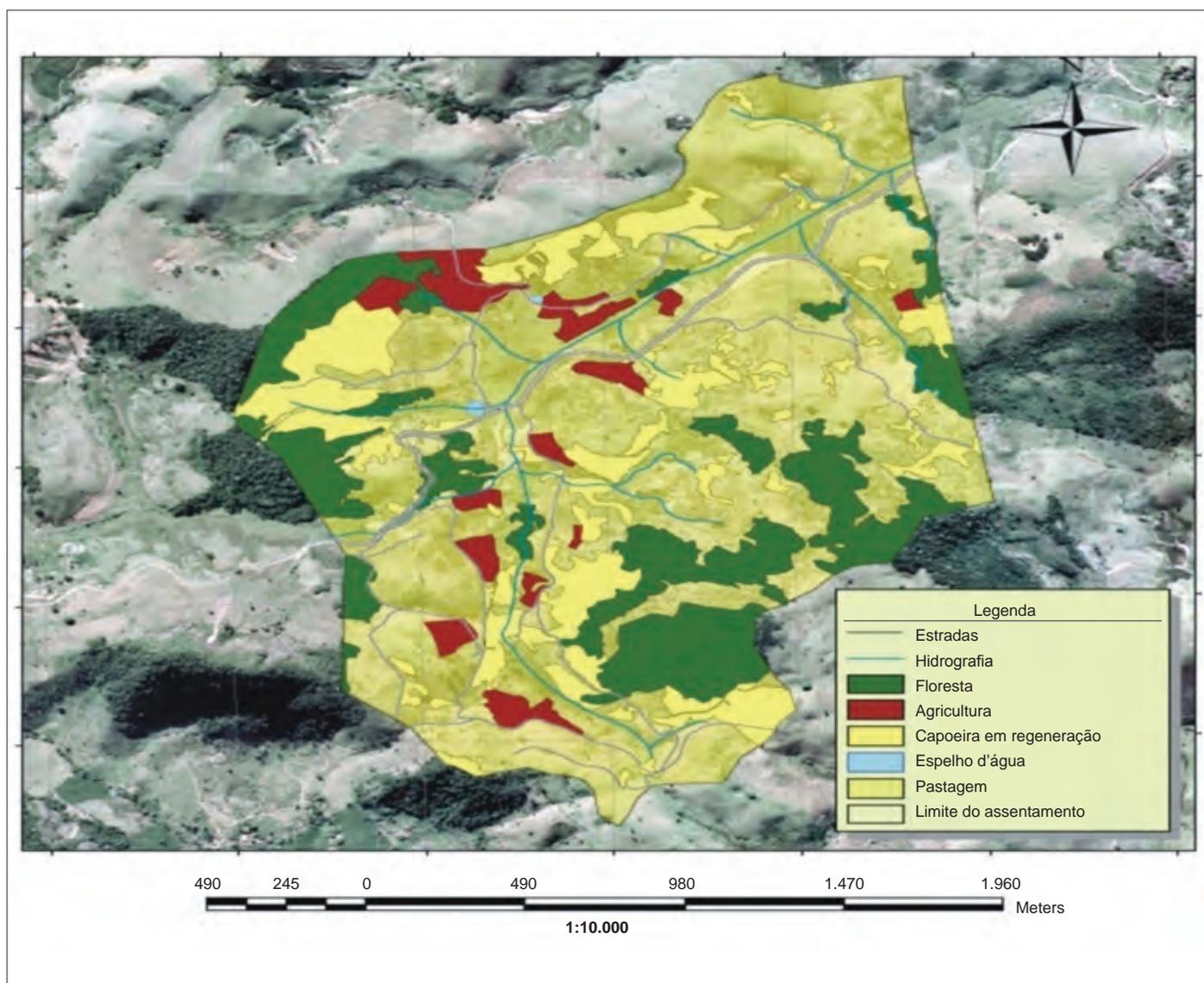


Figura 2 - Uso do solo e cobertura vegetal no Assentamento Che Guevara, Mimoso do Sul, Espírito Santo - 2009  
FONTE: Lani et al. (2008).

de acordo com a Resolução nº 303, de 20/3/2002 (BRASIL, 2002), além de sua visualização e plotagem em mapas temáticos, que também podem ter suas informações cruzadas com outros dados, gerando, assim, nova informação de grande utilidade, fortalecendo as ações ambientais de monitoramento, fiscalização e controle dessas áreas (Fig. 3).

Ao cruzar, por exemplo, o mapa de uso do solo com suas respectivas classes de uso, associadas com o mapa de APP, é possível inferir sobre conflitos que, porventura, estejam acontecendo nessas áreas e que deveriam estar sendo preservadas.

Essas análises podem ser realizadas a partir de informações obtidas do MDE, com dados topográficos e hidrográficos, e, na maior parte dos estudos, contemplam as APPs em torno de nascentes e ao longo de rios e cursos d'água, APP de topo de morro e áreas com declividade maior do que 45°.

As imagens SRTM também são de grande relevância para o mapeamento de solos, visto que suas classes possuem estreita relação com os dados altimétricos que o SRTM fornece (Fig. 4). Segundo Bardales (2009), as feições geológicas e geomorfológicas, assim como os solos, têm relação direta com o relevo, podendo

as imagens ajudar de maneira relevante na elaboração de mapas temáticos, o que facilita o trabalho para pedólogos e pesquisadores.

Assim, a partir das interpretações do relevo, associadas aos dados altimétricos (SRTM), são determinadas as unidades de solos, gerando um modelo fisiográfico da área de interesse. Com o auxílio de análises físicas, químicas, mineralógicas e morfológicas é possível gerar o mapa de aptidão agrícola (ou agroflorestal) das terras, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS) (BARDALES, 2009).

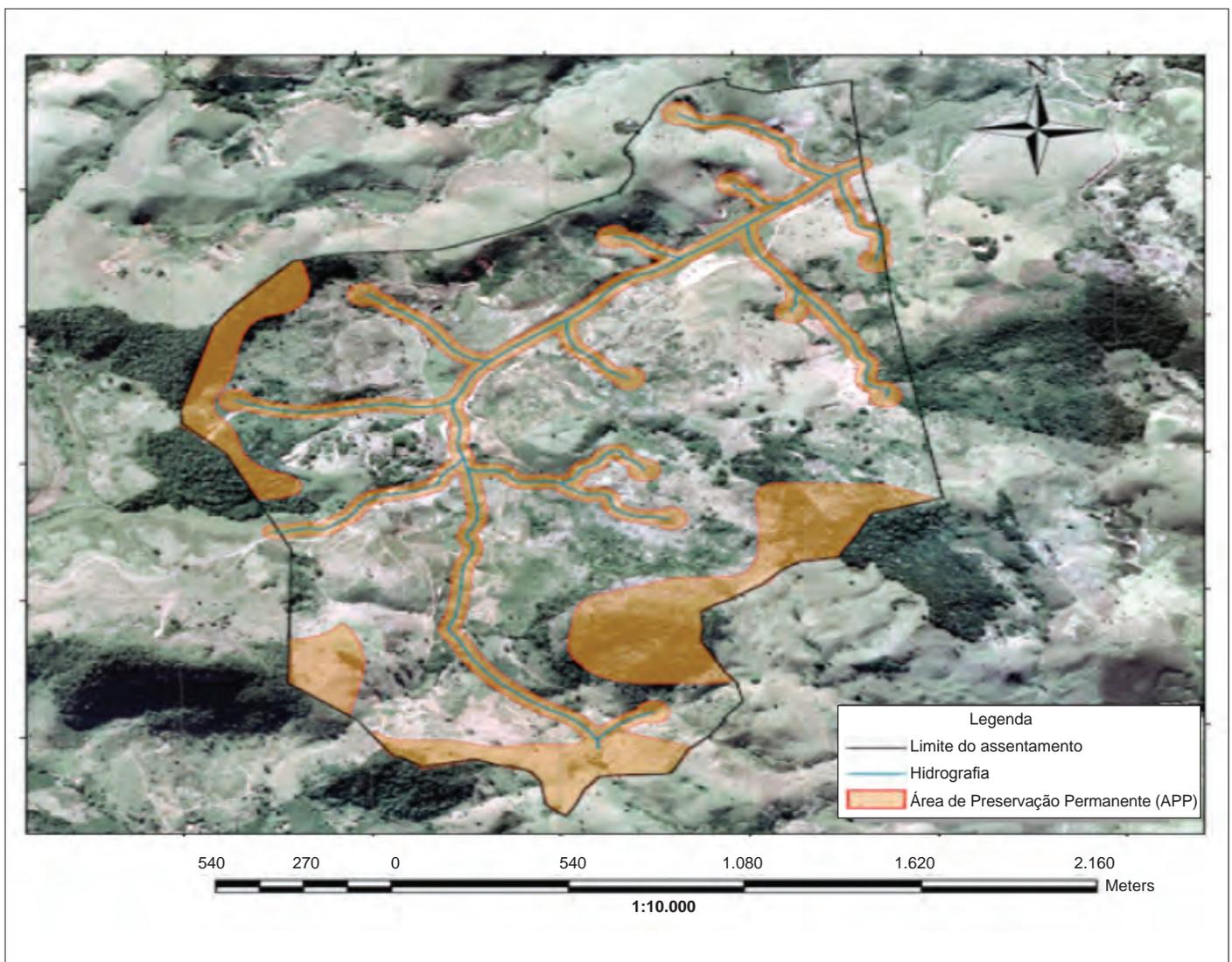


Figura 3 - Áreas de Preservação Permanente (APPs) no Assentamento Che Guevara, município de Mimoso do Sul, Espírito Santo - 2009

FONTE: Lani et al. (2008).

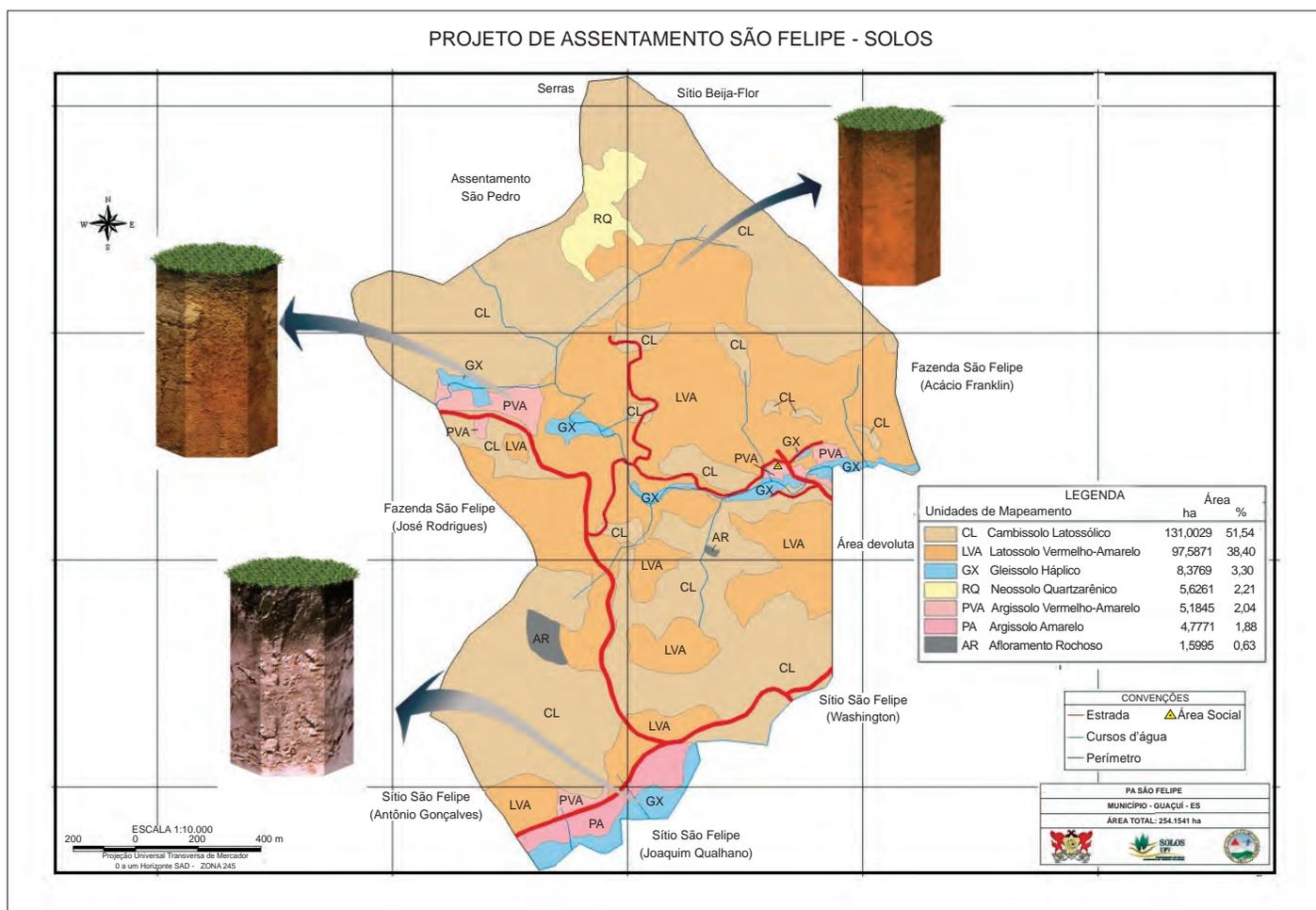


Figura 4 - Principais classes de solos identificadas no Projeto de Assentamento São Felipe - município de Guaçuí, ES  
 FONTE: Lani et al. (2008).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise espacial tem contribuído para subsidiar a tomada de decisões e a consequente intervenção no espaço nas diversas áreas, em especial na gestão dos recursos hídricos. Assim, pela facilidade da análise e da visualização a partir de produtos, imagens e mapas, gerados por um SIG, evidencia-se que uma das grandes capacidades de análise de dados georreferenciados é a sua manipulação para produzir novas informações. Dessa forma, a análise espacial de uma bacia hidrográfica, independentemente do seu tamanho, é um dos aspectos mais importantes nos processos de planejamento com vistas à sustentabilidade ambiental e social dessa unidade fisiográfica.

Conforme se pode observar nos exemplos apresentados, a visualização dos resul-

tados de uma análise, por meio de um SIG, possibilita um melhor entendimento dos problemas e, conseqüentemente, chega-se com mais agilidade a uma solução ou a medidas mitigadoras para sua solução.

## AGRADECIMENTO

À FAPEMIG pelo financiamento das pesquisas e pelas bolsas concedidas.

## REFERÊNCIAS

ALVES, M.R. **Caracterização e uso da bacia hidrográfica do Córrego Zerede, Timóteo-MG**. 2005. 95f. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BARDALES, N.G. **Estratificação ambiental, classificação, mineralogia e uso do solo da microbacia de Igarapé Xiburema, Sena Madureira, Acre**. 2009. 228p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Uni-

versidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

BESKOW, S. et al. Estimativa do escoamento superficial em uma bacia hidrográfica com base em modelagem dinâmica e distribuída. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.33, n.1, p.169-178, jan./fev. 2009.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 jan. 1997.

CARVALHO, E.M. de et al. Utilização do geoprocessamento para avaliação de riscos de erosão do solo em uma bacia hidrográfica: estudo de caso da Bacia do Rio Passa

Cinco/SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3., 2010, Recife. **A informação geoespacial: inovação tecnológica, ocupação e monitoramento.** Recife: UFPE, 2010. p.001-008. Disponível em: <[http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IISIMGEO\\_CD/artigos/cartografiaeSIG/SIG/A\\_101.pdf](http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IISIMGEO_CD/artigos/cartografiaeSIG/SIG/A_101.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2010.

CONAMA. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 maio 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

EUCLYDES, H.P. **Saneamento agrícola - atenuação das cheias: metodologia e projeto.** 2.ed. Belo Horizonte: Ruralminas, 1987. 305p.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydro-

physical approach to quantitative morphology. **The Geological Society of American Bulletin**, v.56, n.3, p.275-370, Mar. 1945.

LANI, J.L. et al. **Atlas de ecossistemas do Espírito Santo.** Vitória: SEMA, 2008. v.1, 504p.

MACHADO, M.M.M. **Projeto em geoprocessamento: aplicação em ambiente ArcView.** Belo Horizonte: UFMG - Instituto de Geociências - Departamento de Cartografia, 2007. Apostila do Curso de Especialização em Geoprocessamento da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/Apostila%20ProjetoGeo%202005.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2010.

MELGAÇO, L.; SOUZA FILHO, C.; STEINMEYER, M. **Comparação entre Modelos Digitais de Elevação gerados por sensores ópticos e por radar.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p.1215-1220.

MÜLLER, V.C. **A quantitative geomorphol-**

**ogy study of drainage basin characteristic in the clinch mountain area.** New York: Virginia and Tennessee - Department of Geology, 1953. 30p. (Technical Report, 3).

SANO, E.E. et al. Estruturação de dados geoespaciais no contexto de fazenda experimental. ASSAD, E.D.; SANO, E.E. (Ed.). In: **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura.** Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1993. p.63-85.

SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy, New Jersey. **The Geological Society of America Bulletin**, v.67, n.5, p.597-646, May 1956.

SILVEIRA A.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org). **Hidrologia: ciência e aplicação.** São Paulo: USP, 2001. p. 35-51.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of American Geophysical Union**, New Haven, v.38, p.913-920, 1957.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245p.

Para conhecer um bom vinho,



é preciso mais do que saber abri-lo.

## CURSOS REGULARES DO NÚCLEO TECNOLÓGICO EPAMIG UVA E VINHO

- Iniciação ao vinho e à degustação
- Elaboração de vinhos
- Plantio e tratos culturais em videiras

Inscrições e informações  
Fone: (35) 3735 1101  
[fecd@epamig.br](mailto:fecd@epamig.br) ou  
[epamig@epamigcaldas.gov.br](mailto:epamig@epamigcaldas.gov.br)

Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho | Fazenda Experimental de Caldas  
Av. Santa Cruz, 500 • Caldas • MG • CEP 37780-000

Realização

Apoio



# Mais

força no controle  
de nematoides.

**Rugby**  
Nematicida/Inseticida 200 CS

\*M151



- Rápido início do controle
  - Prolongada ação residual
  - Formulação microencapsulada
  - Melhor aproveitamento, maior produtividade
- DÊ UMA FORÇA PARA A SUA PLANTAÇÃO DE CAFÉ: USE RUGBY.**



#### 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 receita. Utilize sempre os equipamentos de proteção individual. Nunca permita a utilização do produto por menores de idade. Faça o Manejo Integrado de Pragas. Descarte corretamente as embalagens e restos de produtos. Use exclusivamente agrícola.

CONSULTE SEMPRE UM ENGENHEIRO AGRÔNOMO. VENDA SOB RECEITUÁRIO AGRONÔMICO.



[fmcagricola.com.br](http://fmcagricola.com.br)

**FMC**

Fazendo Mais pelo Campo

# Qualidade da água em bacias hidrográficas

*Antonio Teixeira de Matos<sup>1</sup>  
Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco<sup>2</sup>  
Marcos Alves de Magalhães<sup>3</sup>*

**Resumo** - Um dos principais problemas que têm contribuído para a degradação da qualidade da água em bacias hidrográficas é o lançamento de águas residuárias domésticas e oriundas de atividades agropecuárias e agroindustriais, sem tratamento, em corpos hídricos receptores. Para avaliar a condição, em termos de qualidade, de um curso d'água, tem sido utilizado o Índice de Qualidade da Água (IQA), que leva em consideração as seguintes variáveis: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrato, fosfato total, desvio da temperatura normal da água, turbidez e resíduo total (sólidos totais). Além do IQA, outro índice utilizado é o da contaminação por tóxicos (CT) e, para sua obtenção, são considerados os seguintes componentes: amônia não ionizável (NH<sub>3</sub>), arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianetos, cobre, crômio hexavalente, índice de fenóis, mercúrio, nitritos e zinco. Para minimizar a contaminação de águas superficiais, torna-se essencial que as águas residuárias sejam tratadas, antes de seu lançamento no corpo hídrico receptor. Nesse caso, a concepção e o dimensionamento de sistemas de tratamento de águas residuárias devem-se basear no objetivo e no nível do tratamento, sempre norteados ao atendimento das exigências da Legislação Ambiental. Entretanto, caso a destinação final da água residuária seja o solo, o nível de tratamento não necessita ser avançado, porém deve-se atentar para a aplicação de doses que não coloquem em risco a qualidade do solo, das plantas e das águas subterrâneas.

**Palavras-chave:** Qualidade da água. Tratamento. Índices. Contaminação. Água residuária.

## INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas que têm contribuído para a degradação da qualidade da água em bacias hidrográficas é o lançamento de águas residuárias domésticas e oriundas de atividades agropecuárias e agroindustriais, sem tratamento, em corpos hídricos receptores. Além disso, é fato que o manejo inadequado do solo também contribui para a degradação da qualidade da água, pois, com a ocorrência da erosão hídrica, são transportados materiais particulados, fertilizantes químicos, matéria orgânica (MO), sementes e pesticidas agrí-

colas, provocando poluição e assoreamento dos recursos hídricos.

As atividades agropecuárias e agroindustriais têm proporcionado sérios problemas de poluição no solo, em águas superficiais e em águas subterrâneas. Como os resíduos de atividades agroindustriais e agropecuárias apresentam, em geral, grande concentração de material orgânico, seu lançamento em corpos hídricos pode proporcionar grande decréscimo na concentração de oxigênio dissolvido nesse meio, cuja magnitude depende da concentração de carga orgânica e da quantidade lançada,

além da vazão do curso d'água receptor.

Quando há o lançamento de grande quantidade de material orgânico oxidável no corpo hídrico, as bactérias aeróbias, para estabilizarem o material orgânico presente, passam a utilizar o oxigênio disponível no meio aquático, baixando sua concentração na água, e, com isso, provoca a morte de peixes e outros animais aquáticos aeróbios, por asfixia. Este problema agrava-se, ainda mais, no verão e em países de clima tropical, uma vez que em elevadas temperaturas, a taxa de degradação do material orgânico é maior

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agrícola, D.S., Prof. Associado UFV - Depto. Engenharia Agrícola, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: [atmatos@ufv.br](mailto:atmatos@ufv.br)

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agrícola, Pós-Doutoranda, Prof<sup>a</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Santa Teresa, CEP 29660-000. Correio eletrônico: [paolalomonaco2004@yahoo.com.br](mailto:paolalomonaco2004@yahoo.com.br)

Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S., Prof. Centro Universitário de Caratinga (UNEC), CEP 35300-047 Caratinga-MG. Correio eletrônico: [marcos@ufv.br](mailto:marcos@ufv.br)

e a capacidade do meio líquido em manter o oxigênio dissolvido é menor. Em caso de lançamento de grandes cargas orgânicas, além de proporcionar a morte de animais, pode provocar a exalação de odores fétidos e de gases agressivos, causar eutrofização de rios e lagos e dificultar o tratamento da água para o abastecimento público. Além desses problemas, proporciona perda na biodiversidade do meio, possibilita a ocorrência de floração de algas, cianobactérias e macrófitas aquáticas, restrição aos usos múltiplos da água e efeitos sobre a saúde humana.

## VARIÁVEIS MONITORADAS EM ÁGUA

As principais variáveis utilizadas para caracterização da qualidade da água, são: temperatura, sabor e odor, cor, turbidez, concentração de sólidos em suspensão e dissolvidos, condutividade elétrica, pH, alcalinidade, acidez, dureza e concentração de oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio (total, nitrato e amoniacal, fósforo, ferro e manganês, óleos e graxas, detergentes (surfactantes), metais pesados, além da contagem de coliformes (fecais e termotolerantes). A condutividade elétrica, alcalinidade e dureza dão ideia do grau da concentração de sólidos inorgânicos dissolvidos na água. A avaliação da poluição orgânica pode ser obtida com a determinação da concentração de oxigênio dissolvido, DBO, DQO na amostra, as quais indicam presença de material orgânico na água. A determinação das formas do nitrogênio também pode auxiliar na avaliação do grau de mineralização do material orgânico presente na água, já que a presença de formas inorgânicas (nitrato e amônio), em detrimento das orgânicas (nitrogênio orgânico), indica presença predominante de sólidos inorgânicos. A avaliação da condição trófica ou da riqueza de nutrientes nas águas pode ser obtida determinando-se, basicamente, as concentrações de nitrogênio e fósforo na amostra.

Além disso, a presença do íon amônio pode ser considerada indicativa da ocorrência de poluição orgânica de origem recente. Por outro lado, a presença de maior concentração de nitrato em relação ao amônio é indicativa de condição oxidante no meio e poluição mais remota. A contaminação química decorrente de indústrias e de mineração pode ser detectada pela presença de metais pesados e organossintéticos nas águas. Estas indicações podem, porém, ser enganosas, pois na agropecuária, em razão do uso de micronutrientes na fertilização do solo, uso como fungicidas e na ração de animais, alguns metais pesados podem ser encontrados nas águas. Poluição com águas residuárias domésticas ou agroindustriais pode ser identificada pela presença de detergentes nas águas e poluição decorrente de atividades agropecuárias, pela presença de pesticidas, material fecal (coliformes indicadores) e nutrientes nas águas.

## Índices de qualidade da água

Para consideração da ocorrência ou não de poluição na água, é fundamental uma análise prévia das concentrações normais na região, que deverão variar com o material geológico e características do solo e tipo da vegetação dominante na bacia hidrográfica de contribuição das águas superficiais e subterrâneas.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), em sua Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005), classificou as águas do território nacional com os seguintes objetivos: assegurar seus usos preponderantes; definir grau de exigência para tratamento de efluentes; facilitar o enquadramento e o planejamento do uso de recursos hídricos, criando instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas e preservar a saúde humana e o equilíbrio ecológico aquático. Estabeleceu-se a divisão das águas em três grandes grupos: Doces: salinidade < 500 mg/L; Salobras: salinidade entre 500 e 30.000 mg/L; Salinas: salinidade > 30.000 mg/L.

O grupo das águas doces, o mais comumente encontrado em áreas territoriais, é dividido em cinco classes:

- a) especial: classe cuja principal característica é a ausência de coliformes totais, em qualquer amostragem, e o uso para fins mais nobres;
- b) classe 1: águas de boa qualidade, nas quais não se verificam efeitos tóxicos crônicos a organismos;
- c) classe 2: águas de qualidade igual à da classe 1, porém apresentam algumas dessas variáveis com valor acima do estabelecido para a classe 1; turbidez, ou cor, ou DBO<sub>5</sub>, clorofila a, densidade de cianobactérias, concentração de fósforo total, contagem de coliformes totais e termotolerantes, ou menor concentração de oxigênio dissolvido (OD);
- d) classe 3: as águas desta classe não devem proporcionar efeito tóxico agudo a organismos, porém sua qualidade é bem inferior a das águas da classe 2;
- e) classe 4: águas de pior qualidade, devendo ser usadas para fins menos nobres.

Cada uma das classes apresentadas corresponde a uma determinada qualidade a ser mantida no corpo d'água, sendo esta qualidade expressa na forma de padrões, estabelecidos e apresentados na Resolução nº 357, de 17/3/2005 (CONAMA, 2005). Além dos padrões de qualidade dos corpos receptores, esta Resolução apresenta padrões para o lançamento de águas residuárias nos corpos d'água, pois o controle efetivo das fontes poluidoras com base nos padrões de lançamento é mais fácil do que na qualidade do corpo receptor.

Os padrões de qualidade dos corpos d'água e de lançamento de águas residuárias em corpos hídricos receptores estão, intencionalmente inter-relacionados, objetivando, com a aplicação em conjunto, preservar sua qualidade. O inter-relacionamento entre os dois padrões dá-se para

que a água residuária, além de satisfazer os padrões de lançamento, proporcione condições tais no corpo receptor, que a qualidade deste permaneça compatível com as exigências estabelecidas no seu enquadramento. O padrão de lançamento pode ser excedido, com permissão do órgão ambiental, caso os padrões de qualidade do corpo receptor sejam resguardados, de acordo com resultados obtidos em estudos de impacto ambiental, e desde que fixados o tipo de tratamento e as condições para o lançamento do efluente.

É importante ressaltar que tudo o que está estabelecido na Resolução nº 357, de 17/3/2005 (CONAMA, 2005) são padrões referenciais de qualidade para enquadramento de cursos d'água e que podem ser utilizados na avaliação da água e nunca como padrões referenciais de seu uso. A interpretação correta para o que está estabelecido nessa Resolução é que a água de corpos hídricos adquira a qualidade esperada para um determinado uso. Para isso deverá apresentar qualidade compatível com os padrões da referida classe em que o uso requerido está inserido na resolução. Os padrões, por sua vez, foram estabelecidos como referenciais de melhoramento a ser alcançado ou de preservação da qualidade da água da bacia hidrográfica. Entretanto, não estão implícitos esses padrões de qualidade de água, para que possam ser utilizados e servir como argumento legal de uso adequado ou não da água.

Para ser considerada potável, ou seja, com qualidade adequada ao consumo humano, a água deve atender a padrões de qualidade microbiológicos, físicos, químicos e radioativos, definidos, no Brasil, pelo Ministério da Saúde, por meio da Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004). Dessa forma, toda e qualquer água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância de sua qualidade. As exigências contemplam ausência completa de contaminação por agentes patogênicos, de substâncias tóxicas ou venenosas e

limites para a presença de MO e mineral em solução. Isso leva à necessidade de tratamento prévio da água, principalmente para os consumos doméstico e industrial, que possuem requisitos de qualidade mais exigentes.

As variáveis de importância na avaliação da qualidade da água para irrigação não são, necessariamente, as mesmas de qualificação ambiental de águas superficiais. Aspectos químicos que possam causar alterações físicas e químicas nos solos e/ou prejuízos à produtividade agrícola, além de aspectos microbiológicos, em razão dos riscos sanitários, passam a ser referência. Para a irrigação, a qualidade da água deve ser avaliada em termos de problemas relativos à salinidade e permeabilidade do solo, toxicidade para plantas e riscos de entupimentos ou desgaste para bombas, tubulações e emissores de água.

Águas altamente salinas, assim como aquelas que contêm elementos tóxicos, representam perigo para os animais e podem afetar a qualidade da carne e do leite, a ponto de torná-los inadequados para consumo. Estas substâncias podem afetar o sabor da água, aumentando a recusa pelo animal, serem tóxicas a estes, ou acumularem-se em seu organismo, até o ponto de seus produtos (carne e leite) tornarem-se inapropriados ao consumo humano. O consumo de água de qualidade inferior, durante vários meses, pode provocar desarranjos fisiológicos e até a morte dos animais (normalmente os lactantes, os mais jovens e os doentes são os mais suscetíveis).

A qualidade da água, para uso na aquicultura, está próxima à potável, embora a turbidez possa ser um pouco maior. A qualidade química deve ser, entretanto, muito bem preservada, sob pena de tornar inviável a atividade.

Uso da água para fins recreativos - considera-se primário, o contato direto e prolongado com a água (tais como natação, mergulho, esqui-aquático), no qual a possibilidade de o banhista ingerir água é

elevada; secundário, cujo contato com a água é esporádico ou acidental e a possibilidade de ingerir água é pequena (tais como pesca, navegação, iatismo). Segundo a Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000 (CONAMA, 2001), as águas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) estarão impróprias, se apresentarem mais de 2.500 coliformes termotolerantes (fecais) ou 2.000 organismos *Escherichia coli* por 100 mL.

Portanto, tornou-se necessário desenvolver um índice que pudesse expressar a qualidade da água em cursos d'água, como o Índice de Qualidade de Água (IQA) e a contaminação por tóxicos (CT). Apesar de o primeiro focar, basicamente, a qualidade da água para abastecimento público, tem sido aceito e utilizado para uma avaliação geral.

No cálculo do IQA, de acordo com o estabelecido pelo IGAM (2004 apud MATOS, 2007), são consideradas as seguintes variáveis: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, DBO, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e resíduo total (sólidos totais), considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização para abastecimento público.

A CT é avaliada considerando os seguintes componentes: amônia não ionizável, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianetos, cobre, crômio hexavalente, índice de fenóis, mercúrio, nitritos e zinco. Em função das concentrações observadas, a contaminação pode ser caracterizada como baixa, média ou alta.

## TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Para a concepção e o dimensionamento de sistemas de tratamento de águas residuárias, devem-se definir, primeiramente, o objetivo e o nível que se quer alcançar do tratamento e a destinação adequada do efluente tratado. Caso o efluente seja lançado em corpo receptor, o tratamento deve atender às exigências da Legislação

Ambiental; caso a destinação final seja o solo, deve-se atentar para a aplicação de doses que não coloquem em risco a qualidade do solo, das plantas e das águas subterrâneas.

O aproveitamento agrícola de águas residuárias geradas no meio rural (em criação de animais e agroindústrias) tem sido muito comum. Portanto, muitas vezes não tem sido necessário efetuar o tratamento em grau elevado, tendo em vista que o interesse passa a ser agrícola e não o lançamento em corpo hídrico receptor. Sabe-se que, quanto maior o grau de tratamento da água residuária, mais pobre e desbalanceada esta ficará, em termos químicos, podendo ocorrer perda de interesse quanto ao seu aproveitamento agrícola. Assim, muitas vezes o grau de tratamento requerido para aproveitamento agrícola dessas águas é apenas em nível preliminar e primário, visando apenas facilitar a aplicação da água residuária no solo, não estando associado à remoção de poluentes.

## SISTEMAS DE TRATAMENTO

### Preliminar

O tratamento preliminar constitui etapa inicial de tratamento das águas residuárias, com a qual visa a remoção de sólidos grosseiros, óleos e graxas. Para este fim, têm-se utilizado grades, telas e peneiras, desarenadores ou caixas de areia e de gordura. No caso da presença de decantadores primários no sistema de tratamento, caixas de gordura são dispensáveis.

As principais finalidades da remoção dos sólidos grosseiros são a proteção dos dispositivos de transporte das águas residuárias (bombas e tubulações) e das unidades de tratamento subsequentes ou, caso seja a única etapa de tratamento, minimizar impactos em corpos receptores. A remoção de óleos e gordura justifica-se, para evitar a formação de incrustações nas tubulações e estruturas, além de facilitar o tratamento subsequente da água residuária.

### Primário

No tratamento primário, tem-se por objetivo remover os sólidos em suspensão, passíveis de sedimentação, e parte da MO em suspensão (redução da DBO). Para que isso seja possível, podem ser utilizados processos de sedimentação e filtração.

No caso do aproveitamento agrícola o tratamento por disposição no solo, o efluente do tratamento primário, geralmente, já está em condições de ser utilizado. Caso a opção seja pelo lançamento em corpos hídricos, para atendimento da legislação ambiental (CONAMA, 2005), o tratamento deverá ser, necessariamente, continuado, sendo o efluente primário enviado para recebimento do tratamento secundário.

### Sedimentadores

Nessa operação, a remoção do material particulado suspenso, de menor dimensão ou de menor massa específica que os removidos no desarenador, também ocorrerá por sedimentação. Nos sedimentadores, a água residuária deve fluir vagarosamente, possibilitando, com isso, que parte dos sólidos suspensos possa se sedimentar, gradualmente, no fundo do tanque. A velocidade de escoamento da água residuária deve estar abaixo da velocidade de arraste, que não deve ser excedida para que não haja risco de ressuspensão e carreamento de material depositado no fundo do tanque.

Para maior e mais rápida sedimentação dos sólidos em suspensão, pode ser necessária a adição de agentes coagulantes. Estes servem para aproximar as partículas em suspensão, possibilitando a formação de flocos de maior velocidade de sedimentação.

Agentes coagulantes mais comuns são o sulfato de alumínio, sulfato ferroso e cloreto férrico. Coagulantes alternativos também podem ser utilizados, dentre estes o extrato de semente de Moringa.

Os tanques de sedimentação podem ser retangulares ou cilíndricos e devem ser construídos em concreto. A largura e o comprimento ou o raio devem ser determi-

nados conforme a vazão da água que será tratada. Para o adequado funcionamento do sedimentador, deve-se manter a vazão o mais constante possível e remover o lodo sedimentado no prazo determinado no projeto. Ao fundo do sedimentador deve ser instalado um sistema de drenagem do lodo, que pode ser constituído por apenas uma tubulação, onde deverá ser instalada uma válvula para possibilitar a remoção, por gravidade, quando possível, a limpeza do sedimentador. O lodo removido de sedimentadores deverá ser secado ao sol e pode ser disposto em áreas de cultivo, uma vez que são constituídos, preponderantemente, por material de solo e restos vegetais.

A sedimentação pode ser a única etapa de tratamento de águas residuárias, dependendo da forma escolhida para a disposição final desta água. No caso da opção por disposição no solo pelo método da fertirrigação, utilizando-se sistemas de aplicação de média/alta pressão ou chorro-meiras, a decantação da água residuária é, muitas vezes, suficiente. No caso de aplicação na forma localizada (gotejamento ou microaspersão), o efluente do decantador deverá passar por um filtro de areia ou, preferivelmente, orgânico, onde serão removidas partículas passíveis de entupimento dos emissores.

### Filtros orgânicos

Uma alternativa aos filtros convencionais, necessários para remoção de sólidos em suspensão, é a utilização dos filtros orgânicos, cujo efluente pode ser aplicado via fertirrigação de culturas agrícolas, utilizando-se sistemas de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão). Esses filtros utilizam materiais orgânicos, passíveis de frequente troca, possibilitando eficiente remoção de sólidos. O material filtrante removido dos tanques pode ser submetido à compostagem, proporcionando a produção de adubos orgânicos.

Para que haja maior eficiência na remoção dos sólidos em suspensão, sem que ocorra decréscimo muito acentuado na

velocidade de filtração da água residuária, a compressão dos materiais filtrantes deve ser tal que promova redução em média de 5% a 10%, no caso de serragem, e de 10% a 15%, no caso de bagaço de cana-de-açúcar. Reduções de mais de 25% do volume devem ser feitas, se o filtro for constituído de pergaminho de grãos de café não triturados, já com o pergaminho triturado reduções na faixa de 10% a 15% já foram suficientes para remoção satisfatória de sólidos suspensos de água residuária do descascamento/despolpa de frutos do cafeeiro.

O material filtrante a ser utilizado nos filtros orgânicos deverá ser retirado de tempos em tempos, em decorrência da obstrução gradativa dos poros do filtro, diminuindo a velocidade de filtração do líquido.

### **Primário/Secundário**

Nesta etapa do tratamento, além da remoção de sólidos sedimentáveis, podem ser removidos sólidos flutuantes e materiais orgânicos dissolvidos, por degradação anaeróbia. Para conseguir este nível de tratamento, podem ser utilizados digestores anaeróbios, filtros anaeróbios, lagoas anaeróbias ou reatores anaeróbios.

A digestão do material orgânico presente na água residuária pode ser realizada em lagoas, filtros e reatores anaeróbios. As fases de degradação do material orgânico são definidas pela atividade metabólica, sequencial, das bactérias acidogênicas, acetogênicas e metanogênicas.

A eficiência de remoção de poluentes no tratamento primário/secundário está entre 65%-80%, para sólidos em suspensão (SS), e entre 60%-75% para a DBO.

### **Secundário**

Nesta etapa, visa-se a remoção de materiais orgânicos finos em suspensão (DBO em suspensão), os quais não foram removidos nas etapas anteriores, e o material orgânico na forma de sólido dissolvido (DBO solúvel).

No tratamento secundário, geralmente, se requer que a água residuária tenha recebido o tratamento preliminar, porém nem sempre é necessário ter sido antecedido por tratamento primário. Enquanto no tratamento preliminar e primário há a predominância de mecanismos físicos de remoção de poluentes, no tratamento secundário a remoção do material orgânico dá-se pelas transformações bioquímicas proporcionadas pelos microrganismos.

Por serem, no geral, águas residuárias relativamente bem balanceadas e ricas em termos nutricionais, as águas residuárias agroindustriais apresentam-se aptas para tratamento biológico, sem qualquer alteração química na sua composição. Grande parte da remoção de poluentes ocorre pela decomposição aeróbia, processo essencialmente inodoro, que possibilita a destruição de parte dos compostos orgânicos não degradados ou parcialmente degradados pelos organismos anaeróbios.

Há grande variedade de métodos de tratamento secundário, sendo os mais utilizados os sistemas de lodos ativados, lagoas de estabilização, filtros biológicos e métodos de disposição das águas residuárias sobre o solo.

No tratamento secundário, a eficiência na remoção de poluentes é variável, uma vez que depende de qual sistema se está utilizando, de detalhes de dimensionamento e projeto e das condições climáticas locais. No entanto, a faixa de remoção de DBO no tratamento secundário encontra-se entre 60% e 99%.

### **Terciário**

No tratamento terciário, objetiva-se apenas a remoção de poluentes específicos (nitrogênio, fósforo, metais pesados, substâncias tóxicas, compostos não biodegradáveis) ou a complementação do tratamento secundário, quando este não remove suficientemente os poluentes.

Com essa finalidade, vários são os processos que podem ser utilizados. Porém, no caso de agrotóxicos persistentes, a ação

biológica de microrganismos e o maior tempo de exposição à luz e à oxidação por meios naturais têm apresentado maior sucesso na remoção desses produtos.

### **Disposição no Solo**

Sabe-se que, no solo, os poluentes presentes na água residuária estão sujeitos a uma série de processos de degradação. Os sistemas de tratamento/disposição apresentam grande potencial de aplicação, pelo baixo custo de implantação e operação. Possibilitam, também, o aproveitamento da água e dos nutrientes nela contidos na agricultura e na recarga de lençóis d'água subterrâneos, além de contribuir com a preservação do meio ambiente, concorrendo, assim, para o aumento da produção de alimentos e a economia de água não servida.

A disposição no solo pode representar uma complementação e ser feita após o tratamento preliminar ou primário. Além dos possíveis benefícios ambientais e agrícolas, estima-se que essa forma de tratamento/disposição oscila num custo de 30% a 50% das demais formas de tratamento convencionais. Deve ser feita de tal modo que não contribua para o aumento de problemas ao meio ambiente, bem como para contaminações de águas subterrâneas e superficiais com agroquímicos e outras substâncias, a contaminação de plantas por metais pesados e influências negativas nas propriedades físicas e químicas do solo. Deve-se, em vista disso, ser estudada e analisada, cuidadosamente, a definição de taxas de aplicação, considerando-se as peculiares capacidades de suporte de cada solo, resguardando a integridade dos recursos naturais.

A remoção dos poluentes do solo ocorre por meio de vários mecanismos de ordem física (sedimentação, filtração, radiação, volatilização e desidratação), química (oxidação e reações químicas, precipitação, adsorção, troca iônica e complexação) e biológica (biodegradação e predação).

Conforme suas propriedades e condições climáticas, o solo tem menor ou maior

capacidade de assimilar os compostos orgânicos complexos. De fundamental importância no uso do solo, como meio de degradação de resíduos orgânicos, estão a taxa de infiltração e o tipo de cobertura vegetal. Tal degradação requer, também, boa aeração, pois condições insuficientes de oxigenação irão conduzir à menor capacidade de assimilação dos compostos orgânicos pelo solo.

Em geral, todos os tipos de solo são capazes de remover e degradar os materiais orgânicos, sendo isso resultado da ação filtrante do solo, seguido pela oxidação biológica. Nos solos argilosos, de textura fina, bem como naqueles com considerável quantidade de MO, além da degradação, reterão os constituintes da água residuária por meio dos mecanismos de adsorção, precipitação e troca iônica.

As águas residuárias podem ser dispostas no solo nas seguintes formas: infiltração-percolação, escoamento superficial, fertirrigação e em sistemas alagados construídos (*wetlands*).

#### Infiltração-Percolação

No método de infiltração-percolação, também denominado, de maneira incorreta, infiltração rápida, o objetivo é utilizar o solo como um filtro, para as águas residuárias, sendo o processo caracterizado pela percolação da água residuária, que fica sujeita à ação filtrante do meio poroso, de forma que a purifique e sirva de recarga às águas freáticas ou subterrâneas. A água residuária, nesse caso, é disposta sobre bacias rasas ou canais de infiltração feitos sobre solos de alta permeabilidade, onde fica sujeita à infiltração e à percolação, pelo perfil do solo.

Sistemas que utilizam esse método podem ser concebidos para proporcionar a percolação do líquido, até que atinja as águas subterrâneas, ou para recuperação do líquido por drenagem subsuperficial ou por bombeamento do líquido de poços freáticos.

As águas residuárias podem ser aplicadas em altas taxas, devendo esta aplicação

ser feita de maneira intermitente, de modo que possibilite períodos de pousio ao solo, proporcionando a estas condições de secagem e restabelecimento das condições aeróbias. A taxa de aplicação no terreno deve variar entre 15-30 cm/d, entretanto, como águas residuárias agroindustriais apresentam características químicas muito diversas, são recomendadas aplicações de, no máximo, 750 kg/ha/d de DBO na área, taxa máxima para que o solo tenha condições de depurar, com eficiência, o material orgânico, evitando grande acúmulo deste no perfil.

As vantagens desse sistema são os pequenos requisitos de área, quando comparados ao de outros métodos de disposição no solo, requisitos energéticos praticamente nulos; reduzida dependência da declividade do terreno; implantação, operação e construção simples e de baixo custo; possibilidade de aplicação, durante todo ano e recarga de lençol freático ou corpos hídricos superficiais. Todavia, pode gerar maus odores, desenvolvimento de insetos e vermes, possível contaminação do lençol freático com constituintes de maior mobilidade no solo e possibilidade de influência negativa em suas propriedades químicas e físicas. Além disso, o método é dependente das características do solo.

#### Fertirrigação

Na técnica da fertirrigação, prioriza-se o aproveitamento dos nutrientes presentes na água residuária, maximizando a reciclagem dos nutrientes no sistema solo-planta. O aproveitamento de águas residuárias, que contenham nutrientes, na fertirrigação de culturas agrícolas possibilita o aumento da produtividade e qualidade dos produtos colhidos, por proporcionar melhoria nas características físicas, químicas e biológicas do solo, com o mínimo impacto ambiental.

Na fertirrigação, é desejável que se utilizem espécies vegetais de crescimento durante todo o ano. Algumas capineiras que apresentam sistema radicular abundante e profundo podem ser muito úteis, do ponto de vista ambiental, uma vez que

são capazes de retirar grandes quantidades de macro e micronutrientes do solo, diminuindo os riscos de contaminação dos rios, lagos e águas subterrâneas. As águas residuárias podem ser aplicadas em grandes culturas, fruteiras, hortaliças, jardins, áreas de pastejo e de silvicultura.

A taxa de aplicação destas águas no solo deve ser determinada de tal modo que a quantidade de nutrientes aplicada não suplante a capacidade absorviva da planta, senão, além do comprometimento da produtividade, poderá poluir o solo e as águas subterrâneas e superficiais. A aplicação da água residuária pode ser feita por sulcos, aspersão, gotejamento, microaspersão ou com chorumeiras, sendo definido o método conforme o tipo de cultura, sua suscetibilidade às doenças, à capacidade de infiltração de água no solo e à concentração de sólidos em suspensão na água residuária.

O método de disposição no solo por fertirrigação é o que requer a maior área por unidade de água residuária a ser disposta/tratada. As plantas são responsáveis pela remoção de parte dos macro e micronutrientes e, os microrganismos do solo, pela degradação ou mineralização das substâncias orgânicas presentes na água residuária. Estima-se que o sistema solo-planta seja capaz de remover mais de 90% do nitrogênio e mais de 99% do fósforo contido na água residuária.

Dentre as desvantagens do método, destacam-se a dependência climática e das necessidades das culturas, a necessidade de grandes áreas para disposição da água residuária, a possibilidade da contaminação dos trabalhadores (aplicação por aspersão) e a possibilidade de alterações químicas e físicas do solo.

#### Escoamento superficial

No método de tratamento por escoamento superficial, as águas residuárias são aplicadas em taxas superiores à capacidade de sua infiltração do solo, em terrenos declivosos, cultivados com ve-

getações rasteiras, geralmente gramíneas, deslocando-se rampa abaixo, até canais dispostos transversalmente às rampas de forma que possibilite sua coleta. No escoamento sobre o terreno, parte da água residuária será evapotranspirada, pequena parte infiltrará no solo e o restante deverá ser coletado nos canais. Durante o percurso, o sistema solo-planta, juntamente com os microrganismos, constituirá filtro natural, possibilitando a degradação de parte do material orgânico e a retenção física e química de constituintes inorgânicos em solução na água residuária. A degradação microbiana do material orgânico presente na água residuária é decorrente da formação do biofilme, junto à superfície do solo e ao colo das plantas.

Para ser tratada, a água residuária deverá ser aplicada no topo das rampas e coletada no seu final. No tratamento de esgoto doméstico, quando o sistema estiver corretamente dimensionado, geralmente adquire qualidade tal que possibilita seu lançamento em corpos hídricos. O terreno, onde o sistema será montado, deverá apresentar declividade entre 2% e 15%, e o solo, baixa permeabilidade, de forma que minimize os riscos de contaminação das águas freáticas.

A vegetação, cultivada nas rampas, tem influência na capacidade de o sistema depurar a água residuária, notadamente no que se refere à remoção de sólidos em suspensão, nas perdas de água por transpiração e na absorção de nutrientes disponibilizados pela decomposição do material orgânico. Além disso, podem proporcionar habitat mais ou menos adaptado para a biota. Dessa forma, para obter sucesso no uso do método, é de fundamental relevância a escolha da espécie vegetal a ser cultivada na rampa. Esta espécie deve ser perene, tolerante a condições de baixa oxigenação e elevada salinidade em nível radicular. Deve apresentar elevada capacidade de extração de nutrientes e ser pouco suscetível ao ataque de pragas e doenças. Dentre as espécies vegetais que apresentam essas características estão as forrageiras,

que possuem grande poder extrator de nutrientes, denso sistema radicular, rápido crescimento, são adaptadas às condições de salinidade e ao excesso de água e são passíveis de cortes sucessivos e frequentes. No caso de águas residuárias que apresentam concentrações relativamente altas de metais pesados, torna-se relevante o uso de espécies capazes de absorver esses metais.

Como vantagem do método, estão a produção de massa verde, que pode ser utilizada na alimentação animal ou até mesmo para fertilização do solo (adubação verde), o baixo custo de implantação e de operação. Dentre as desvantagens, citam-se a dependência de características do solo, como declividade e permeabilidade, a necessidade de áreas relativamente grandes e a baixa eficiência na remoção de microrganismos indicadores.

#### Sistemas alagados construídos (*wetlands*)

O tratamento de água em Sistemas Alagados Construídos (SACs) tem sido feito desde as décadas de 1960 e 1970, na Europa, apresentando bons resultados. Os mecanismos atuantes no tratamento da água residuária são: filtração, degradação microbiana da MO, absorção de nutrientes, adsorção no meio filtrante, entre outros.

A escolha da espécie vegetal, como em todo sistema que envolve solo-planta, como reator na depuração de água residuária, é de fundamental importância para o sucesso do sistema de tratamento. As plantas favorecem o desenvolvimento de filmes biologicamente ativos, que propiciam a degradação dos compostos orgânicos, depurando o meio. Dentre as espécies que são frequentemente usadas em SACs estão as *Phragmites* sp. (carriço), *Scirpus* sp. (junco) e *Thypha* sp. (taboa). Pesquisas têm sido realizadas no Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, utilizando gramíneas forrageiras, como o azevém (*Lolium multiflorum*), o capim-tifton-85 (*Cynodon dactylon* Pers.), capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) e até plantas ornamentais, como o lírio-amarelo

(*Hermercallis flava*) e a helicônia (*Heliconia rostrata*), obtendo-se ótimos resultados.

As plantas proporcionam a depuração das águas residuárias por meio de sua capacidade de fitoestimulação, fitoestabilização, fitoacumulação, fitodegradação e fitovolatilização. Na fitoestimulação, as raízes das plantas e a microbiota associada e/ou os produtos excretados na rizosfera possibilitam a decomposição do contaminante. A fitoestabilização consiste na imobilização dos contaminantes no sistema solo-planta. Neste caso, não há a remoção do contaminante e, sim, sua imobilização no meio, suporte, humificação e lignificação nos tecidos vegetais. Na fitoacumulação, o contaminante é absorvido, translocado e acumulado na parte aérea. A translocação do contaminante, da raiz para a parte aérea, facilita sua retirada, quando esta é colhida, devendo ser o material, posteriormente, tratado (processos microbianos, físicos ou químicos) ou conduzido para aterro sanitário. Na fitodegradação, as plantas absorvem e metabolizam o contaminante, notadamente os compostos orgânicos. Na fitovolatilização, as substâncias tóxicas são degradadas na região da rizosfera ou depois de absorvidas na própria planta, sendo os contaminantes liberados depois de submetidos a transformações que ocorrem na superfície das folhas.

Os SACs são, geralmente, constituídos de tanques de concreto, com um leito de material poroso sobreposto a uma camada impermeável, necessária para prevenir a contaminação do lençol freático e equipados com sistema de drenagem artificial no fundo. Neste tipo de sistema, a água residuária deve fluir através do meio poroso, sendo purificada no contato com a superfície do material constituinte do substrato, rizomas e raízes, local de concentração de bactérias degradadoras. A profundidade de água nos tanques deve estar entre 0,3 e 0,8 m.

As principais vantagens dos SACs são o baixo custo da operação e implantação e a alta eficiência na remoção de DBO e nutrientes em solução.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 26 mar. 2004. Seção 1, p.266.

CONAMA. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Revisa os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 8 jan. 2001. Seção 1, p.70-71.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 mar. 2005. Seção 1, p.58-63.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

FIA, R. et al. Desempenho agrônomo da *Thypha* sp. e *Alternanthera philoxeroides* Mart. utilizadas no tratamento de águas residuárias da lavagem e descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro em sistema alagado construído. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.16, n.4, p.436-448, out./dez. 2008.

\_\_\_\_\_. et al. Desempenho de forrageiras em sistemas alagados de tratamento de águas residuárias do processamento do café. **Revista Brasileira de Engenharia**

**Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.8, p.842-847, ago. 2010.

KADLEC, R.H.; WALLACE, S.D. **Treatment wetlands**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. 1016p.

LO MONACO, P.A. et al. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.3, p.348-364, jul./set. 2009.

\_\_\_\_\_. et al. Influência da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.116-119, jan./abr. 2004.

MAGALHÃES, M. A. de et al. Influência da compressão no desempenho de filtros orgânicos para tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.13, n.1, p.26-32, jan./mar. 2005.

\_\_\_\_\_. et al. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.472-478, abr./jun. 2006.

MATOS, A. T. de. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 140p. (UFV. Caderno Didático, 38).

\_\_\_\_\_. **Poluição ambiental: impactos no meio físico**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 260p.

\_\_\_\_\_. **Qualidade do meio físico e ambiental**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 175p. (UFV. Caderno Didático, 73).

\_\_\_\_\_.; FREITAS, W. da S.; LO MONACO, P. A. V. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias da suinocultura. **Ambi-Água**, Taubaté, v.5, n.2, p.119-132, 2010.

\_\_\_\_\_.; LO MONACO, P. A. V. Uso e manejo racional de água no meio rural. In: SILVA, D. D. (Coord.). **Conservação de solo e água, aspectos hidrológicos, ecologia e usos múltiplos da água**. Viçosa, MG: UFV, 2010. cap.1, p.1-42.

\_\_\_\_\_. et al. A água e o solo no ambiente urbano: elaboração de projetos, planejamento e saneamento ambiental. In: SILVA, D.D. (Coord.). **Conservação de solo e água, aspectos hidrológicos, ecologia e usos múltiplos da água**. Viçosa, MG: UFV, 2010. cap.4, p.167-218.

\_\_\_\_\_. et al. Tifton grass yield on constructed wetland used for swine wastewater treatment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.5, p.510-516, maio 2010.

METCALF, E.; EDDY, H. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4th ed. New York: MacGraw-Hill, 2003. 1815p.

SPERLING, M. von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: UFMG - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 452p. (UFMG. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, 1).

\_\_\_\_\_. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1996. 211p. (UFMG. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, 2).



# 101 Culturas

## Manual de tecnologias agrícolas

Livro de consultas para agrônomos, técnicos agrícolas, estudantes, pesquisadores, professores e agricultores.

Adquira já o seu!

(31) 3489 5002  
www.epamig.br  
publicacao@epamig.br

Reimpressão 2010



Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais



AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

# Incentivo ao manejo de bacias hidrográficas pelo Pagamento por Serviços Ambientais

*Mariana Barbosa Vilar<sup>1</sup>*  
*Laércio Antônio Gonçalves Jacovine<sup>2</sup>*  
*Ana Carolina Campanha de Oliveira<sup>3</sup>*  
*Aline Daniele Jacon<sup>4</sup>*  
*Marcelo de Oliveira Santos<sup>5</sup>*  
*Agostinho Lopes de Souza<sup>6</sup>*

**Resumo** - A sociedade usufrui direta e indiretamente dos bens e serviços ambientais providos pelos ecossistemas naturais. A degradação do ambiente natural afeta rapidamente os benefícios oferecidos pelos ecossistemas. Para que se tenha a provisão contínua dos serviços ambientais é preciso estimular a sua conservação. Os sistemas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) surgem como propostas de compensação e como meio de incentivar a conservação ambiental. São descritas iniciativas de PSA em diferentes regiões do Brasil e em alguns países que já possuem esses programas bem consolidados. O PSA serve como instrumento econômico de reconhecimento do produtor rural como prestador de serviços ambientais. São protagonistas da recuperação e da preservação ambiental e, por esse motivo, devem ser estimulados a manejar sua propriedade e a contribuir para a prestação de serviços na bacia, onde estão inseridos. A simples adoção de políticas públicas, que incentivem a conservação, pode ser considerada um grande avanço na gestão de recursos naturais e no manejo de bacias hidrográficas do País.

**Palavras-chave:** Preservação ambiental. Proteção ambiental. Economia ambiental. Política Ambiental. Programa Bolsa Verde. PSA.

## INTRODUÇÃO

A degradação ambiental ocorrida nos últimos anos, em especial dos recursos hídricos, demonstra que o manejo de bacias hidrográficas não está ocorrendo de forma satisfatória. Com isso, o fornecimento dos serviços ambientais à sociedade está sendo comprometido.

As razões ou explicações para a prática inadequada do manejo de bacias hidrográficas podem ser muitas, entre estas

a baixa rentabilidade da atividade rural, a descapitalização do produtor rural, a falta de assistência técnica e, especificamente, o descumprimento da legislação ambiental, que irá afetar diretamente a produção e a manutenção da qualidade da água na bacia hidrográfica.

O descumprimento da legislação ambiental remete a uma discussão cujo tema tem despertado o interesse de toda a sociedade: a mudança no Código Florestal.

De um lado, os ambientalistas defendem a manutenção das regras estabelecidas pelo código e, do outro, os produtores rurais que almejam alcançar alterações significativas na lei, incluindo a questão das Reservas Legais (RLs) e de Áreas de Preservação Permanente (APPs).

Sabe-se que as APPs e as RLs em uma bacia hidrográfica são importantes para manutenção das funções ecológicas dos ecossistemas e para o fornecimento

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Florestal, M.Sc., Pesq. UFV - Depto. Engenharia Florestal - Polo de Excelência em Florestas, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: maribvilar@hotmail.com

<sup>2</sup>Eng<sup>a</sup> Florestal, D.S., Prof. Assist. UFV - Depto. Engenharia Florestal, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: jacovine@ufv.br

<sup>3</sup>Eng<sup>a</sup> Florestal, Pesq. UFV - Depto. Engenharia Florestal, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: carolviflo@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Graduanda Engenharia Florestal UFV, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: alinejacon@hotmail.com

<sup>5</sup>Eng<sup>a</sup> Florestal, Instituto Xopotó, Praça Capitão Vilela, 44, CEP 36542-000 Brás Pires-MG. Correio eletrônico: marcelosantos.florestal@gmail.com

<sup>6</sup>Eng<sup>a</sup> Florestal, D.Sc., Prof. Tit. UFV - Depto. Engenharia Florestal, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: alsouzaal@gmail.com

dos serviços ambientais. Entretanto, verifica-se que a maioria das regras estabelecidas para essas áreas é descumprida e alterações impactantes, que levam à degradação ambiental, são promovidas nas bacias hidrográficas. Assim, pode-se inferir que o sistema amplamente adotado pelos órgãos ambientais, no Brasil, de comando e de controle, em que são estabelecidas regras e formas de cumpri-las, não está obtendo êxito. Este sistema está dentro do princípio do poluidor-pagador.

O manejo integrado de bacias hidrográficas é uma proposta educativa que visa recuperar o ambiente deteriorado por meio de proteção e preservação dos recursos hídricos. Melhora substancialmente a qualidade de vida do homem, permitindo o uso sustentável dos recursos naturais. Ao adotar práticas de manejo integrado de bacias hidrográficas, o produtor rural beneficia a sociedade pela manutenção dos serviços ambientais.

Após o avanço para gerenciamento de recursos hídricos, promovido pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, tornou-se importante avaliar os instrumentos essenciais ao manejo sustentável dos recursos hídricos. Além dos instrumentos previstos nesta Lei, é necessário avaliar as iniciativas mais recentes de incentivo à conservação dos recursos ambientais. Este trabalho descreve algumas iniciativas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), no Brasil, como instrumento econômico de reconhecimento do produtor rural como prestador de serviços ambientais. Além disso, pretende-se levantar questões relacionadas com as ações do manejo de bacias hidrográficas e a ações de PSA.

## SERVIÇOS AMBIENTAIS

Os serviços ambientais podem ser definidos como os benefícios que os indi-

víduos obtêm dos ecossistemas naturais. Estes serviços resultam das funções ecológicas dos ecossistemas, que constituem na capacidade de os processos naturais proverem bens e serviços que satisfaçam às necessidades humanas, direta e indiretamente.

Qualquer componente de um ecossistema tem valor de uso direto, normalmente reconhecido pelo mercado: alimentos, sementes, fibras, madeiras, resinas, medicamentos, entre outros. Já os serviços ambientais, embora reconhecidos como essenciais à vida, geralmente não são captados pelo mercado. Apresentam outros valores econômicos, como o de opção, motivado pelo interesse em preservar a biodiversidade para o seu uso futuro, ou, ainda, o valor de existência, relacionado com atributos culturais como a ética religiosa. Da mesma forma que os valores de opção, os de existência estão distantes do reconhecimento do mercado econômico (KITAMURA, 2003).

### Tipos de serviços ambientais

Entre as diferentes classificações de serviços ambientais dadas por Millennium Ecosystem Assessment (2005), estão os serviços funcionais prestados pelos ecossistemas, como provisão (produtos obtidos diretamente dos ecossistemas, por exemplo, alimentos e água); regulação (controle de processos ecossistêmicos, por exemplo, controle de pragas e de enchentes); culturais (benefícios não materiais como cultural e espiritualidade) e os de suporte (necessários para a manutenção de todos os outros serviços). Neste sentido, destacam-se os serviços relacionados com a regulação do clima, biodiversidade, solo e recursos hídricos, descritos a seguir.

#### Regulação climática

Clima, em sentido restrito é geralmente definido como tempo meteoro-

lógico médio, ou, mais precisamente, como a descrição de quantidades relevantes de mudanças do tempo meteorológico num período que vai de meses a milhões de anos. Essas quantidades são, geralmente, variações de superfície como temperatura, precipitação e vento. Fatores climáticos são elementos naturais capazes de influenciar as características ou a dinâmica de um ou mais tipos de climas. Exemplos de fatores climáticos: pressão atmosférica, órbita, latitude, altitude, maritimidade, continentalidade, massas de ar, correntes marítimas, relevo, vegetação, etc. Dentre os serviços ambientais relacionados com o clima destacam-se: fixação e estocagem de carbono; regulação da temperatura e da umidade do ar; qualidade do ar (controle da poluição); manutenção do microclima dos ecossistemas.

#### Biodiversidade

O termo biodiversidade, ou diversidade biológica, descreve a riqueza e a variedade do mundo natural. As plantas, os animais e os microrganismos fornecem alimentos, remédios e boa parte da matéria-prima industrial consumida pelo ser humano. Para entender o que é a biodiversidade, deve-se considerar o termo em dois níveis diferentes: todas as formas de vida, assim como os genes contidos em cada indivíduo, e as inter-relações ou ecossistemas, nos quais a existência de uma espécie afeta diretamente muitas outras.

Dentre os serviços ambientais relacionados com a biodiversidade, destaque é dado à manutenção da fauna silvestre (polinização); e da flora; à fonte de recursos e informações; aos serviços culturais (recreação, turismo e religião).

#### Solo

O solo tem grande importância na vida de todos os seres vivos do plane-

ta, assim como o ar, a água, o fogo e o vento. Os alimentos são produzidos sobre o solo e sobre este constroem-se casas (EMBRAPA SOLOS, 200-). Os principais serviços ambientais relacionados com os solos são: controle de erosão e sedimentação; capacidade de retenção de água para abastecer o lençol freático; ciclagem de nutrientes, manutenção da fertilidade; abrigo da microbiota do solo.

### Recursos hídricos

A água é um recurso natural renovável, essencial à vida e ao equilíbrio ecológico do planeta. O ciclo hidrológico é responsável pela renovação da água existente na Terra. Pode ser entendido, como a circulação contínua de umidade e água no planeta, por meio da energia solar que chega à superfície terrestre. Os ecossistemas dependem da água para gerar e prover bens e serviços para os seres humanos, tais como os peixes (e a fauna aquática em geral), a madeira, os produtos florestais não madeireiros (como castanhas, seringa, sementes, etc.), combustíveis, alimentos, remédios, grãos e pastos, entre outros. Ao mesmo tempo, os ecossistemas são responsáveis por serviços importantes para a manutenção da qualidade e da quantidade de água disponível, tais como: manutenção e oferta dos fluxos de água; regulação da qualidade da água; mitigação de desastres naturais relacionados com a água, como, por exemplo, enchentes e secas.

### Principais serviços ambientais relacionados com a água

Whately e Hercowitz (2008) destacam que é possível elencar serviços ambientais diretamente relacionados com as áreas produtoras de água, bem como aqueles que sofrem influência e que influenciam a qualidade dessas

áreas. No primeiro conjunto, estariam: regulação hídrica, purificação da água, suporte aos processos ecológicos aquáticos e à água como bem. No segundo, estariam: regulação climática, recursos genéticos, controle de doenças, serviços culturais, controle de enchentes, controle de erosão, manutenção da biodiversidade, sequestro de CO<sub>2</sub>, produção de alimentos, produção florestal, entre outros.

Os serviços ambientais relacionados com a produção de água estão intimamente ligados ao manejo da bacia hidrográfica e aos componentes desta (nascentes, Matas Ciliares, topos de morro, várzeas). A relação entre água e floresta depende de uma diversidade de variáveis específicas locais, incluindo o tipo de solo e de vegetação, a declividade do terreno, o regime de chuvas, os ventos, a diversidade biológica, o tipo de manejo adotado, entre outros. A seguir são apresentados, segundo Whately e Hercowitz (2008), os principais serviços ambientais, relacionados com a água, prestados por áreas úmidas e pelas florestas.

### Áreas úmidas

#### Oferta de água e regulação de vazão

Os rios, lagos e aquíferos subterâneos proveem uma fonte renovável de água doce. Grande parte das áreas úmidas armazena, regula e recarrega os estoques de águas superficiais, os lençóis freáticos e os aquíferos. Nas funções de reservatórios, as áreas úmidas regulam as vazões de água, atenuando enchentes a jusante em épocas de cheias. Em época de seca, armazenam água, disponibilizada gradualmente.

#### Qualidade da água

Muitos tipos de áreas úmidas absorvem, filtram, processam e diluem

nutrientes, poluentes e resíduos. Estas áreas costumam ter uma maior capacidade de retenção de nutrientes e são efetivas na remoção de bactérias e micróbios. As plantas de áreas úmidas eliminam poluentes física, química e biologicamente. Além disso, algumas plantas de áreas úmidas possuem o potencial de reter sedimentos.

### Produtividade aquática

As áreas úmidas ocupam um nicho importante na cadeia alimentar. Proveem uma rica fonte de nutrientes para todas as formas de vida, incluindo peixes, e são áreas de alimentação e procriação para espécies de água doce e marinha. Uma grande variedade de produtos é extraída dessas áreas, como peixes e outras espécies aquáticas, remédios, materiais de construção, alimento para homens e animais, combustíveis, etc.

### Florestas

#### Oferta de água e regulação de vazão

A cobertura florestal ajuda a conter os impactos das chuvas nos solos. A vegetação retém a água de forma que esta infiltre no solo lenta e constantemente ou escoe para os rios gradualmente. Os solos de florestas têm, normalmente, uma maior capacidade de armazenar água do que os de áreas sem florestas. As florestas minimizam enchentes e podem, eventualmente, aumentar as vazões mínimas durante as épocas de seca.

#### Controle de erosão e sedimentos

A cobertura florestal protege o solo dos impactos da chuva que cai por entre as copas das árvores. As raízes ajudam a conter o solo e evitam deslizamentos de terra, o que, geralmente, contribui para minimizar os efeitos das erosões

hídricas, inclusive o carreamento de sedimentos e lodos para os rios.

### Qualidade da água

Os solos das florestas são mais úmidos que a maioria dos outros tipos de solos e contêm mais nutrientes, possibilitando a filtragem de poluentes.

### **Pagamento por Serviços Ambientais**

O conceito de PSA é definido como um sistema de compensação aos provedores de um serviço ambiental por parte dos usuários desse serviço. Para Engel, Pagiola e Wunder (2008), PSA pode ser definido como uma transação voluntária, onde um serviço ambiental bem definido (ou um uso da terra que assegure um serviço ambiental) é comprado por, no mínimo, um comprador de no mínimo um provedor de serviços ambientais. A condicionante em que se baseia o PSA refere-se à provisão contínua dos serviços ambientais pelo provisor ou produtor destes. Além de auxiliar na preservação do meio ambiente, os mecanismos de PSA também podem contribuir para o desenvolvimento econômico, sendo importantes na geração de renda aos seus beneficiários.

O princípio orientador desta relação é o conservador-recebido, que é o inverso do princípio do poluidor-pagador, na medida em que proporciona uma justa compensação a todos que contribuem para a conservação ambiental, com suas condutas, ou seja, reconhece as externalidades positivas daqueles cujo comportamento ambiental reduz os gastos públicos e traz benefícios para toda a coletividade (FURLAN, 2008). Aquele produtor rural que maneja sua propriedade de forma diferenciada deve receber uma compensação por isto. Esta compensação ou benefício poderá auxiliar o produtor rural a aprimorar o manejo de

sua propriedade e, conseqüentemente, poderá adotar práticas eficientes do manejo integrado de bacias hidrográficas.

O PSA é considerado um estímulo concreto para alguns segmentos da sociedade realizarem algo que é de interesse vital para toda a população. Essa relação pode ser de compensação ou pagamento direto e pode ocorrer de diversas formas: transferência direta de recurso financeiro, favorecimento na obtenção de créditos, isenção de taxas e impostos, aplicação de receitas de impostos em programas especiais, disponibilização de tecnologia, capacitação técnica, subsídios a produtos, fornecimento preferencial de serviços públicos, garantia de acesso a mercados ou programas especiais (BORN; TALOCCHI, 2002).

Pagiola (2008) descreve como operam alguns mecanismos de mercado de PSA nas Américas Central e do Sul. As principais características dos estudos de caso mencionadas evidenciam a necessidade de existência de um produto: os serviços fornecidos pelas florestas; de compradores deste produto – os beneficiários destes mesmos serviços gerados –, e de vendedores do produto – os usuários das terras que são responsáveis pelas tomadas de decisões no gerenciamento das florestas – e, portanto, na oferta dos serviços ambientais. Os manejadores dos ecossistemas, que podem ser fazendeiros, agricultores, madeireiros ou gestores de áreas protegidas, frequentemente recebem poucos benefícios da terra com a conservação das florestas. Esses benefícios, com frequência, são menores que aqueles que receberiam, caso fosse dado um uso alternativo ao solo, como a conversão para pastagens ou agricultura. No entanto, a retirada das florestas pode impor custos ou externalidades às populações ribeirinhas que não receberão os benefícios da infiltração da água no solo, da biodiversidade e do estoque de carbono. O pagamento por

serviços ecossistêmicos pode tornar a conservação florestal uma opção atrativa para os manejadores dos ecossistemas e, conseqüentemente, induzi-los a adotar esta nova opção (VILAR, 2009).

### Experiências de Pagamento por Serviços Ambientais

Segundo Romano (2010), alguns instrumentos políticos podem viabilizar a estratégia de reconhecimento político do produtor rural como protagonista decisivo da recuperação e preservação ambiental. No plano federal, encontra-se em tramitação o Projeto de Lei que institui a Política Nacional e o Programa Federal de PSA.

A seguir, são apresentadas as iniciativas brasileiras e internacionais de PSA, que mais se destacam.

### Programa Produtor de Água

Este Programa foi proposto pela Agência Nacional de Águas (2008) e tem como objetivo melhorar a qualidade da água, por meio do incentivo à adoção de práticas que promovam o abatimento da sedimentação. Além disso, pretende-se com este Programa, aumentar a oferta de água para os usuários, e conscientizar produtores e consumidores de água sobre a importância da gestão integrada de bacias hidrográficas. O Programa visa à compra dos benefícios ou serviços ambientais gerados pelos participantes, com base no princípio do provedor-recebido. Os pagamentos serão proporcionais ao abatimento da erosão dos solos. O Programa ainda não é efetivo no Brasil, entretanto, alguns Estados já estão desenvolvendo atividades pioneiras relacionadas com a implantação de sistemas de PSA.

### Programa Produtor de Água (Espírito Santo)

O governo do estado do Espírito Santo criou o Fundo Estadual de

Recursos Hídricos do Espírito Santo (Fundágua), que é gerenciado pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente (Iema). O Fundágua é destinado à captação e à aplicação de recursos e, além disso, dará suporte financeiro e implementará a Política Estadual de Recursos Hídricos. Os recursos a serem utilizados por esse fundo serão provenientes, em parte, dos royalties do petróleo, gás natural e setor elétrico; capital adquirido em multas ambientais; orçamento público municipal, estadual e federal; doações e transferências (ESPÍRITO SANTO, 2008a). Esses recursos serão destinados ao PSA aos produtores rurais, conforme a Lei nº 8.995, de 22 de setembro de 2008 (ESPIRITO SANTO, 2008b).

#### Programa Conservador das Águas (Extrema, MG)

A Lei Municipal nº 2.100, de 21 de dezembro de 2005, instituiu o Programa Conservador das Águas, em Extrema, MG, com base no princípio do conservador-recebedor, incentivando o produtor rural a conservar os mananciais por meio da remuneração, como fator de estímulo e geração de renda. Este programa tem como objetivos aumentar a cobertura vegetal, implantar microcorredores ecológicos, reduzir a poluição decorrente dos processos erosivos e da falta de saneamento, garantir a sustentabilidade socioambiental dos manejos e práticas implantadas, por meio do PSA aos produtores rurais. A remuneração direta é efetuada de acordo com o alcance de metas preestabelecidas, e os pagamentos são feitos durante e após a implantação do projeto. Nesse município, é pago ao produtor de serviços ambientais um valor de 100 Unidades Fiscais de Extrema (UFEX), por hectare, por ano. Sendo o valor atual de uma UFEX R\$1,59. Anualmente, o produtor de

serviços ambientais nesse município é remunerado em R\$159,00/hectare/ano (EXTREMA, 2005).

#### Projeto Oásis (Apucarana, PR)

Em Apucarana, PR, os proprietários rurais que mantêm suas nascentes preservadas de acordo com as normas ambientais e aqueles que iniciarem ações de recuperação recebem apoio técnico e financeiro da prefeitura municipal. O Projeto Oásis/Apucarana prevê o incentivo que é definido de acordo com a vazão da nascente. Para cada nascente será destinado o valor mensal de até três Unidades Fiscais do Município (UFM), sendo que, atualmente, cada UFM equivale a R\$35,00. Para uma nascente com vazão até 1,5 mil litros por hora será pago uma UFM por mês; acima de 1,5 mil a 3 mil litros por hora, duas UFM por mês e com vazão acima de 3 mil litros por hora, três UFM por mês ou o mesmo que R\$105,00 por mês. Para pleitear o benefício, que é de quatro anos, prorrogável por igual período, o proprietário rural precisa cadastrar-se no programa e proteger sua nascente adequadamente de acordo com o Código Florestal. Ao aderir ao programa, o ruralista deverá averbar sua reserva legal, que terá que estar reflorestada ou em processo de reflorestamento, além de atender a outras medidas devidamente regulamentadas. Os recursos serão provenientes de dotações próprias consignadas no orçamento municipal vigente, do Fundo Municipal de Meio Ambiente, ICMS Ecológico das unidades de conservação, Reserva Permanente do Patrimônio Natural, parte de multas ambientais aplicadas pelo Ministério Público e/ou órgãos competentes, e mediante convênios a serem firmados com Organizações Não Governamentais (ONGs) e outras entidades (APUCARANA, 2009).

#### Projeto Mina D'água (São Paulo)

O projeto Mina D'água está sendo considerado uma forma eficiente de estimular a proteção das nascentes de mananciais de abastecimento público, conciliando atividades de preservação com geração de renda principalmente no meio rural. O governo do estado de São Paulo reservou R\$ 3,15 milhões para a fase piloto do projeto. A previsão é de que 150 nascentes sejam protegidas por município, num total de 3.150. O projeto foi instituído por meio do Decreto nº 55.947, de 24 de junho de 2010, que regulamenta a Política Estadual de Mudanças Climáticas (SÃO PAULO, 2010). De acordo com o documento, os financiamentos não reembolsáveis são para pessoas físicas de direito público. Os recursos são do Fundo Estadual de Prevenção e Controle da Poluição (Fecop) e serão repassados mediante convênios com as prefeituras. O Projeto Mina D'água contemplará exclusivamente ações voltadas à proteção de nascentes situadas em mananciais de abastecimento público, incluindo (SÃO PAULO, 2010):

- I - eliminação de fatores de degradação, tais como presença de animais, fogo, focos de erosão, entre outros;
- II - execução de ações que favoreçam a regeneração natural da vegetação, tais como eliminação de espécies competidoras, implantação de técnicas de nucleação, entre outras;
- III - plantio de mudas de espécies nativas de ocorrência regional;
- IV - Monitoramento e vigilância.

Este projeto, com foco na conservação de nascentes, apresenta uma metodologia distinta para atribuição do valor a ser pago aos provedores de serviços ambientais, conforme apresentado na Figura 1.

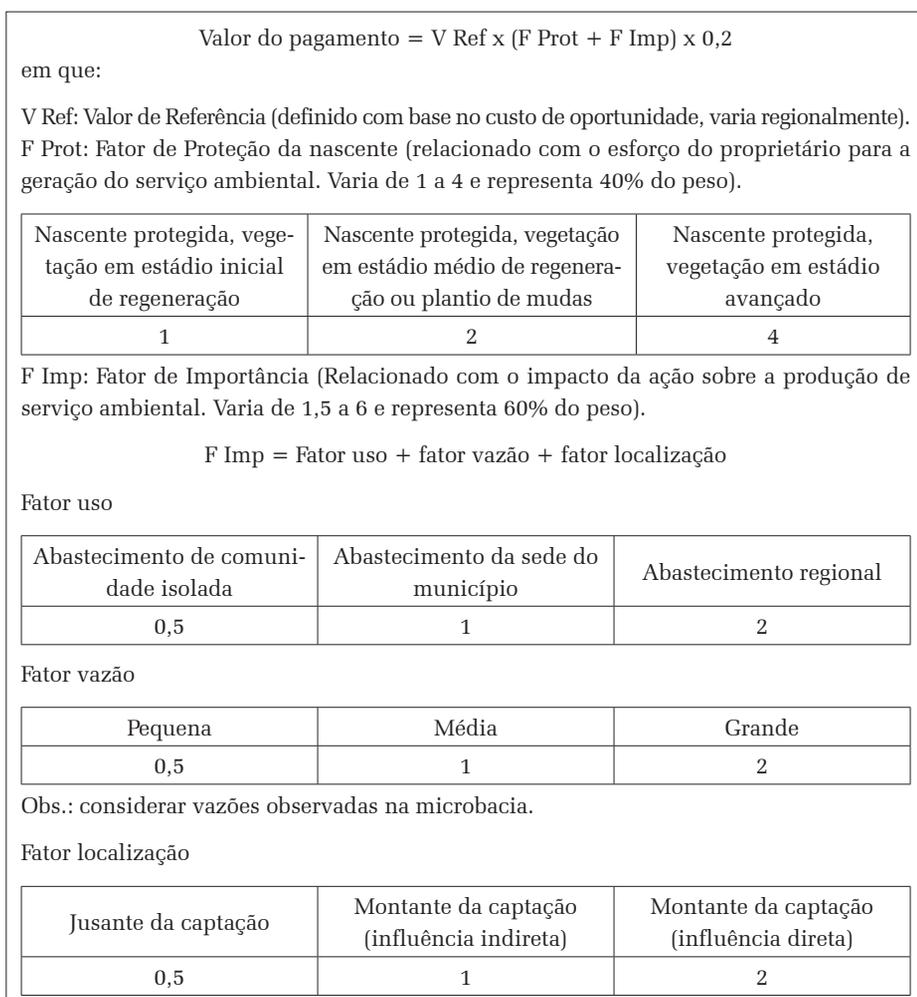


Figura 1 - Forma de cálculo dos valores a serem pagos no Projeto Mina D'água

### Projeto Oásis (Guarapiranga, SP)

O Projeto Oásis foi lançado em 2006, pela Fundação O Boticário. Sua área de atuação abrange a Bacia Hidrográfica de Guarapiranga e algumas APPs da região metropolitana de São Paulo. O Projeto premia, financeiramente, proprietários de áreas naturais localizadas na região, com o objetivo de preservar mananciais e contribuir para a manutenção da qualidade da água que abastece cerca de 4 milhões de pessoas na Grande São Paulo. A metodologia de valoração do Projeto Oásis estimou um valor de referência para o Pagamento por Serviços Ecosistêmicos prestados pelas propriedades apoiadas pelo projeto. Como serviços a serem valorados foram considerados:

controle de erosão, recebeu o valor de R\$ 75,00/ha/ano; capacidade de produção e armazenamento de água, R\$ 99,00/ha/ano; manutenção da qualidade da água, R\$ 196,00/ha/ano. O somatório dos valores dos três serviços ecossistêmicos totalizou R\$ 370,00, que é a quantia máxima que os proprietários participantes do Projeto Oásis podem receber anualmente por hectare de área natural conservada (FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO À NATUREZA, 2009).

### Proambiente na Amazônia

Segundo Fasiaben et al. (2009), o Proambiente apreende a nova funcionalidade dos produtores rurais, que, além de produzir alimentos e fibras, detêm um caráter multifuncional, associando

preservação de valores socioculturais, conservação do meio ambiente e prestação de serviços ambientais. São objetivos do Programa: controle social da política pública, inclusão social, orçamento territorial, intensificação qualitativa do uso econômico da terra, fortalecimento de organizações sociais, assessoria técnica e extensão rural, além da certificação e remuneração por serviços ambientais. Os princípios do Proambiente passam pela gestão compartilhada, pelo controle social, pelo planejamento participativo da unidade de produção, gestão dos recursos naturais e pela certificação de serviços ambientais. O Proambiente opera por meio de Polos, que prestam serviços ambientais em escala de paisagem rural. Cada Polo é formado por um conjunto de grupos comunitários, sendo estes responsáveis pela elaboração dos Acordos Comunitários, os quais devem estar em consonância com os Planos de Utilização da Unidade de Produção e com o Padrão de Certificação de Serviços Ambientais. A partir dos Acordos Comunitários, certificadores designados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), selecionados por meio de edital público, certificam o cumprimento destes, dando direito aos produtores ao uso do selo do Proambiente e a outros benefícios, como remuneração dos serviços ambientais e fomento a projetos. O valor, inicialmente estipulado para ser pago a cada estabelecimento, é de meio salário mínimo por mês, tomando por base o custo de eliminar o fogo dos sistemas de produção. No total, foram alocados R\$ 1,6 milhão, beneficiando 1.768 famílias, em projetos de seis meses a um ano de duração (R\$ 100,00/mês).

### Nova Iorque

Um dos exemplos mais famosos de PSA foi estabelecido na cidade de Nova Iorque para proteção dos mananciais de

água potável. O Projeto foi realizado, principalmente, por meio de um programa de aquisição de terras e servidão para conservação, que ampliou a área protegida da Bacia Hidrográfica de Catskills. Além disso, os agricultores e silvicultores receberam compensações para melhorar as práticas de manejo do uso do solo ou para retirar a produção agrícola de áreas sensíveis. Esse mercado de serviços ambientais surgiu de políticas públicas que padronizaram a qualidade da água, por meio de novas regulamentações sobre o tratamento da água de superfície. Ao analisar o custo relativo da construção de uma nova estação de tratamento de água e alternativas de manejo do solo, a cidade optou por estabelecer um amplo sistema de PSA para melhorar o manejo da Bacia de Catskills, de onde a água potável é obtida. A criação desse sistema permitiu à cidade de Nova Iorque cumprir a legislação com custos correspondentes à quinta parte daquele implicado na construção de uma nova estação de tratamento de água. A economia no processo foi de mais de US\$ 3 bilhões (ISAKSON, 2002). Portanto, a proteção de mananciais tem sido preferida ao tratamento intensivo da água, principalmente em resposta a legislações mais restritivas.

#### França

Desde 1993, uma empresa de beneficiamento de água mineral, na França, vem conduzindo um programa de PSA, mais especificamente de serviços hidrológicos, em 5.100 ha da região das montanhas de Vosges. O projeto remunera 27 produtores rurais da bacia hidrográfica, os quais adotam as melhores práticas em suas atividades rurais diárias. Esses produtores foram convencidos a converter suas práticas a técnicas de baixo impacto, incluindo o abandono de agroquímicos e utilizando técnicas como compostagem. O programa combina remuneração direta e assistência

técnica. O tempo dos contratos varia de 18 a 30 anos e o pagamento é feito de acordo com os custos de oportunidade da terra e com a qualidade da terra e da água, que são constantemente monitoradas. Os custos totais, excluindo os de transações intermediárias, foram de quase US\$ 25 milhões, entre 1993 e 2000. O monitoramento tem mostrado o aumento dos serviços hidrológicos, comparando-os com o declínio presente na linha de base destes serviços. Além disso, está demonstrado, por essa experiência, que o alto valor desse serviço ambiental torna os investimentos rentáveis economicamente (ASQUITH; WUNDER, 2008).

#### O caso de Minas Gerais: Programa Bolsa Verde

Em agosto de 2008, o governo do estado de Minas Gerais promulgou a Lei nº 17.727, de 13 de agosto de 2008 (MINAS GERAIS, 2008), que dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde. Esta Lei prevê que proprietários de áreas rurais e urbanas que preservarem, em seus terrenos, áreas necessárias à proteção dos recursos hídricos, da biodiversidade e dos ecossistemas, contarão com um incentivo financeiro do governo a ser pago anualmente. A prioridade para a concessão do benefício será dos agricultores familiares e dos donos de pequenas propriedades rurais (área de até quatro módulos fiscais) (MINAS GERAIS, 2008). Para efeito da concessão do benefício será obedecida uma gradação de valores em ordem crescente (MINAS GERAIS, 2009):

- I - propriedades e posses que necessitem adequação aos critérios de regularização da Reserva Legal e de proteção das Áreas de Preservação Permanente;
- II - propriedades e posses que conservem ou preservem áreas no limite estabelecido pela legislação em termos

da regularização da Reserva Legal e da proteção das Áreas de Preservação Permanente; e

III - propriedades e posses que conservem ou preservem áreas acima do limite estabelecido pela legislação em termos da regularização da Reserva Legal e da proteção das Áreas de Preservação Permanente.

Além disso, o benefício terá valor majorado nos casos de propriedades que apresentarem balanço ambiental adequado, conforme critérios estabelecidos pelo Comitê Executivo do Bolsa Verde (MINAS GERAIS, 2009).

No Bolsa Verde estão previstas duas formas de apoio ao produtor rural: o apoio à manutenção da vegetação nativa existente e o apoio a ações de recomposição, restauração e recuperação florestal. No primeiro ano do Programa Bolsa Verde, 2010, os recursos foram direcionados ao incentivo financeiro à modalidade de manutenção da vegetação nativa existente, bem como aos custos de administração do Programa. O pagamento das ações de recomposição, restauração e recuperação florestal será efetuado a partir de 2011. O Comitê Executivo do Programa Bolsa Verde estabeleceu critérios de pontuação para a avaliação técnica das propostas. Segundo o Manual de Procedimento do Bolsa Verde (INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS, 2010), as propostas com maior número de pontos serão atendidas prioritariamente. Os critérios e respectivas pontuações de ambas modalidades estão apresentados nos Quadros 1 e 2.

Os recursos para a concessão do Bolsa Verde serão provenientes de:

- a) consignação na Lei Orçamentária Anual e de créditos adicionais;
- b) 10% dos recursos do Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento Sustentável das Bacias Hidrográficas do Estado de Minas Gerais (FHIDRO);

QUADRO 1 - Critérios de Análise da Modalidade de Manutenção da Cobertura Vegetal

Critérios	Pontuação
<sup>(1)</sup> Primeiro Critério: individual ou coletivo	
Demanda individual	01
Demanda coletiva de propriedades ou posses, geograficamente próximas, observados os critérios de microbacias, conforme pontuação	
De 02 até 10 propriedades ou posses	03
De 11 até 20 propriedades ou posses	06
De 21 até 30 propriedades ou posses	08
Acima de 31 propriedades ou posses	10
Segundo Critério: somatória individual de pontos	
Propriedade ou posse que possua área com cobertura vegetal nativa acima do limite mínimo estabelecido para Reserva Legal (RL), excetuando-se as Áreas de Preservação Permanente (APPs).	06
Propriedade ou posse que possua área com cobertura vegetal nativa que atenda ao limite mínimo de RL, excetuando-se as APPs.	04
Propriedade que possua RL averbada ou posse que possua Termo de Compromisso de RL no cartório de Títulos e Documentos.	03
Propriedade ou posse que possua as APPs conservadas.	05
Propriedades ou posses nas quais a soma de áreas de cobertura vegetal de RLs com as de APPs seja superior a 50% da área total do imóvel.	03
Propriedades ou posses nas quais não haja uso de agrotóxico.	01
Propriedades que utilizam controles biológicos ou agroecológicos.	03
Propriedades que utilizam sistemas de produção agroecológicas ou sistemas de produção integrada.	03
Propriedades ou posses que utilizam práticas de conservação do solo e da água e da fauna.	02
Propriedades ou posses inseridas em áreas de contribuição direta para o abastecimento público de água.	06
Propriedades ou posses objeto de aplicação de financiamento na linha de conservação ambiental ou agroecológica, a exemplo do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar-Eco (Pronaf-Eco).	03
Propriedade vinculada a projetos públicos de inclusão social no campo, devidamente comprovadas pela instituição pública responsável pelo projeto.	03
Propriedades ou posses que participam de projetos associativos de produção.	05
Propriedades ou posses pertencentes a povos tradicionais.	03
Propriedades ou posses vinculadas a políticas públicas destinadas à juventude rural.	04
Propriedades ou posses vinculadas a projetos de reassentamento ou assentamento rural.	03
Propriedades ou posses situadas em Unidades de Conservação de categorias de manejo sujeitas à desapropriação e em situação de pendência na regularização fundiária.	06
Áreas de cobertura vegetal nativa em Reservas Particulares do Patrimônio Natural.	05
Propriedades ou posses situadas em Áreas de Proteção Ambiental (APA).	03
Propriedades ou posses particulares, situadas em áreas definidas pelo seu Plano Diretor ou aprovadas por lei municipal como zonas urbanas e de expansão urbana, que possuam área de cobertura vegetal nativa de dimensão superior a um hectare e que abranjam nascentes. Não se aplica às áreas destinadas à implantação de equipamento comunitário, conforme estabelecido pela Lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999 (BRASIL, 1999).	05
Propriedades ou posses de particulares, situadas em áreas definidas pelo Plano Diretor ou aprovadas por lei municipal, como zonas urbanas e de expansão urbana, que possuam área de cobertura vegetal nativa de dimensão superior a um hectare. Não se aplica às áreas destinadas à implantação de equipamento comunitário, conforme estabelecido pela Lei nº 9.785, de 29/1/1999 (BRASIL, 1999).	03

FONTE: Instituto Estadual de Florestas (2010).

(1) Além da pontuação do Primeiro Critério, consideram-se, tanto para as propostas individuais, como para as coletivas, por propriedade ou posse, os pontos obtidos no Segundo Critério.

QUADRO 2 - Critérios de Análise da Modalidade de Recuperação da Cobertura Vegetal

Critérios	Pontuação
<sup>(1)</sup> Primeiro Critério: individual ou coletivo	
Demanda individual	01
Demanda coletiva de propriedades ou posses, geograficamente próximas, observados os critérios de microbacias, conforme pontuação	
De 02 até 10 propriedades ou posses	03
De 11 até 20 propriedades ou posses	06
De 21 até 30 propriedades ou posses	08
Acima de 31 propriedades ou posses	10
Segundo Critério: somatória individual de pontos	
A proposta de recuperação atinge Áreas de Preservação Permanente (APPs) definidas nos incisos II, III e IV do Art. 10 da Lei nº 14.309, de 19 de junho de 2002 (MINAS GERAIS, 2002). Conforme Anexo 3, trata-se das áreas denominadas informalmente APPs úmidas, ou seja, aquelas situadas ao longo dos cursos d'água, no entorno de reservatórios naturais ou artificiais e nascentes, mesmo que intermitentes.	08
A proposta de recuperação atinge APPs nos incisos V, VI e IX do Art. 10 da Lei nº 14.309, de 19/6/2002 (MINAS GERAIS, 2002). Conforme Anexo 3, trata-se das áreas denominadas informalmente APPs secas, ou seja, aquelas situadas em topos de morro, em áreas com declividade igual ou superior a 45 graus e áreas em altitude superior a 1.800 m.	06
A proposta de recuperação atinge áreas de Reserva Legal (RL) já averbadas.	05
A recuperação atinge áreas propostas para regularização de RL.	02
A proposta de recuperação atinge áreas com problemas erosivos ou de degradação do solo.	09
A proposta de recuperação atinge áreas dos incisos I, VII, VIII, IX, X do Art. 10 da Lei nº 14.309, de 19/6/2002 (MINAS GERAIS, 2002).	04
Propriedades ou posses nas quais não há uso de agrotóxico.	01
Propriedades que utilizam controles biológicos ou agroecológicos.	01
Propriedades que utilizam sistemas de produção agroecológicos ou sistemas de produção integrada.	01
Propriedades ou posses que utilizam práticas de conservação do solo e da água e da fauna.	01
Propriedades ou posses inseridas em áreas de contribuição direta para o abastecimento público de água.	06
Propriedades ou posses objeto de aplicação de financiamento na linha de conservação ambiental ou agroecológica, a exemplo do Pronaf-Eco.	03
A propriedade está vinculada a projetos públicos de inclusão social no campo, devidamente comprovadas pela instituição pública responsável pelo projeto.	03
Propriedades ou posses que participam de projetos associativos de produção.	05
Propriedades ou posses pertencentes a Povos Tradicionais.	03
Propriedades ou posses vinculadas a políticas públicas destinadas à juventude rural.	02
Propriedades ou posses vinculadas a projetos de reassentamento ou assentamento rural.	03
Propriedade ou posse localizada no entorno de UC de Proteção Integral, conforme definição oficial pelo órgão	06
Propriedade ou posse localizada no interior de Áreas de Proteção Ambiental (APA).	03

FONTE: Instituto Estadual de Florestas (2010).

NOTA: Pronaf-Eco - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar-ECO; UC - Unidades de Conservação.

(1) Além da pontuação do Primeiro Critério, consideram-se, tanto para as propostas individuais como para as coletivas, por propriedade ou posse, os pontos obtidos no Segundo Critério.

- c) compensação pela utilização dos recursos naturais;
- d) convênios celebrados pelo Poder Executivo com agências de bacias hidrográficas ou entidades a estas equiparadas e com órgãos e entidades da União e dos Municípios;
- e) doações, contribuições ou legados de pessoas físicas e jurídicas, públicas ou privadas, nacionais ou estrangeiras;
- f) dotações de recursos de outras origens.

Segundo dados do Instituto Estadual de Florestas (2011), o orçamento para 2011, do Bolsa Verde, é de R\$ 8,5 milhões. Cada proprietário receberá R\$ 200,00 por ano para cada hectare coberto com vegetação nativa.

#### Análise crítica ao Programa Bolsa Verde

O conjunto de critérios adotados pelo comitê executivo do Bolsa Verde leva em consideração muitos fatores sociais, que apresentam grande peso na somatória total dos pontos. A exemplo disso destacam-se os seguintes critérios com as respectivas pontuações:

- a) propriedades ou posses objeto de aplicação de financiamento na linha de conservação ambiental ou agroecológica, a exemplo do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar-Eco (Pronaf-Eco) (3);
- b) a propriedade está vinculada a projetos públicos de inclusão social no campo, devidamente comprovadas pela instituição pública responsável pelo projeto (3);
- c) propriedades ou posses que participam de projetos associativos de produção (5);
- d) propriedades ou posses pertencentes a Povos Tradicionais (3);

- e) propriedades ou posses vinculadas a políticas públicas destinadas à juventude rural (2);
- f) propriedades ou posses vinculadas a projetos de reassentamento ou assentamento rural (3).

Enquanto isso, critérios ambientais de extrema relevância para a prestação de serviços ambientais receberam baixa pontuação e não possuem grande expressividade na somatória total dos pontos. A exemplo disso destacam-se os critérios:

- a) propriedades ou posses nas quais não haja uso de agrotóxico (01);
- b) propriedades que utilizam controles biológicos ou agroecológicos (03);
- c) propriedades que utilizam sistemas de produção agroecológica ou sistemas de produção integrada (03);
- d) propriedades ou posses que utilizam práticas de conservação do solo e da água e da fauna (02).

Entende-se que estes critérios deveriam ser mais bem pontuados, pois exercem grande influência sobre a qualidade e a quantidade dos serviços ambientais prestados.

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação de programas de PSA constitui um esforço positivo para obter incentivos adequados àqueles que mantêm uma relação sustentável com os recursos naturais. Esta forma de valorização do homem e do meio ambiente pode proporcionar resultados mais harmoniosos, tanto para os provedores desses serviços, quanto para os usuários, refletindo em benefícios sociais, ambientais e econômicos.

Apesar das iniciativas apresentadas anteriormente estarem muitas vezes distantes dos sistemas ideais de PSA, pode-se concluir que a simples adoção de políticas públicas de incentivo à conservação, em substituição às políticas

de comando-controle, já pode ser considerada um grande avanço na gestão dos recursos naturais do País.

Os sistemas de PSA poderão ser amplamente utilizados em sintonia com os instrumentos de gestão e manejo de recursos hídricos de forma que garantam a utilização sustentável das bacias hidrográficas, bem como a qualidade e a quantidade desse recurso, fundamental à sobrevivência humana.

#### AGRADECIMENTO

Aos produtores rurais, participantes do Projeto Agente Ambiental do Instituto Xopotó, que motivam a pesquisa e os sistemas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Ao Instituto Xopotó, ao CNPq e à Fapemig, pelo apoio às pesquisas desenvolvidas pelo Departamento de Engenharia Florestal da UFV.

#### REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual operativo do Programa Produtor de Água**. Brasília, 2008. 58p.
- APUCARANA. **Lei nº 58**, de 18 de março de 2009. Dispõe sobre a criação no Município de Apucarana, do "Projeto Oásis", autoriza o Executivo Municipal a prestar apoio técnico e financeiro aos proprietários rurais, conforme específica e dá outras providências. Apucarana, PR: Câmara Municipal, 2009. Disponível em: <[http://sapl.cma.pr.gov.br/sapl\\_documentos/norma\\_juridica/5265\\_texto\\_integral](http://sapl.cma.pr.gov.br/sapl_documentos/norma_juridica/5265_texto_integral)>. Acesso em: 15 fev. 2011.
- ASQUITH, N.; WUNDER, S. **Payments for watershed services: the Bellagio conversations**. Santa Cruz de la Sierra, Bolívia: Fundación Natura, 2008.
- BORN, R. H.; TALOCCHI, S. **Compensações por Serviços Ambientais: sustentabilidade ambiental com inclusão social**. In: \_\_\_\_; \_\_\_\_\_. (Org.). **Proteção do capital social e ecológico: por meio de Compensações por Serviços Ambientais (CSA)**. São Paulo: Vitae Civilis, 2002. p.27-45.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 jan. 1997.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999. Altera o Decreto-Lei nº 3.365, de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nºs 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 1 fev. 1999.

EMBRAPA SOLOS. **Mundo mirim**: vamos aprender sobre solos. Rio de Janeiro, [200-]. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/search/mirims/mirim01/mirim01.html>>. Acesso em: 17 fev. 2011.

ENGEL, S.; PAGIOLA, S.; WUNDER, S. Designing payments for environmental services in theory and practice: an overview of the issues. **Ecological Economics**, v. 65, n.4, p.663-674, May 2008.

ESPÍRITO SANTO. Lei nº 8.960, de 18 de julho de 2008. Dispõe sobre a criação do Fundo Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo - FUNDÁGUA. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, Vitória, 21 jul. 2008a.

\_\_\_\_\_. Lei nº 8.995, de 22 de setembro de 2008. Institui o Programa de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA e dá outras providências. **Diário oficial do Estado do Espírito Santo**, Vitória, 23 set. 2008b.

EXTREMA. **Lei nº 2.100**, de 21 de dezembro de 2005. Cria o Projeto Conservador das Águas, autoriza o executivo a prestar apoio financeiro aos proprietários rurais e dá outras providências. Extrema, MG: Prefeitura Municipal, 2005. Disponível em: <[http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Lei-2100-05\\_Extrema-MG.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Lei-2100-05_Extrema-MG.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2011.

FASIABEN, M. do C. R. et al. Estimativa de aporte de recursos para um sistema de

Pagamento por Serviços Ambientais na floresta Amazônica brasileira. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v.12, n.2, p.223-239. jul./dez. 2009.

FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO À NATUREZA. **Projeto Oásis**: água boa para São Paulo. São Paulo, [2009]. Disponível em: <[http://internet.boticario.com.br/Internet/staticFiles/Fundacao/Projeto%20Oasis/mini-folder\\_Oasis.pdf](http://internet.boticario.com.br/Internet/staticFiles/Fundacao/Projeto%20Oasis/mini-folder_Oasis.pdf)>. Acesso em: 15 fev. 2011.

FURLAN, M. **A função promocional do direito no panorama das mudanças climáticas**: a idéia de pagamentos por serviços ambientais e o princípio do protetor recebedor. 2008. 292p. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Bolsa Verde**: manual de princípios, critérios e procedimentos para a implantação da Lei n. 17.727 de agosto de 2008 - Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010. 47p.

\_\_\_\_\_. **Resultado do Programa Bolsa Verde sai em março**. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/noticias/1/1202-resultado-do-programa-bolsa-verde-sai-em-marco>>. Acesso em: 15 fev. 2011.

ISAKSON, R. S. **Payments for environmental services in the Catskills**: a socioeconomic analysis of the agricultural strategy in New York City's watershed management plan. San Salvador: PRISMA, 2002.

KITAMURA, P.C. **Valoração de serviços ambientais em sistemas agroflorestais**: métodos, problemas e perspectivas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 4p. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Kitamura\\_valoracaoID-UTXMUZ4w6e.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Kitamura_valoracaoID-UTXMUZ4w6e.pdf)>. Acesso em: 2 fev. 2011.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being**: a framework for assessment. Washington, [2005]. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org/en/Framework.aspx>>. Acesso em: 15 fev. 2011.

MINAS GERAIS. Decreto nº 45.113, de 5 de junho de 2009. Estabelece normas

para a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde, de que trata a Lei nº 17.727, de 13 de agosto de 2008. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 6 jun. 2009.

\_\_\_\_\_. Lei nº 14.309, de 19 de junho de 2002. Dispõe sobre a política florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 20 de jun. 2002.

\_\_\_\_\_. Lei nº 17.727, de 13 de agosto de 2008. Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde, para os fins que especifica, e altera as Leis nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 14 ago. 2008.

PAGIOLA, S. Payments for environmental services in Costa Rica. **Ecological Economics**, v.65, n.4, p.712-724, May 2008.

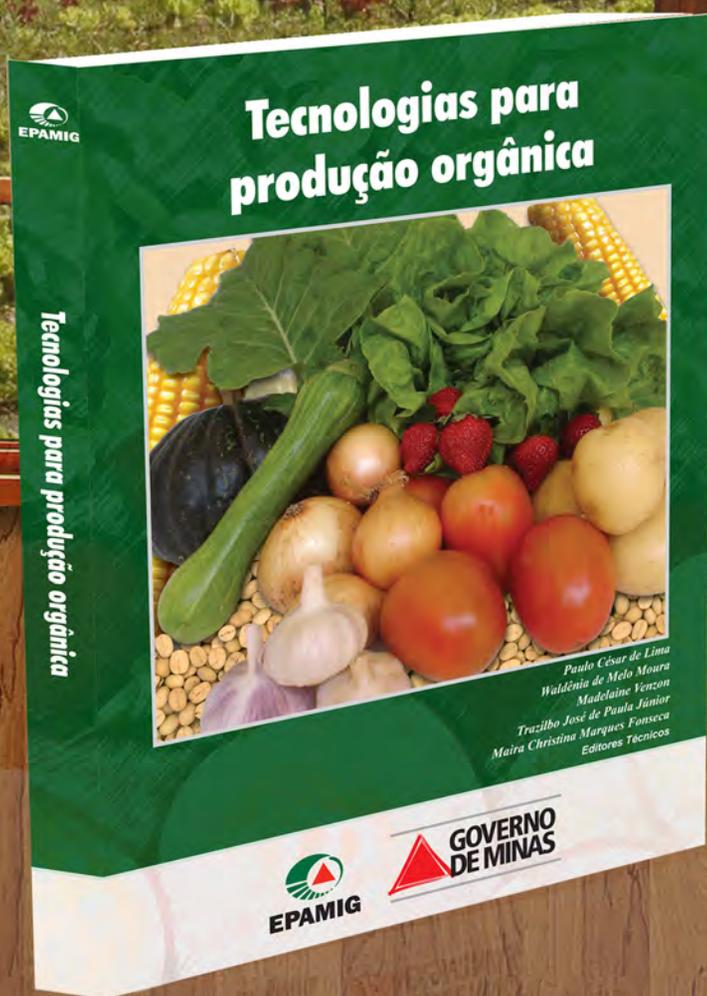
ROMANO, P. A. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: uma estratégia para a sustentabilidade. **Informe Agropecuário**. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, Belo Horizonte, v.31, n.257, p.7-15, jul./ago. 2010.

SÃO PAULO. Decreto nº 55.947, de 24 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 13.798, de 9 de novembro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Mudanças Climáticas. **Diário oficial [do] Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, 25 jun. 2010. Seção 1, p.1.

VILAR, M. B. **Valoração econômica de serviços ambientais em propriedades rurais**. 2009. 146p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

WHATELY, M.; HERCOWITZ, M. **Serviços ambientais**: conhecer, valorizar e cuidar - subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2008. 121p.

# Pesquisa e tecnologia para a agricultura orgânica



O livro **Tecnologias para produção orgânica** contém informações relevantes sobre produção orgânica, refletindo a demanda crescente da sociedade por uma agricultura livre de resíduos de agrotóxicos e que promova a produção sustentável de alimentos com qualidade.

Resultados de pesquisas recentes, processos tecnológicos já disponíveis ao produtor e aspectos relacionados à certificação, regulamentação e registro de produtos são abordados nesta publicação com o objetivo de contribuir para o crescimento da agricultura orgânica no estado de Minas Gerais.

Este livro promove a atualização técnica de profissionais, produtores e estudantes interessados nos diferentes aspectos que envolvem a cadeia de produção orgânica de alimentos no Brasil.

## Informações e aquisição

(31) 3489 5002

(31) 3891-2646

[publicacao@epamig.br](mailto:publicacao@epamig.br)

# Sistemas Agroflorestais como prática de manejo em bacias hidrográficas

*Lucas Machado Pontes<sup>1</sup>*

*Eduardo de Sá Mendonça<sup>2</sup>*

*Lucas Teixeira Ferrari<sup>3</sup>*

*Joana Junqueira Carneiro<sup>4</sup>*

*Adriellem Lídia Marta Soares da Silva<sup>5</sup>*

*Irene Maria Cardoso<sup>6</sup>*

**Resumo** - A busca por uma agricultura sustentável, que consiga alta produtividade e seja ao mesmo tempo socialmente justa e ecologicamente correta, aponta para a necessidade de práticas agrícolas que garantam a produtividade dos agroecossistemas sustentada ao longo do tempo. Para isto, é necessária a retomada dos conhecimentos tradicionais amparados por estudos científicos. Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) apresentam-se como alternativa tecnológica promissora nesse processo e importantes para o manejo de bacias hidrográficas e recuperação de áreas degradadas. Há vários resultados de pesquisa científica que apontam os SAFs como produtivos e potencializadores de importantes serviços ambientais nos agroecossistemas.

**Palavras-chave:** Sistema Silvopastoril. Sistema Agroflorestal. Sustentabilidade ambiental. Serviços ambientais. Recuperação de área degradada. Manejo de água. Bacia hidrográfica.

## INTRODUÇÃO

Monocultivos combinados com o uso de herbicidas, pesticidas, adubos químicos, espécies geneticamente modificadas e máquinas pesadas caracterizam a agricultura moderna convencional, que, a partir do final do século 19, provocou forte incremento nas produções agrícolas, sobretudo nas culturas direcionadas ao mercado externo. Ao mesmo tempo, esse sistema de produção gerou graves impactos ambientais como a poluição das águas, do ar e dos solos, perda expressiva de áreas cobertas com vegetação nativa

e consequente perda de biodiversidade, bem como problemas de ordens sociais, sobretudo para as famílias agricultoras tradicionais (ALTIERI, 2005).

Em muitas regiões tropicais, com a agricultura moderna, as florestas foram retiradas extensivamente para obtenção de madeira e carvão e para ceder lugar a atividades agropecuárias. Com a substituição da cobertura florestal por culturas como café, milho, feijão, mandioca e cana-de-açúcar, a fertilidade do solo foi reduzida drasticamente, em especial pela erosão e pela exportação de nutrientes na colheita,

exaurindo a capacidade produtiva dessas terras em poucas décadas. Com a substituição da cobertura florestal por pastagens, em geral houve degradação rápida dos campos e a forragem tornou-se escassa, expondo o solo à ação erosiva das chuvas e à compactação causada pelos animais.

A degradação do solo altera negativamente a dinâmica da água. Por um lado, a infiltração desta no solo, responsável por abastecer os aquíferos que sustentam os rios na época da seca, diminui. Por outro, seu escoamento superficial, principal causa da erosão, da perda de solos e de nutrientes,

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Ambiental, Bolsista FAPEMIG/UFV - Depto. Solos - Laboratório de Geoprocessamento, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: lucasmachadopontes@hotmail.com

<sup>2</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Pós-Doc, Prof. Associado UFES - Depto. Produção Vegetal, Caixa Postal 16, CEP 29500-000 Alegre-ES. Correio eletrônico: esmjplia@gmail.com

<sup>3</sup>Eng<sup>a</sup> Ambiental, Mestrando Solos e Nutrição de Plantas UFV, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: lucasnouvais@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Mestranda Solos e Nutrição de Plantas, UFV, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: joana\_ufv@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Eng<sup>a</sup> Ambiental, UFV, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: adriellemsoares@gmail.com

<sup>6</sup>Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup>, Ph.D. Ciência do Solo, Prof<sup>a</sup> Adj. UFV - Depto. Solos, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: irene@ufv.br

de assoreamento e poluição dos cursos d'água, aumenta. Essas mudanças na dinâmica natural da água são as principais causas das enchentes, da diminuição da vazão dos rios e da queda do nível da água nos reservatórios e poços usados para as mais diversas finalidades, inclusive para o consumo animal e humano.

Além dos problemas ambientais, os de ordem social, gerados pela agricultura moderna nos trópicos, também não são poucos. Os agricultores, com escassos recursos financeiros ou com áreas de menor capacidade de resposta aos pacotes tecnológicos da Revolução Verde, não foram favorecidos por este tipo de agricultura. Muitos deles abandonaram suas terras e migraram para as cidades, onde causaram inchaços, piorando sua qualidade de vida. Os que ficaram no campo enfrentam vários problemas, entre estes os ligados à saúde,

pelo uso de agrotóxicos. Com os problemas ambientais e sociais, a agricultura moderna torna-se insustentável (LOPES, 2001).

Ao contrário dos sistemas agrícolas modernos, os tradicionais desenvolveram-se por meio da experiência acumulada de agricultores que utilizaram de criatividade, de conhecimento empírico e de recursos locais disponíveis, criando, muitas vezes, sistemas de produção sustentáveis. Sugere-se, assim, a retomada do conhecimento tradicional, agora amparado por metodologias científicas participativas, que permitam a integração das dimensões socioeconômicas e socioambientais, as quais podem contribuir para a criação de sistemas agrícolas sustentáveis. Uma característica notável dos sistemas tradicionais é a alta diversidade de plantas, que os caracteriza como policultivos, como por exemplo, os Sistemas Agroflorestais (SAFs) (ALTIERI, 2005).

É denominado SAFs, a associação de espécies florestais arbóreas com culturas agrícolas ou forrageiras (Fig. 1 e 2). As culturas agrícolas podem ser anuais, como o milho, feijão, mandioca; perenes, como o café e pastagens, caracterizando um Sistema Silvipastoril (SSP).

Os SAFs estão sendo respaldados pela legislação nacional. A Resolução nº 369, de 28 de março de 2006 (CONAMA, 2006) dispõe sobre os casos excepcionais em que a vegetação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) pode sofrer intervenção. Um desses casos excepcionais é o uso de SAFs, considerados como atividades de interesse social, quando praticados pela agricultura familiar não descaracterizando a ecologia local. Os SAFs estão previstos ainda como técnica para recuperação de APPs e Reserva Legal (RL), por meio da Instrução Normativa nº 5, de 8 de setembro de 2009 (BRASIL,

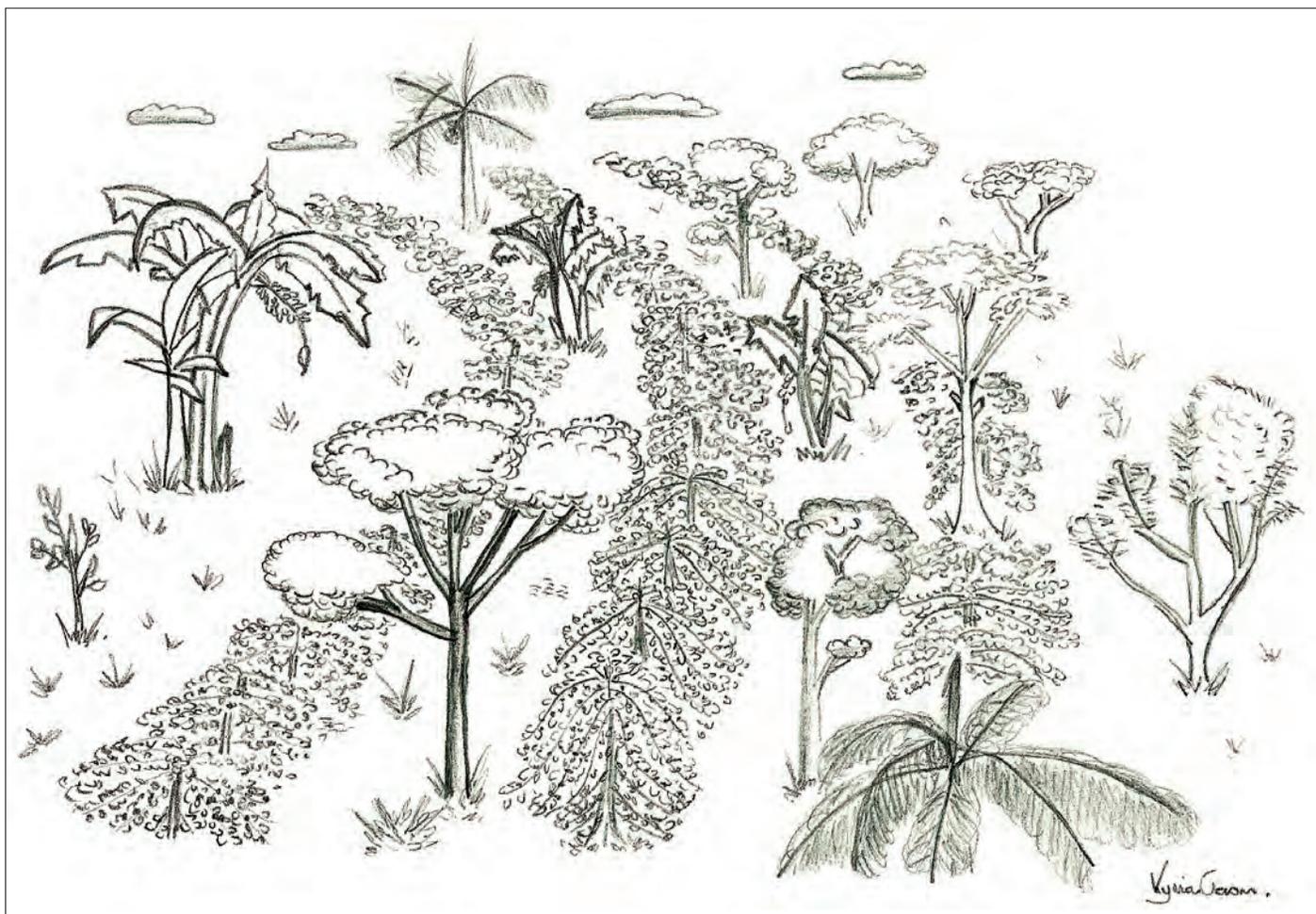


Figura 1 - Sistemas Agroflorestais (SAFs) complexos (com café) e Silvipastoris (SSPs)



Marcos Antonio Gomes

Figura 2 - Sistema Silvopastoril (SSP) com árvores nativas e braquiária

2009). Outros incentivos à adoção dos SAFs vêm da Lei nº 18.365, de 1 de setembro de 2009 (MINAS GERAIS, 2009), que aperfeiçoa a Lei Florestal de Minas Gerais ao estabelecer regras mais rigorosas para o uso de mata nativa na produção de carvão, beneficiando, assim, produtores de madeira; essa lei também prevê flexibilização para usos consolidados em APP, permitindo a adoção de práticas sustentáveis nessas áreas, bem como na RL, além de ampliar os recursos destinados ao Bolsa Verde, incentivo financeiro aos que recuperarem ou preservarem parte de suas propriedades.

Neste artigo, será exposto como os SAFs podem ser utilizados, enquanto prática de manejo em bacias hidrográficas que permitam aliar a produção agrícola com a preservação ambiental ou até mesmo a recuperação de áreas degradadas, importantes para a saúde dos cursos d'água e para o processo de recarga de aquíferos. Serão apresentados resultados de algumas experiências de agricultores familiares da Zona da Mata de Minas Gerais, os quais, por meio da utilização de SAFs em suas lavouras, estão conseguindo promover a recuperação e/ou conservação dos recursos hídricos que têm origem ou passam por suas propriedades.

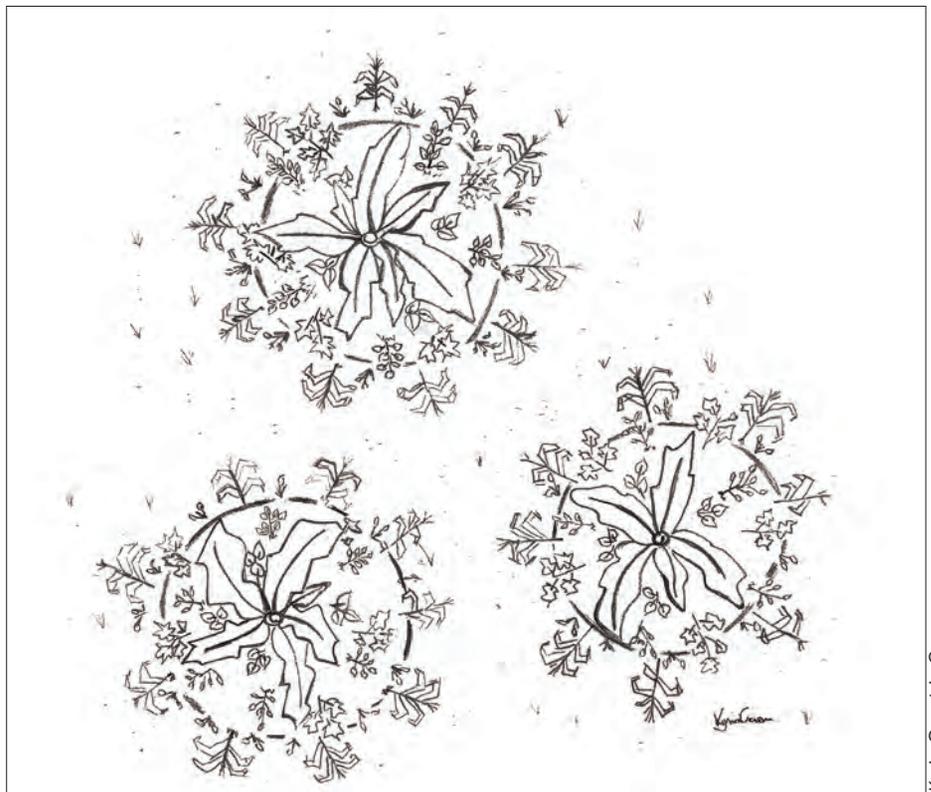
### SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Nos SAFs, as formas de associação das culturas agrícolas ou forrageiras são bastante diversas e estão sujeitas às características de cada região e à concepção dos agricultores

no desenho, implantação e manejo dos SAFs, sendo difícil, se não impossível, padronizar um modelo ideal desse Sistema. Existem desde sistemas simples com apenas duas espécies consorciadas (café com banana, pasto com eucalipto), até sistemas bastante complexos, com diversas espécies de plantas diferentes, que ocupam estratos diversos e ciclos de amadurecimento, colheita e corte diferentes, os quais simulam uma floresta natural.

Os SAFs podem ser classificados em relação à distribuição dos seus componentes no espaço e no tempo. A distribuição espacial das espécies pode ser irregular (SAFs azonais) ou em faixas, como num cultivo em aléias, onde a produção agrícola e o componente arbóreo são intercalados em linhas, preferencialmente acompanhando as curvas de nível (SAFs zonais), e podem, ainda, obedecer a uma distribuição de mosaicos (Fig. 3).

A distribuição dos componentes no tempo permite distinguir SAFs sequenciais, onde a área de cultivo é manejada de modo que permita o crescimento de espécies espontâneas por meio da regeneração natural,



Kyvia Gregório Caon

Figura 3 - Círculos de bananeiras, típica distribuição em mosaicos

que pode ser melhorada ou não, sendo, em seguida, usada para plantações. Um exemplo é a sequência lavoura-capoeira-lavoura. Em SAFs simultâneos, onde os componentes agrícolas e arbóreos são implantados simultaneamente, as plantas ocuparão os diversos estratos da vegetação e terão diferentes ciclos de vida. Assim, aquelas que têm o papel de pioneiras criarão um ambiente adequado para as secundárias, transicionais e primárias (SILVA, 2006).

Embora o processo de desenho dos sistemas seja objeto de debate, os méritos básicos de SAFs são amplamente aceitos. A esses méritos são atribuídos valores em relação a duas propriedades principais: a regeneração e a prevenção da degradação do solo. Nesse sentido, a regeneração é o resultado da cobertura do solo e melhoria de sua fertilidade pela árvore. No entanto, fundamental é o potencial dos SAFs para evitar a degradação do solo e contribuir para o uso sustentável dos recursos naturais.

Segundo Altieri (2005), os SAFs respeitam os princípios básicos de um agroecossistema sustentável, quais sejam: a conservação de recursos renováveis, a adaptação da cultura ao ambiente e a manutenção de um alto nível de sustentabilidade da produtividade. O planejamento desses agroecossistemas requer duas funções fundamentais:

- a) biodiversidade de microrganismos, plantas e animais;
- b) ciclagem biológica de nutrientes.

Os SAFs são de grande potencial, particularmente para regiões densamente povoadas e montanhosas dos trópicos úmidos e subúmidos. Os solos, nessas regiões, foram degradados principalmente por processos erosivos, pela retirada de sua cobertura, fato que ainda hoje é comum na agricultura convencional. O desmatamento e a erosão também reduzem o fluxo de base dos rios, em consequência da diminuição da taxa de infiltração da água das chuvas no solo e do assoreamento dos corpos d'água. Esses sintomas, aliados à diminuição da produtividade para níveis que não são economicamente viáveis, frequentemente contribuem para o abandono das terras pelos agricultores, agra-

vando ainda mais seu estado de degradação (YOUNG, 1997). Em tais ambientes, os SAFs podem ajudar no controle do escoamento superficial e da erosão, na melhoria de pastagens e no suporte ao manejo de bacias hidrográficas (CARDOSO et al., 2001).

Além do caráter conservacionista, os SAFs visam uma produção contínua e diversificada, aumentando a produção e a renda do agricultor. Souza et al. (2010) compararam sistemas de café convencional com sistemas de café agroflorestal, concluindo que, embora a produção do café seja menor na agrofloresta, o retorno econômico é maior, por causa do menor custo da produção e maior oferta de produtos (Quadro 1).

Por serem sistemas complexos e muito variáveis, com características específicas para cada região, os SAFs, necessariamente, devem ser pesquisados e desenvolvidos com base em abordagens participativas que

integrem aspectos ecológicos e sociais à produção agrícola (CARDOSO et al., 2001). Atualmente, a agroecologia, uma disciplina científica, tem procurado criar as bases para os estudos de sistemas complexos, como os SAFs.

## Agroecologia

A agroecologia é definida por Altieri (2002) como uma forma de compreender a natureza dos agroecossistemas e os princípios do seu funcionamento, sendo então uma abordagem integradora dos conhecimentos agrônômicos, ecológicos e socioeconômicos. Vários autores indicam que a agroecologia pressupõe a construção conjunta do conhecimento (ALTIERI, 2002; ALTIERI; NICHOLLS, 2000; PRIMAVESI, 2008), em que os saberes científicos e populares são colocados no mesmo patamar, de forma a se interagirem e dialogarem. Esse proces-

QUADRO 1 - Comparação da produção e rentabilidade econômica de um sistema convencional com um agroflorestal

Indicadores	Unidades	Convencional	Agroflorestal
População do café	Pés/ha	2.650	2.050
Produtividade	kg/pé	0,79	0,62
Produtividade	Sacos/ha	34,9	21,2
Preço	R\$/saco	120	120
Valor bruto	R\$/ha	4.187,00	2.542,00
Custos	R\$/ha	2.300,00	750,00
Sobra do café	R\$/ha	1.887,00	1.792,00
Custos/Valor bruto	%	54,93	29,50
População da agrofloresta		R\$	R\$
Mamão	150 pés	-	112,5
Banana	40 pés	-	200
Graviola, carambola, urucum	15 pés	-	-
Copaíba, caramúé, jambo	24 pés	-	-
Caqui, noz-pecã, fruta-do-conde	27 pés	-	-
Galego, taiti, mexerica, laranja	123 pés	-	110
Manga, goiaba, abacate, jaca	51 pés	-	135
Jabuticaba, pitanga, acerola	21 pés	-	-
Palmito, figo, ameixa	162 pés	-	144
Boldo chileno, uva, pêssego	27 pés	-	-
Pau-brasil, ipê-roxo, uva do Japão, canela, ingá, cedro.	51 pés	-	-
Subtotal		-	701,50
Saldo do sistema	R\$/ha	1.887,00	2.493,50

FONTE: Dados básicos: Souza et al. (2010).

so propicia a geração de um conhecimento complexo, holístico, dinâmico e, portanto, mais eficiente no desenho de agriculturas sustentáveis (CARDOSO; FERRARI, 2006).

Ao invés de definir práticas alternativas de agricultura, a agroecologia oferece metodologia para o estudo e desenvolvimento de agroecossistemas, ao analisar fluxos de nutrientes, energia e matéria e considerar os componentes bióticos dos sistemas como os indicadores da fertilidade do solo, produtividade e proteção das culturas. No manejo e estudo dos sistemas agroecológicos consideram-se os valores funcionais da biodiversidade e hábitat, que quase sempre foram perdidos no processo de domesticação e industrialização.

### **Biodiversidade**

Na natureza, a maioria das espécies vive em associação com outras espécies, necessitando dessa interação para seu desenvolvimento ótimo. Os agroecossistemas diversos, incluindo os SAFs, apresentam, por causa da alta diversidade de espécies, interações entre plantas cultivadas, animais e árvores as quais resultam em benefícios que lhes permitem promover sua própria fertilidade do solo, o controle de pragas e a alta produtividade. A diversificação dos produtos agrícolas minimiza o risco de perdas para o produtor, uma vez que disponibiliza alternativas de renda com produtos secundários. Quando há grandes perdas em uma cultura, as demais podem compensar essas perdas.

A introdução de árvores nativas nos agroecossistemas, como nas lavouras e pastagens, contribui para a sua regeneração e cria corredores ecológicos entre uma mata e outra e, com isso, as chances de troca de informação genética entre as plantas e os animais. Assim, os SAFs podem-se beneficiar dos fragmentos e beneficiar os fragmentos concomitantemente. Isto porque, por um lado, a manutenção de vegetação diversificada nos SAFs, com espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas (biodiversidade planejada) nativas, contribui para a recomposição da vegetação florestal. Por outro lado, os fragmentos podem funcionar como banco de sementes e contribuir para o desenvolvimento dos SAFs.

Nestes Sistemas, as árvores, especialmente pela multifuncionalidade que desempenham, favorecem muito a biodiversidade associada. Esta é responsável por vários serviços ambientais, como polinização, melhoria da qualidade do solo e controle de insetos indesejáveis, contribuindo, em grande parte, para a resiliência (capacidade de recuperar perturbações ambientais) do sistema. Os serviços dos agroecossistemas dependem da biodiversidade associada (PERFECTO; VANDERMEER, 2008).

Um serviço ambiental importante é o controle de pragas, pela variedade de mecanismos biológicos. A diversidade de espécies encontradas nos SAFs ajuda a criar hábitats para os inimigos naturais das pragas, ao mesmo tempo em que serve como alternativa de hospedagem a essas pragas, protegendo as espécies mais suscetíveis ou mais valorizadas economicamente. Essa estratégia minimiza também as perdas em caso de ataques de doenças e nematoides, já que dificulta a disseminação de esporos infectados e cria áreas com microclimas diversos, desfavoráveis à difusão de certas doenças (SILVA, 2006).

A diversificação das plantas em um agroecossistema promove ainda o crescimento e a manutenção da fauna e dos microrganismos do solo, principais responsáveis pela degradação da matéria orgânica (MO), disponibilização de nutrientes para as plantas e a manutenção da fertilidade física e química do solo. Em ecossistemas tropicais, a fauna do solo exerce papel fundamental na ciclagem de nutrientes e na estruturação do solo. Os microrganismos do solo são os principais componentes do sistema de decomposição de MO, e os principais contribuintes para a respiração do solo. Atuam como reguladores do ciclo de nutrientes e, conseqüentemente, da produção primária e do fluxo de energia.

O uso de plantas para adubação verde, por exemplo, seja pelo aporte de MO no solo, seja pela fixação do nitrogênio por meio da associação entre leguminosas e bactérias simbióticas, permite reutilizar os estoques de nutrientes do próprio solo, bem como dispor de outros nutrientes necessários para as culturas, diminuindo, assim, a dependência por insumos externos. Entretanto, uma das

maiores importâncias da inclusão de componentes arbóreos nos SAFs é o aumento do aporte de material orgânico ao solo, com conseqüência na dinâmica da MO, chave para a manutenção da qualidade do solo.

### **Cobertura e matéria orgânica do solo**

Folhas e galhos das árvores, que caem naturalmente ou são podados, cobrem a superfície do solo e reduzem, assim, sua temperatura, o impacto das gotas de chuva e a quantidade, a velocidade e a capacidade de transporte da água de escoamento superficial. Esta é uma das melhores maneiras de manter o teor de MO no solo sob cultivo (MENDONÇA; LEITE; FRANCISCO NETO, 2001).

O aumento dos teores da MO do solo proporciona, primeiramente, a formação de macroagregados e, com o tempo, a melhoria de suas condições físicas, químicas e biológicas. Assim, podem ocorrer redução da acidez trocável e aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) e da ciclagem de nutrientes (principalmente N e P), contribuindo de forma benéfica para o estabelecimento vegetal e manutenção de espécies cultivadas.

A MO contribui para o aumento da estabilidade de agregados do solo, conseqüentemente melhora a aeração, a drenagem e a capacidade de retenção da solução do solo. Uma boa estrutura do solo é capaz de prevenir a perda por erosão, ao permitir a percolação da água eficientemente ao longo do perfil.

Entre os atributos químicos do solo, a MO representa um estoque de nutrientes disponível para mineralização que, anteriormente, se apresentava imobilizado na biomassa vegetal, representando a ciclagem de nutrientes.

### **Ciclagem de nutrientes e matéria orgânica**

Em ecossistemas naturais, a MO do solo está em equilíbrio dinâmico entre as taxas de entrada de serapilheira e as taxas de decomposição, promovendo liberação constante de todos os nutrientes, oriundos de resíduos em diferentes estádios de decomposição. O

sincronismo entre o ciclo de nutrientes e o crescimento vegetal é quebrado na agricultura convencional, onde a mineralização de nutrientes em períodos sem cultivo leva à perda de nutrientes por lixiviação e volatilização (MYERS et al., 1994). A separação no tempo da oferta e da demanda de nutrientes no solo leva à redução na eficiência do uso dos nutrientes na plantação. O nitrogênio (N) é o nutriente perdido com mais intensidade na interrupção do sincronismo, visto que seu excesso no solo é perdido por lixiviação, denitrificação ou volatilização da amônia. Plantas anuais têm menor capacidade de recuperar nutrientes do solo do que plantas perenes, que possuem sistema radicular mais desenvolvido.

Os SAFs evitam a interrupção do sincronismo mantendo culturas perenes chamadas de renovadoras de fertilidade, que recuperam os nutrientes de horizontes profundos e sofrem podas antes do próximo plantio agrícola, disponibilizando MO para mineralização e beneficiando a cultura agrícola anual.

Os SAFs proporcionam aporte de MO de forma continuada e diversificada, por meio, principalmente, dos resíduos das árvores (galhos, folhas, frutos, flores) e renovação do sistema radicular. Algumas árvores fornecem resíduos que são mais fáceis de ser decompostos, como o fedegoso (*Senna macranthera*), garantindo nutrientes de rápida absorção pelas plantas. Outras, como o açoita-cavalo (*Luehea grandiflora*), o ingá (*Inga subnuda*) e o abacate (*Persea americana*), fornecem resíduos mais recalcitrantes, que vão permanecer mais tempo no solo, protegendo-o da ação direta das chuvas e do sol. Para que o solo fique sadio, o ideal é que se tenha a mistura desses tipos de resíduos garantida pela diversificação das espécies arbóreas nos SAFs. Em um SAF misto, no qual são introduzidas 100 árvores dessas espécies citadas na mesma proporção, o aporte de nutrientes seria da ordem de 65 kg/ha de N, 3,3 kg/ha de fósforo (P), 23 kg/ha de potássio (K), 38 kg/ha de cálcio (Ca) e 5 kg/ha de magnésio (Mg), além de outros nutrientes importantes para as plantas (DUARTE, 2008).

## Recuperação de nascentes

Os SAFs apresentam grande potencial na recuperação e conservação das águas, ao diminuir os processos erosivos, favorecer a infiltração da água nos solos, aumentar a biodiversidade e reduzir o uso de insumos químicos (SOUZA et al., 2010).

Alguns agricultores na Zona da Mata mineira relataram ter recuperado nascentes em suas propriedades a partir da adoção de SAFs em suas propriedades. O que consideram muito importante para isso é o cuidado com o solo, realizado de diversas maneiras. Nas pastagens, é importante controlar o número de cabeças de gado por hectare, para não provocar o pisoteio excessivo e a compactação do solo e impedir que as criações tenham acesso direto ao córrego. Nas lavouras de café, são práticas importantes:

- a) roçada das plantas espontâneas para manter a cobertura do solo;
- b) plantio em nível;
- c) policultivo como forma de aumentar a biodiversidade nos agroecossistemas.

Os agricultores relatam que o plantio de árvores e outras espécies vegetais, como samambaiçu, bananeira e conta de lágrima, em volta das nascentes, apresentam resultados positivos na sua revitalização. As experiências desses agricultores deixam claro que, para a conservação da água, é importante que o manejo dos agroecossistemas seja feito de forma integrada, mesmo quando são utilizadas as APPs, os recursos hídricos podem ser recuperados. Por fim, essas experiências mostram que os agroecossistemas podem prestar importantes serviços ambientais, quando manejados de forma correta, tais serviços deveriam ser reconhecidos pela sociedade e governos (CARNEIRO; CARDOSO; MOREIRA, 2009; FERRARI et al., 2010).

## IMPLANTAÇÃO E MANEJO DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Sendo um investimento de médio e longo prazo, um plantio agroflorestal deve ter todas as suas etapas bem planejadas, para se otimizarem os benefícios ecológicos e

econômicos associados a esse plantio. Seu sucesso e desenvolvimento dependem, essencialmente, da escolha adequada das espécies, sua combinação e manejo.

Assim, o conhecimento das espécies usadas no SAF, seu ciclo de vida, porte, distribuição das raízes, produtos fornecidos, aceitação ou não de poda, perda das folhas, exigência quanto à fertilidade e à água, sombreamento, reprodução etc., tanto mais profundo quanto possível, é indispensável para o planejamento e condução desses agroecossistemas complexos. Esse planejamento possibilita prever a interação entre os indivíduos cultivados e saber como manejar cada um, de modo que o seu desenvolvimento seja ótimo, cumprindo, assim, sua função dentro do sistema.

## Sistemas Silvopastoris

A implantação e o manejo de SSPs dependem sobretudo do objetivo principal do produtor na adoção desse tipo de consórcio, o qual pode ser: proporcionar maior conforto para os animais, melhorar as condições ambientais da bacia hidrográfica ou querer diversificar a produção sem aumentar a área explorada, tendo como principal fonte de renda as árvores madeireiras ou frutíferas cultivadas juntas com a pastagem ou, ainda, ter o gado como produto principal.

A maneira mais simples de arborizar uma pastagem é deixar algumas árvores, quando for implantá-la, ou, o mais comum, deixar brotar árvores nativas da região e preservá-las, possibilitando o seu crescimento. É interessante também inserir espécies arbóreas não tóxicas, que contribuam para a alimentação dos animais com seus frutos e folhas. Os frutos não devem ser grandes, maiores que 5 cm de diâmetro, para não causarem morte aos animais por obstrução do esôfago (OLIVEIRA et al., 2003).

Quando a intenção é inserir culturas rentáveis na pastagem, alguns cuidados devem ser observados:

- a) escolha das espécies: árvores de uso múltiplo, que produzam madeira ou outros produtos, além de sombreamento, fixação de N e proteção do solo são as mais indicadas e devem ser adotadas sempre que possível.

Espécies como o ipê e o ingá-mirim possuem características importantes por não serem quebradas ou consumidas pelo gado. Outras características são resistência das mudas ao sol intenso e baixa fertilidade do sistema, presentes em espécies como eucalipto, samaúma, mogno, ingá, faveiro, teca, cedro e mulateiro (OLIVEIRA et al., 2003);

- b) formas de plantio: a maneira mais econômica de implantar SSPs é na ocasião da limpeza do pasto. Devem-se identificar e deixar as espécies arbóreas desejáveis, espontâneas na pastagem. Este procedimento tem a vantagem de permitir implantar o sistema com o gado no pasto. Caso opte pela introdução de árvores na pastagem, deve-se dar preferência a espécies madeireiras de rápido crescimento e de valor de mercado. Neste caso, é necessário proteger as mudas com grades, para não serem danificadas. Outra opção é arborizar o pasto no período de renovação da pastagem, quando então o gado deverá ficar fora da área por um a três anos, em outro piquete, até que as árvores atinjam alturas superiores a 1,5 m, estando então menos vulneráveis a danos provocados pelos animais (OLIVEIRA et al., 2003).

Os desenhos mais comuns na arborização de pastagens são: em linha, no sentido leste-oeste nas áreas planas, para aumentar a radiação solar sobre o capim e acompanhando as curvas de nível em terrenos declivosos; plantio de pequenos bosques, aglomerados de árvores distribuídos na pastagem, indicados para sistemas em que a cultura principal são as árvores, já que não há crescimento de grama dentro do sistema; plantio disperso, distribuição ao acaso, sem espaçamento definido, o qual beneficia o gado e as condições ambientais da pastagem; cercas ou mourões vivos, com árvores plantadas ao longo de divisas da propriedade

ou divisórias da pastagem. Podem substituir mourões para pregar arame, utilizando espécies como a eritrina (*Erythrina falcata*) e crotalária (*Crotalaria juncea*).

Um cuidado importante para qualquer tipo de SSP é impedir que as copas das árvores se trespassem. Estas devem apenas se tocar, sem se entrelaçarem, sombreando demais e prejudicando a pastagem. Consegue-se isso com um espaçamento adequado entre as árvores ou com poda seletiva;

- c) manejo: o manejo consiste, basicamente, em facilitar o crescimento das mudas, protegendo-as dos animais até que tenham altura e diâmetro suficientes para não serem danificadas. Outros cuidados são o coroamento, adubação, podas e proteção contra pragas, que devem ser realizadas de modo a não prejudicar o gado e a pastagem. Quanto ao manejo da forrageira, o mais adequado é roçar a pastagem para sua renovação e evitar o fogo e a capina química ou manual. É importante também procurar integrar a lavoura, o SSP e a criação de animais, usando o esterco para beneficiar as plantas e os produtos vegetais para enriquecer a alimentação dos animais.

### **Agrofloresta e recuperação de áreas degradadas**

Não é possível criar receitas fixas para instalar e manejar uma parcela de SAFs, cada agricultor deve observar seu entorno, entender como funciona a natureza local e tornar-se seu cocriador.

A observação do comportamento das culturas em relação a cada espécie de árvore, sua escolha, seu espaçamento, a posição do terreno em relação ao sol, a disponibilidade de mudas e sementes e a qualidade do solo são os principais pontos a ser observados.

Por serem comuns na paisagem de Minas Gerais e ocuparem áreas importantes para a recarga dos aquíferos nas bacias hidrográficas do Estado, as terras degradadas por pastagem ou lavouras abandonadas,

bem como as lavouras perenes em uso, sobretudo o café, são áreas potenciais para a implantação de SAFs, com bons resultados produtivos, econômicos e ambientais.

Alguns passos básicos para adotar os SAFs nesses ambientes, estão descritos a seguir.

Para recuperar uma área degradada, devem-se usar estratégias que a própria natureza fornece. A principal é a sucessão biológica. Dois princípios observados no ecossistema da Mata Atlântica podem ser considerados essenciais para os SAFs em clima tropical:

- a) alta biodiversidade: deve-se assegurar alta diversidade de plantas no sistema agroflorestal;
- b) sucessão: definida de forma simples como um processo dinâmico na natureza, composto basicamente de três fases: pioneira, secundária e clímax, cada uma delas caracterizada por diferentes composições de espécies e interações ecológicas (Fig. 4).

Nos SAFs, devem-se reproduzir esses mecanismos da natureza de forma mais rápida, de modo que mantenham uma alta ciclagem dos nutrientes e uma utilização ótima do espaço, ou seja, ocupem cada espaço da superfície do solo e cada estrato com as plantas desejadas. No início, priorizam-se as pioneiras, com grande diversidade e densidade de espécies, de forma que cubram rapidamente o solo e garantam níveis altos de biomassa, para aumentar a ciclagem de nutrientes. A seguir, inicia-se o sistema de podas:

- a) drástica, para renovação das espécies pioneiras antes de sua fase de maturação, assegurando sua regeneração;
- b) desbastes seletivos, para eliminar espécies pioneiras já em fase de maturação.

As espécies pioneiras são aquelas de ciclo curto, um ano ou menos. As leguminosas são ótimas plantas pioneiras e regeneradoras do solo. Também podem ser usadas plantas de cultivo anual como o milho, feijão, mandioca, arroz, com o mesmo espaçamento usado para monocultivo.

Dessa forma, como a abordagem proposta é cobrir o solo o mais rápido possível,



Figura 4 - Esquema da sucessão biológica ao longo do tempo em uma área em recuperação

a densidade de plantas é alta e, inicialmente, são priorizadas as espécies pioneiras. As espécies secundárias e primárias podem ser introduzidas juntamente com as pioneiras, com sementes, e, no caso de espécies mais resistentes, com mudas. As sementes das secundárias e primárias normalmente apresentam dormência que só é quebrada quando o ambiente está equilibrado e propício para seu brotamento. Portanto, sua dispersão junto às espécies pioneiras não costuma prejudicar o seu estabelecimento, assim que o sistema estiver pronto.

Outra maneira de introduzir espécies de ciclo mais longo é, após a parcela ter atingido certo grau de maturidade quanto à altura das plantas e ciclagem eficiente de nutrientes pelo aporte de material orgânico das plantas pioneiras, plantar mudas de espécies economicamente interessantes ou observar as árvores que possam nascer espontaneamente no terreno, por causa do banco de sementes do solo ou trazidas pela fauna local, que já deve estar sendo atraída pela capoeira que se forma.

Nas lavouras perenes já estabelecidas, a sucessão deverá ser dirigida pelo produtor, sendo de suma importância observar se as

espécies arbóreas introduzidas são compatíveis com a cultura principal. No caso do café, que tolera bem o sombreamento, devem ser adotadas espécies com raízes profundas e, preferencialmente, que percam as folhas na época seca do ano, assim não haverá competição por nutrientes e água e o manejo será facilitado pela perda das folhas, deixando passar maior luminosidade, para melhorar a maturação dos grãos de café na época da colheita.

As árvores podem ser inseridas por mudas, sementes, estacas ou mesmo pela regeneração natural. Devem ser plantadas nos espaços entre as linhas da cultura-chave e nas divisas da propriedade ou entre uma cultura e outra.

Por ser um sistema dinâmico e complexo, a contínua avaliação do processo e sua evolução são imprescindíveis. Deve haver mudanças no manejo sempre que ocorrer indicações de que algo não está dando certo, como uma incompatibilidade entre as espécies. Observam-se as reações da cultura principal, que se mantém saudável e com bom crescimento, caso contrário, as espécies introduzidas e a principal podem competir entre si por sistemas radiculares

semelhantes ou por sombreamento. Nesses casos, podem-se retirar os indivíduos que estejam causando prejuízos, diminuir o número de espécies introduzidas ou podar as árvores, favorecendo a cultura-chave.

### Seleção das espécies

Identificar espécies com funções e nichos ecológicos distintos pode minimizar a competição interespecífica por recursos do ambiente, permitindo um menor espaçamento entre as espécies e uma maior biodiversidade (GOTSCH, 1995).

Segundo agricultores experientes, deve-se optar por espécies arbóreas com facilidade de aquisição de mudas. Por isso, a preferência por espécies arbóreas espontâneas (por exemplo, o papagaio e a capoeira-branca), pois neste caso não há necessidade de plantio, apenas de manejo de tais espécies.

Espécies adaptadas para o ambiente, as quais requerem pouca manutenção e rápida produção, como leguminosas fixadoras de nitrogênio, árvores frutíferas e madeiras, são as mais indicadas para formação de SAFs (Quadro 2).

QUADRO 2 - Espécies arbóreas usadas em Sistemas Agroflorestais (SAFs), estrato que ocupam e produtos fornecidos (continua)

Nome popular	Nome científico	Estrato	Usos
Abacate	<i>Persea</i> sp.	Alto	Alimentação (frutos)
Açoita cavalo	<i>Luehea speciosa</i>	Médio	Melífera
Ameixa	<i>Eriobotrya japonica</i>	Baixo	Alimentação (frutos)
Amora	<i>Morus alba</i>	Baixo	Alimentação (frutos)
Angelim	<i>Andira</i> sp.	Alto	Madeira
Angico	<i>Annadenanthera peregrina</i>	Alto	Recuperação de áreas degradadas
Araçá	<i>Psidium araça</i>	Baixo	Alimentação (frutos)
Araticum	<i>Rollinia silvatica</i>	Baixo	Alimentação (frutos)
Aroeira	<i>Miracrodouon urundeuva</i>	Médio	Madeira, frutos
Astrapéia	<i>Dombeya wallichii</i>	Médio	Melífera
Banana	<i>Musa</i> sp.	Baixo	Alimentação (frutos)
Bico de pato	<i>Machaerium nictitans</i>	Médio	Recuperação de áreas degradadas
Braúna	<i>Melanoxylum brauna</i>	Alto	Madeira
Brauninha	<i>Dictyoloma vandellianum</i>	Baixo	Melífera
Breu ou guapuruvu	<i>Schizolobium parahyba</i>	Alto	Recuperação de áreas degradadas
Calabura	<i>Muntingia calabura</i>	Médio	Melífera
Caleandra	<i>Calliandra calothyrsus</i>	Baixo	Alimentação animal, adubação verde
Cambará, Assa-peixe	<i>Vernonia polyanthes</i>	Médio	Adubação verde, melífera
Camboatá	<i>Cupania</i> sp.	Médio	Melífera
Candeia	<i>Vanillosmopsis erythropapa</i>	Médio	Madeira
Canela	<i>Machaerium</i> sp.	Médio	Madeira
Canudo de pito	<i>Mabea fistulifera</i>	Baixo	Recuperação de áreas degradadas
Capixigui	<i>Croton floribundus</i>	Médio	Madeira, melífera
Capoeira branca	<i>Solanum argenteum</i>	Baixo	Recuperação de áreas degradadas
Caqui	<i>Diospyrus kaki</i>	Médio	Alimentação (frutos)
Caroba	<i>Jacaranda micrantha</i>	Médio	Madeira
Caroba	<i>Jacaranda</i> sp.	Médio	Madeira
Castanha mineira	<i>Bombax</i> sp.	Médio	Recuperação de áreas degradadas
Cedro	<i>Cedrela fissilis</i>	Alto	Madeira nobre
Cinco folhas	<i>Sparatosperma</i> sp.	Médio	Recuperação de áreas degradadas
Coco	<i>Cocos nucifera</i>	Alto	Alimentação (frutos)
Coco babão	<i>Syagrus romanzofianum</i>	Alto	Alimentação (frutos)
Cotieira	<i>Joanesia princeps</i>	Médio	Recuperação de áreas degradadas
Crindiúva	<i>Trema micrantha</i>	Baixo	Recuperação de áreas degradadas
Embaúba	<i>Cecropia hololeuca</i>	Alto	Recuperação de áreas degradadas

(conclusão)

Nome popular	Nome científico	Estrato	Usos
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> sp.	Alto	Madeira
Fedegoso	<i>Senna macranthera</i>	Baixo	Melífera
Garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i>	Médio	Recuperação de áreas degradadas
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	Baixo	Alimentação (frutos)
Graviola	<i>Annona muricata</i>	Médio	Alimentação (frutos)
Guatambu	<i>Aspidosperma polyneurum</i>	Médio	Madeira
Ingá	<i>Inga vera</i>	Alto	Alimentação (frutos), adubação verde
Ipê	<i>Tabebuia</i> sp.	Médio	Leguminosa
Jaca	<i>Artocarpus integrifolia</i>	Médio	Alimentação (frutos)
Jacarandá caviúna	<i>Dalbergia nigra</i>	Médio	Melífera
Jacarandá mimoso	<i>Jacarandá</i> sp.	Médio	Madeira
Jacaré	<i>Piptadenia gonocantha</i>	Alto	Madeira, melífera
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	Alto	Alimentação (frutos)
Laranja	<i>Citrus sinensis</i>	Baixo	Alimentação (frutos)
Limão	<i>Citrus</i> sp.	Baixo	Alimentação (frutos)
Lixia	<i>Litchi sinensis</i>	Médio	Alimentação (frutos)
Lobeira	<i>Solanum lycocarpum</i>	Baixo	Recuperação de áreas degradadas
Mamão	<i>Carica papaya</i>	Baixo	Alimentação (frutos)
Maminha de porca	<i>Zantoxylum rhoifolium</i>	Baixo	Recuperação de áreas degradadas
Manga	<i>Mangifera indica</i>	Médio	Alimentação (frutos)
Maria-preta	<i>Vitex</i> sp.	Baixo	Recuperação de áreas degradadas
Mexerica	<i>Citrus</i> sp.	Baixo	Alimentação (frutos)
Mulungu	<i>Erythrina</i> sp.	Baixo	Paisagismo, melífera
Orelha de nego	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Alto	Madeira, melífera
Palmito	<i>Euterpe edulis</i>	Alto	Alimentação (frutos e palmito)
Papagaio	<i>Aegiphila sellowiana</i>	Baixo	Recuperação de áreas degradadas
Pau pereira	<i>Aspidosperma</i> sp.	Médio	Madeira
Pera	<i>Pirus communis</i>	Baixo	Alimentação (frutos)
Pêssego	<i>Prunus persica</i>	Baixo	Alimentação (frutos)
Pitanga	<i>Eugenia pitanga</i>	Baixo	Alimentação (frutos)
Pupunha	<i>Bactris gaesipaes</i>	Médio	Alimentação (frutos e palmito)
Quaresminha	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	Médio	Madeira
Toona	<i>Toona ciliata</i>	Alto	Madeira
Umbu	<i>Spondias</i> sp.	Baixo	Alimentação (frutos)
Urucum	<i>Bixa orellana</i>	Baixo	Alimentação (frutos)

FONTE: Dados básicos: Souza et al. (2010).

NOTA: Considerando estrato: baixo - até 10 m.; médio - 11 a 20 m.; alto - maior que 20 m de altura.

## Espaçamento

O número de árvores e a distância entre estas dependem da localização da lavoura. Lugares quentes e com maior incidência solar podem ter mais árvores por hectare. Algumas indicações-chave dadas por agricultores experientadores, quanto ao espaçamento das árvores dentro de uma lavoura são:

- as copas das árvores não podem trespassar. A copa de uma árvore pode apenas tocar na copa de outra. Se as copas se entrelaçam é preciso podar ou tirar rama das árvores;
- as saias das árvores (terço inferior da copa) devem ser podadas. A copa da árvore tem que ficar alta para circular ar e entrar a luz do sol na lavoura;

c) usar árvores que perdem as folhas no período seco do ano (caducifolia ou subcaducifolia). Assim, não será necessário podar as árvores para entrar luz.

Para plantios simultâneos, em que todas as espécies serão introduzidas ao mesmo tempo, a indicação é que se trabalhe com o espaçamento de cada planta, individualmente, ou seja, uma planta que comumente é plantada com um espaçamento de 2 x 2 m, continuará com este espaçamento dentro do SAF, com outras espécies de plantas nos intervalos, conforme ilustrado na Figura 5.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os SAFs são uma alternativa viável para se aliar produção agrícola economicamente rentável e preservação ambiental. Os serviços

ambientais a estes associados permitem proteger e recuperar áreas vitais para o processo de recarga dos aquíferos e manutenção dos cursos d'água, sendo promissores para recuperar nascentes e bacias hidrográficas degradadas pela agropecuária convencional.

Entretanto, os SAFs exigem planejamento e conhecimento prévio das espécies utilizadas, para que a implantação e o manejo desse sistema proporcionem crescimento ótimo das plantas, alta produtividade, independência de insumos externos e manutenção da capacidade produtiva da terra ao longo do tempo, objetivos principais dos SAFs.

A mão de obra é outro ponto importante nos SAFs, uma vez que deve conhecer as espécies e ter habilidade técnica para manejar o sistema de modo que se conduza harmoniosa-

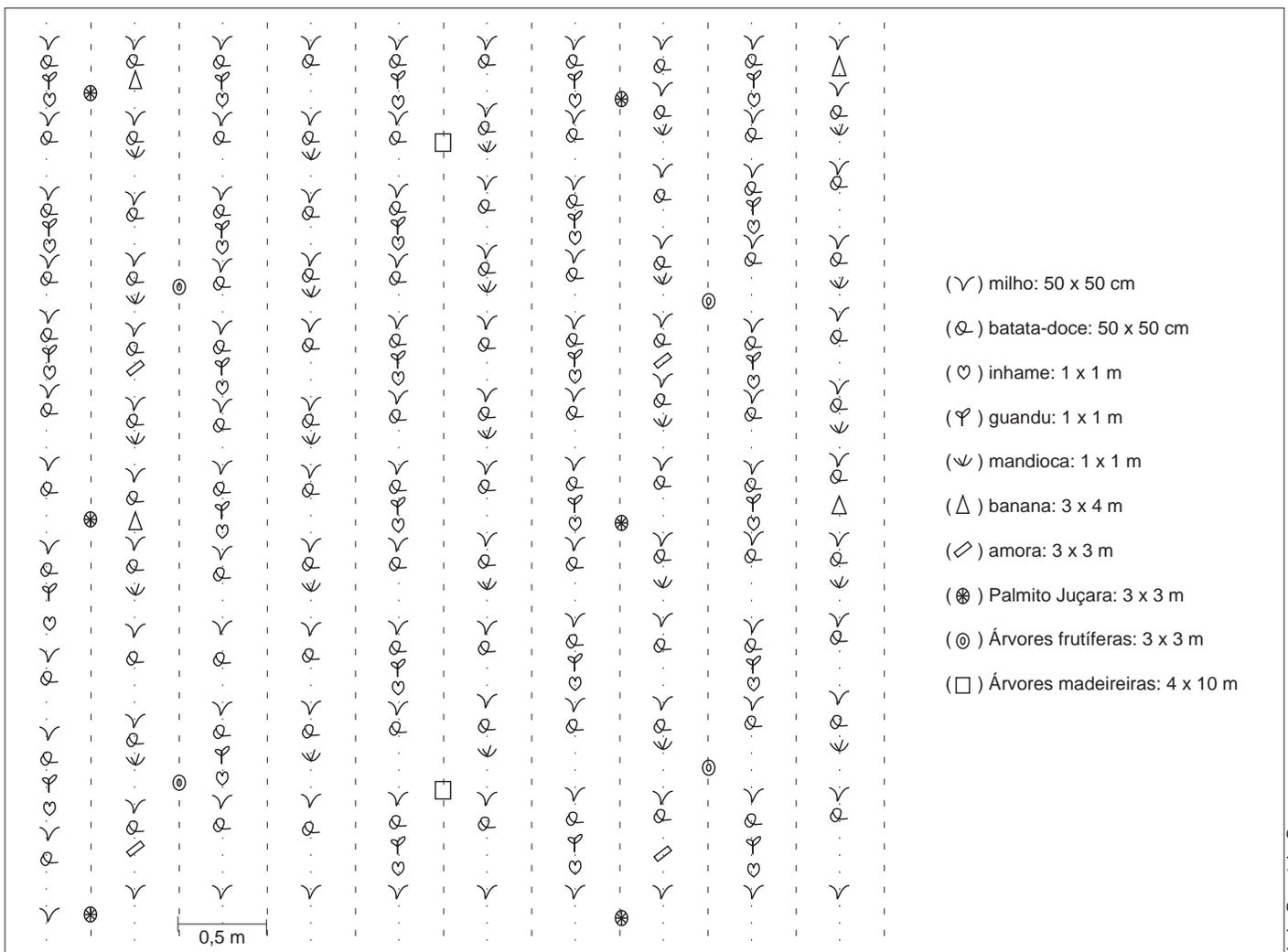


Figura 5 - Croqui para implantação de Sistemas Agroflorestais (SAFs) complexos

mente o crescimento das plantas, diminuindo a competição interespecífica, para otimizar a sucessão biológica, a produção de biomassa e a ciclagem dos nutrientes, responsáveis pela sustentabilidade do sistema. O agricultor também deve ser capaz de analisar seus SAFs, de modo que mude o manejo, quando necessário, introduza ou retire espécies e, crie desenhos de SAFs adequados a cada ambiente dentro da bacia hidrográfica.

## REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M.A. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 5. ed. Porto Alegre: UFRS, 2005. 110p.
- \_\_\_\_\_. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.93, n.1/3, p.1-24, Dec. 2002.
- \_\_\_\_\_. NICHOLLS, C.I. **Agroecologia**: teoría y practica para una agricultura sustentable. México, DF: PNUMA, 2000.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 5, de 8 de setembro de 2009. Dispõe sobre os procedimentos metodológicos para restauração e recuperação das Áreas de Preservação Permanente e da Reserva Legal insituídas pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 de set. 2009. Seção 1, p.65.
- CARDOSO, I.M. et al. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. **Agricultural Systems**, v.69, n.3, p. 235-257, Sept. 2001.
- \_\_\_\_\_; FERRARI, E.A. Construindo o conhecimento agroecológico: trajetória de interação entre ONG, universidade e organizações de agricultores. **Revista Agrícolas**: experiências em agroecologia, Rio de Janeiro, v.3, n.4, p. 28-32, dez. 2006.
- CARNEIRO, J.J.; CARDOSO, I.M.; MOREIRA, V.D.L. Agroecologia e conservação de água: um estudo de caso no município de Araponga-MG. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Curitiba, v.4, n.2, p.513-516, nov. 2009. Anais do VI Congresso Brasileiro de Agroecologia e do II Congresso Latinoamericano de Agroecologia.
- CONAMA. Resolução nº 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente - APP. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 29 mar. 2006.
- DUARTE, E.M.G.; CARDOSO, I.M.; FÁVERO, C. Terra Forte. **Revista Agrícolas**: experiências em agroecologia, Rio de Janeiro, v.5, n.3, p.11-15, 2008.
- FERRARI, L.T. et al. El caso del agua que sube: monitoreo participativo del agua en sistemas agroecológicos de producción. **LEISA**. Revista de Agroecología, Lima, v.26, p.20-23, n.3, oct. 2010.
- GÖTSCH, E. **Break-through in agriculture**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1995. 22p.
- LOPES, B.S. **Arranjos institucionais e a sustentabilidade de sistemas agroflorestais**: uma proposição metodológica. 2008. 170f. Tese (Mestrado em Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- MENDONÇA, E.S.; LEITE, L.F.C.; FERREIRA NETO, P.S. Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.25, n.3, p.375-383, 2001.
- MINAS GERAIS. Lei nº 18.365, de 1 de setembro de 2009. Altera a Lei nº 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado, e o art. 7º da Lei Delegada nº 125, de 25 de janeiro de 2007, que dispõe sobre a estrutura orgânica básica da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2 set. 2009.
- MYERS, R.K.J. et al. The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrition demand. In: WOOMER, P.L.; SWIFT, P.L. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. New York: J. Wiley, 1994. p.81-116.
- OLIVEIRA, T.K. de et al. **Sugestões para implantação de Sistemas Silvopastoris**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2003. 28p. (Embrapa Acre. Documentos, 84).
- PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: a new conservation paradigm. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.1134, p.173-200, June 2008.
- PRIMAVESI, A.M. Agroecologia e manejo do solo. **Revista Agrícolas**: experiências em agroecologia, Rio de Janeiro, v.5, n.3, p.7-10, set. 2008.
- SILVA, M.S.C. **Indicadores de qualidade do solo em Sistemas Agroflorestais em Paraty, RJ**. 2006. 68f. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.
- SOUZA H.N. et al. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome. **Agroforestry systems**, v.80, n.1, p.1-16. Sept. 2010.
- YOUNG, A. **Agroforestry for soil management**. 2.ed. Wallingford: ICRAF: CAB International, 1997. 320p.



# MUDAS DE OLIVEIRA

Garantia de procedência, mudas padronizadas, qualidade comprovada e variedade identificada

Pedidos e informações:  
**EPAMIG - Fazenda Experimental de Maria da Fé - CEP: 37517-000**  
**Maria da Fé - MG - e-mail: femf@epamig.br - Tel: (35) 3662-1227**

**EPAMIG** **GOVERNO DE MINAS**

# Planejamento estratégico de propriedades rurais para a conservação dos recursos naturais

*João Luiz Lani<sup>1</sup>*

*Marcos Antonio Gomes<sup>2</sup>*

*Eufran Ferreira do Amaral<sup>3</sup>*

*Rita Maria de Souza<sup>4</sup>*

*Rodrigo de Almeida Silva<sup>5</sup>*

*Antônio de Pádua Alvarenga<sup>6</sup>*

Resumo - Para o planejamento de uma propriedade rural alguns fatores devem ser considerados extremamente importantes e decisivos para alcançar o sucesso, como tipo de solo, relevo, vegetação, recursos hídricos, aspectos socioeconômicos e demanda de mercado. O produtor rural, ao definir o uso do solo, geralmente baseia-se no instinto, na demanda do mercado ou na utilização anterior, sem o devido planejamento e/ou assistência técnica. Isto tem como consequência a degradação ambiental com o aumento dos processos erosivos, empobrecimento do solo, diminuição da vazão dos mananciais, assoreamento, redução da qualidade da água etc., inclusive infringindo leis ambientais. Para que a propriedade seja produtiva, dentro da visão de desenvolvimento sustentável, é necessário, antes de tudo, o planejamento, ou seja, conhecer o potencial da propriedade, suas características ambientais, tendo o solo como elemento estratificador de ambientes, dando-lhe o uso mais adequado. Com esse planejamento, pode-se definir previamente os objetivos e buscar os melhores meios ou recursos para atingi-los, dentro da realidade financeira e de acordo com as tendências do mercado. Para que o planejamento seja eficiente algumas etapas devem ser realizadas, como: escolha das atividades, diagnóstico, missão, vantagens competitivas, projetos e gestão.

Palavras-chave: Recurso hídrico. Bacia hidrográfica. Desenvolvimento sustentável. Conservação do solo. Conservação da água. Degradação ambiental.

## INTRODUÇÃO

Uma das principais limitações no processo de gerenciamento de propriedades rurais é a ausência de um planejamento pautado em informações temáticas com-

patíveis com o tamanho da área. A incompatibilidade do uso com as variáveis existentes (solo, declividade, clima etc.) é responsável pela degradação dos recursos naturais dentro das bacias hidrográficas, principalmente dos recursos hídricos, que

têm apresentado variações acentuadas nas vazões com o decorrer dos tempos. É comum, na atualidade, a notícia de córregos e rios com baixas vazões ou secos, no período de estiagem, e cheias ou enchentes, nos períodos de chuva.

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S. Solos e Nutrição de Plantas, Prof. UFV - Depto. Solos, CEP 36570-000 Viçosa, MG. Correio eletrônico: lani@ufv.br

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Florestal, D.S. Solos e Nutrição de Plantas, Pesq. Visitante EPAMIG Zona da Mata/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: marcos.gomes@ufv.br

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S. Solos e Nutrição de Plantas, Pesq. EMBRAPA Acre, Caixa Postal 321, CEP 69908-970 Rio Branco-AC. Correio eletrônico: eufran@cpafac.embrapa.br

<sup>4</sup>Graduanda Tecnologia e Gestão Ambiental UNIVIÇOSA - Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, CEP 36570-000 Viçosa-MG Correio eletrônico: rsouza136@hotmail.com

<sup>5</sup>Graduando Tecnologia e Gestão Ambiental UNIVIÇOSA - Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: eg42681@yahoo.com.br

<sup>6</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S., Pesq. EPAMIG Zona da Mata/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: padua@epamig.ufv.br

No processo de tomada de decisões, o produtor é levado pelo instinto e pelas possibilidades, que são facilmente perceptíveis: como a linha de produção do vizinho, o produto que está tendo maior demanda no mercado, os insumos que eram comprados pelo proprietário anterior, o manejo tradicionalmente usado etc. Porém, para se entender todas as variáveis diretamente ligadas ao processo produtivo dentro de uma propriedade rural, é necessário conhecer uma infinidade de fatores e condições e a interdependência entre estes.

No caso de uma propriedade rural, estão envolvidos fatores como clima, solo, vegetação, aspecto socioeconômico da região, mercado, tendências, clientes, produtos, patrimônio, capital intelectual e outros.

A realização de um empreendimento sem um planejamento prévio e constantemente atualizado está com sério risco de fracasso, uma vez que os caminhos para atingir os objetivos finais nem sempre são os mais eficazes, fazendo com que se tenha que mudar sempre de estratégia e rever os métodos de execução.

Dessa forma, o planejamento estratégico é a base do conhecimento e do gerenciamento eficiente de propriedades rurais, uma vez que permite a definição de metas de produção, a partir da base de conhecimento integral da propriedade, evidenciando os pontos positivos e negativos desta, bem como os meios de gerenciá-los. Ou seja, é necessário conhecer o potencial da propriedade, para melhor utilizá-la dentro do caráter de sustentabilidade, fator que reflete diretamente nas bacias hidrográficas, com ênfase na revitalização e conservação dos recursos hídricos.

## PASSOS DO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

Planejar é o primeiro passo para o sucesso de um trabalho. Por meio desse planejamento é que se estabelecem os parâmetros que vão direcionar o controle das atividades, fornecendo ao gestor e à equipe uma ferramenta que os munície de informações para a tomada de decisão,

ajudando-os a atuar de forma pró-ativa, antecipando às mudanças que ocorrem. Em resumo, planejar significa projetar um trabalho, serviço ou empreendimento, determinando previamente seus objetivos ou metas, buscando os melhores meios ou recursos para atingi-los.

No contexto deste trabalho, pode-se definir como planejamento o ato de conhecer as características ambientais da propriedade, tomando o solo como elemento estratificador de ambientes, dando-lhe o uso mais adequado. Assim, o planejamento estratégico é um instrumento eficaz de modelar o futuro, possibilitando o desenvolvimento organizacional integrado da propriedade rural com vistas à revitalização das nascentes. Este planejamento precisa estar dentro da realidade financeira e das aspirações do empresário e de acordo com as tendências do mercado. A seguir serão citadas algumas tendências atuais do agronegócio, no Brasil e no mundo: produtos orgânicos, alimentos diets, ecoturismo, turismo rural, hidroponia, apicultura, pecuária de corte, conservação do solo, preservação da água, dentre outras.

Para fazer um planejamento estratégico eficiente, o produtor deve ter em mente seis fases sequenciais e concatenadas (Fig. 1).

## Escolha das atividades

Para iniciar o planejamento, deve-se, primeiro, saber qual o objetivo a alcançar e conhecer todas as tendências globais para definir, muito claramente, em quais atividades atuar. A definição da propriedade deve ser feita com base nas características que viabilizem e potencializem o desenvolvimento das atividades planejadas.

## Diagnóstico

O segundo passo do planejamento é estabelecer um diagnóstico completo da propriedade, ou seja:

- realizar um levantamento planialtimétrico, identificando os principais usos da terra, declividades e as construções existentes, a fim de facilitar o planejamento posterior;
- identificar as classes de solos existentes, análises físicas e químicas dos solos, as tipologias florestais e as áreas de interesse específico – Áreas de Preservação Permanente (APPs), áreas degradadas, nascentes e mananciais hídricos superficiais etc. –, que contribuam para o desenvolvimento das atividades futuras;
- fazer uma prospecção mineral ex-

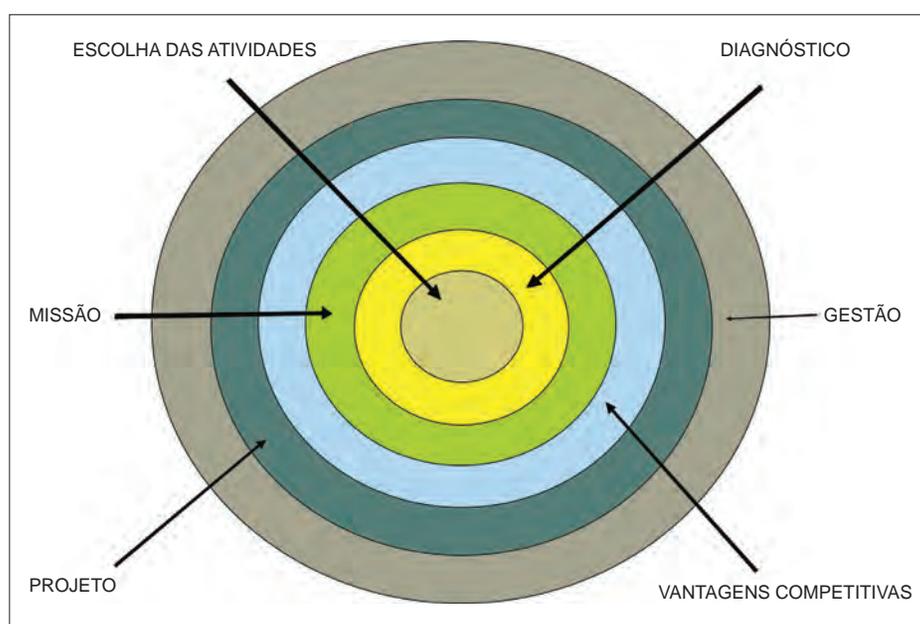


Figura 1 - Interação entre as diversas fases do planejamento estratégico  
FONTE: Lani et al. (2008).

pedida, para avaliar a necessidade de uma pesquisa de subsolo, para análise de uma exploração comercial;

- d) realizar análise de qualidade das águas na propriedade, de forma que avalie a existência de água mineral e a potabilidade desta para consumo interno, consuntivo ou não consuntivo.

### **Missão**

A missão da empresa rural é definida no terceiro passo do planejamento estratégico. A missão é que define o núcleo central do empreendimento e norteia as atividades e as direciona, de qualquer lugar, a qualquer tempo, em qualquer situação, para atingir os objetivos já definidos. A missão deve ser clara e sintetizar tudo aquilo que se pretende com a sua empresa rural.

### **Vantagens competitivas**

No quarto passo, o produtor deve realizar uma análise criteriosa para identificar as vantagens que sua empresa rural possui e as desvantagens que eventualmente possa apresentar.

O produtor deve criar cenários que enfatizem as vantagens existentes e ter condições materiais e pessoais para desenvolver as vantagens que ainda não possui, além de minimizar as desvantagens que possui. Para conseguir este objetivo, é necessário que o produtor pesquise as tendências atuais do mercado e conheça outras empresas que estejam atuando na mesma área já definida para a sua empresa, a fim de melhorar os processos já existentes ou até mesmo criar outros processos.

### **Projetos**

Para elaborar os projetos de execução, no quinto passo, o produtor necessita de todas as informações de sua propriedade e do contexto socioeconômico regional. Com todas as informações disponíveis, elaboram-se os projetos de infraestrutura geral e de cada unidade necessária ao empreendimento. Os projetos devem ser

o mais detalhado possível, para viabilizar uma implantação rápida e fiel ao planejamento. Os projetos de cada unidade produtiva e o de infraestrutura vão constituir o projeto geral para o empreendimento.

### **Gestão**

O sistema organizacional e administrativo é estruturado paralelo à implantação da infraestrutura. É definido a partir do desenvolvimento dos setores, do pessoal e das bases comerciais que devem estar associados à gestão da informação. A empresa deve concentrar o seu foco na atuação, em apenas uma ou, no máximo, duas atividades principais. Ao aumentar o número de atividades, há uma divisão natural de esforços que pode criar uma condição de diminuição da capacidade produtiva, que vai acarretar numa diminuição de competência e de sustentabilidade.

## **LEVANTAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DA ÁREA**

### **Levantamento topográfico**

O levantamento topográfico permite uma caracterização da distribuição das áreas dentro do imóvel e da materialização de seus limites. Este levantamento é feito por engenheiros agrimensores, topógrafos e outros profissionais da área de engenharia, os quais utilizam como ferramentas principais o teodolito, Global Positioning System (GPS) topográfico e estações gráficas computadorizadas.

O uso do teodolito objetiva obter ângulos e distâncias precisas, para materializar o perímetro do imóvel e quantificar as áreas de interesse. Ao associar o nível ao teodolito, pode-se construir um mapa planialtimétrico que permite visualizar as curvas de nível obtidas a partir das diferenças de nível no terreno levantado.

De posse dos dados de campo e utilizando programas específicos de topografia, são produzidos mapas, em escala adequada ao empreendimento e aos seus objetivos, de forma que visualize a propriedade como um todo ou enfatize uma determinada área de interesse.

O resultado do levantamento planialtimétrico permite visualizar todas as informações temáticas com precisão, incluindo o perímetro da área, a área total, as divisas, os confrontantes, as edificações, os usos e as curvas de nível, que podem variar desde a distância, de meio em meio metro, até curvas espaçadas de 50 em 50 m, dependendo da intensidade de amostragem no campo e dos objetivos do empreendimento.

As curvas de nível permitem a identificação das elevações, depressões e áreas planas e constituem a base cartográfica para análise dos diferentes ambientes da propriedade.

A partir do levantamento topográfico, o proprietário tem a real dimensão do seu imóvel e passa a conhecer os seus verdadeiros limites, o que será daí por diante o seu objetivo de planejamento. Entretanto, o levantamento topográfico convencional tem suas limitações. Quando se trata de grandes áreas, acima de 300 ha, ou de áreas de difícil penetração e abertura de picadas nas matas pelos técnicos e auxiliares, o melhor é trabalhar outro tipo de levantamento, que permita uma visão geral da área, com muito detalhe, como é o caso do levantamento aerofotográfico.

### **Levantamento aerofotográfico**

O levantamento aerofotográfico é indicado para propriedades maiores de 300 ha, que permitem a geração de mapas temáticos em escalas de muitos detalhes, como, por exemplo, 1:10.000 e 1:5.000. Pode também ser realizado em propriedades pequenas, que exigem maior detalhamento temático e precisão das medidas, e em propriedades onde há dificuldades de deslocamento dos técnicos para um levantamento topográfico tradicional, como no caso de propriedades na região Amazônica. Esse levantamento aerofotográfico deve ser realizado por uma equipe especializada e multidisciplinar.

Nesse levantamento, o avião executa linhas de voo, quando são produzidas várias fotos em cada linha, de toda a área da propriedade. As fotografias são rasterizadas (escaneadas) e tratadas com

programas de computador, para melhorar o contraste e colocá-las numa mesma escala. Para cada linha de voo, as fotos são unidas, formando um mosaico. Todas as fotos que constituem estas linhas são agregadas, até formar um mosaico final, com precisão menor do que 1 m. Isto significa ser melhor que muitas imagens de satélite disponíveis na atualidade.

Com todos os dados de campo e as aerofotos rasterizadas, utiliza-se um programa de tratamento de imagens e faz-se o georreferenciamento, que é a associação das coordenadas geográficas de campo com as fotografias, tornando-as um mapa base. Esse mosaico, denominado semicontrolado, em função dos pontos de controle, é a base para confeccionar os diversos mapas temáticos, como: uso da terra, limites, rele-

vo, aptidão agrícola, vegetação (Fig. 2) etc. Visualizam-se, também, a rede de drenagem, a rede hidrográfica e a infraestrutura existente na propriedade, além das áreas instáveis.

Este material é um auxiliar técnico de primeira ordem para os mais variados tipos de planejamento. São muitas as vantagens de ter uma visão tridimensional aérea vertical, o que permite estudar áreas para as mais diversas finalidades, como, por exemplo:

- planejamento de uso e ocupação de propriedades rurais;
- estudos para definição e implantação de barragens e represas;
- levantamentos de solos;
- avaliação de aptidão agrícola;

- relatórios de impacto ambiental – Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) – e controle da poluição;
- avaliação dos recursos naturais e planejamento de sub-bacias hidrográficas;
- delimitação de áreas-piloto para estudos especiais, dentre outras.

Com o levantamento aerofotográfico tem-se em mãos uma ferramenta de análise e interpretação do ambiente, uma vez que se tem uma visão tridimensional da propriedade e a possibilidade de ter análises individualizadas, como, por exemplo, distribuição de determinada espécie florestal, frentes de erosão etc., que não podem ser trabalhadas em outras escalas de menor detalhe.

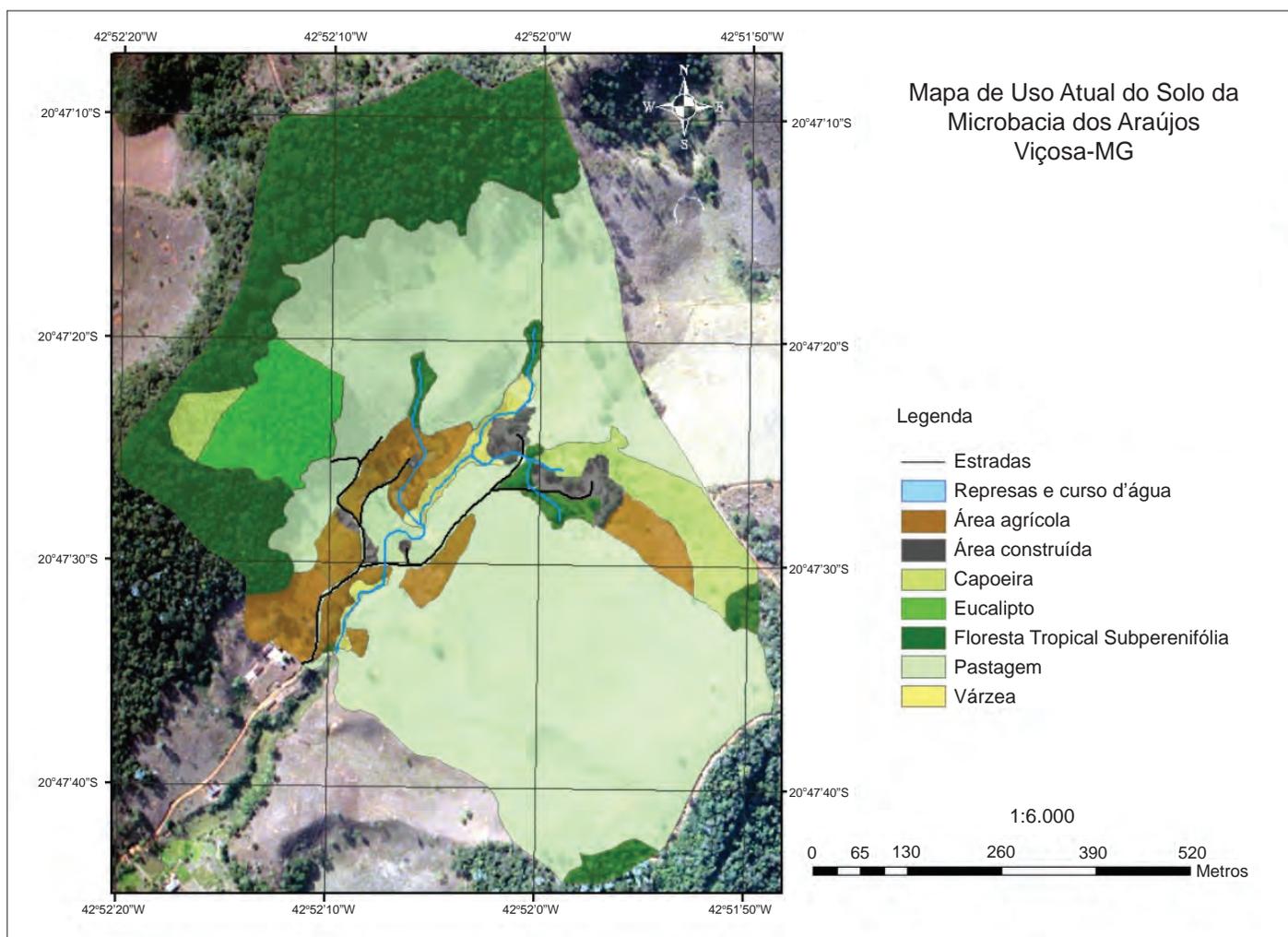


Figura 2 - Mapa da bacia hidrográfica dos Araújos com a delimitação do uso atual do solo - Viçosa, MG

FONTE: Gomes (2004).

### Modelo Digital de Elevação

O relevo é composto por cinco atributos principais, que são: altitude, declividade, comprimento, forma e orientação dos topos de morro, encostas e vales. A integração dessas variáveis condiciona os padrões de escoamento da água sobre a superfície, que, por sua vez, pode alterá-los por meio de processos erosivos, caracterizando um processo cíclico.

O relevo tem papel fundamental na regulação da distribuição do fluxo de água e energia dentro e entre as bacias hidrográficas, e sua representação gráfica em ambiente digital e materializada por meio dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs).

Para produzir um MDE, é aplicado um modelo temático sobre os dados dos levantamentos planialtimétricos existentes, rede de drenagem e pontos coletados irregularmente sobre o terreno, que vão gerar uma rede triangular irregular, conhecida como Triangulated Irregular Network (TIN), uma estrutura de dados vetoriais que permite a geração de uma superfície digital contínua. O mapa gerado é o modelo digital de elevação da propriedade, o qual

permite uma visualização geral do imóvel, com possibilidade de individualização de áreas específicas como os vales, topos, áreas íngremes e outras feições do relevo.

O modelo digital do terreno é a representação, em ambiente de computador, das formas do terreno da propriedade (Fig. 3). Assim, o produtor pode decidir mais acertadamente onde vai intervir de maneira intensiva, onde deve prioritariamente preservar. Além disso pode fazer previsão da área a ser inundada, quando da construção de uma forma de barragem, inclusive, planejando o tamanho do talude, etc.

### Levantamento dos ambientes e características do solo

Atualmente, os agricultores experientes fazem estimativas sobre a produtividade de suas diferentes terras, com base em determinados aspectos mais facilmente identificáveis para não especialistas, como a cor do solo, textura, topografia e presença de indicadores de fertilidade e/ou degradação do solo.

O solo é como se fosse a pele do planeta Terra. É a interseção da litosfera, biosfera,

atmosfera e hidrosfera. É, de certa forma, um fenômeno de superfície e, como tal, variável a pequenas distâncias. O solo exige estudo detalhado para ser mais bem compreendido em suas funções dentro das ecorregiões e como sinalizador das propriedades e limitações dos ecossistemas. Possui horizontes ou camadas relativamente homogêneas, paralelas à superfície. Os horizontes são, em si mesmo, ambientes distintos. O horizonte A, além de ser mais influenciado pela atividade biológica, sofre maiores flutuações de temperatura e de água, apesar de ser, em geral, mais rico em nutrientes, com frequência, não tem água para que esses nutrientes sejam absorvidos efetivamente. Os primeiros centímetros do horizonte A podem ser, em algumas circunstâncias, a parte mais inóspita do solo para as plantas. Acima do horizonte A, podem-se acumular detritos orgânicos, com diferentes graus de decomposição.

As informações para a identificação das classes de solos estão sintetizadas no Quadro 1. Com o auxílio destes critérios (propriedades diagnósticas), define-se a chave para identificação das classes de solos de alto nível categórico (Fig. 4).



Figura 3 - Modelo Digital de Elevação (MDE) com sobreposição de um mosaico de aerofotos verticais de parte de uma propriedade rural

FONTE: Lani et al. (2008).

QUADRO 1 - Critérios usados nas chaves simplificadas de identificação das classes de solos brasileiros, com comentários de interesse biológico (continua)

Código	Descrição
(1) HO	(Horizonte hístico). Altos teores de matéria orgânica (MO). Ocorre em solos encharcados; pode, dependendo de como é drenado, rebaixar e pegar fogo.
(2) f	(Horizonte plúntico). Cores variegadas ou com mosqueados vermelhos, que indicam redução e oxidação do F. Os mosqueados podem endurecer, formando nódulos ou concreções. Nestas, pode haver concentração de elementos-traço, principalmente quando ricas também em manganês e fósforo (FONTES et al., 1985).
(3) Bw	(Horizonte B latossólico). Profundo, em geral poroso, mesmo quando muito argiloso, pobre em nutrientes. Muito espaço para penetração de raízes e de água. A presença de gibbsita (indicada por valores baixos de Ki, critério (20), quando $Ki = 0,75\%$ gibbsita = % caulinita), mesmo em pequenas quantidades, favorece essa estrutura esponjosa (pó-de-café). Aqueles com pouca gibbsita, como os Latossolos Amarelos (Área Costeira e Amazônica: $Ki > 1,5$ e % $Fe_2O_3 < 7\%$ ) e os Latossolos Brunos (Áreas Subtropicais: $Ki > 1,5$ e % $Fe_2O_3$ variável, indo até $> 25\%$ ), têm estrutura mais compacta quando secos.
(4) Bt	(B textural). É bem mais argiloso do que o horizonte suprajacente A. É menos espesso e tem, em geral, maior teor de minerais ricos em nutrientes do que o Bw. As raízes e a água, mesmo sem camadas impeditivas declaradas, têm certa dificuldade de penetração.
(5) $\leq 2,5YR$	(cores tão ou mais vermelhas que 2,5YR 5/4). Solos bem vermelhos, <i>Rhodic</i> . Isso indica: presença de hematita com altos teores de ferro, se o clima for muito úmido; teores altos ou intermediários de ferro, se o pedoclima for seco ou parcialmente seco, por alguns meses; hematita herdada da rocha original (arenitos e pelitos vermelhos), e, por isso, mais resistente, se teores de ferro forem muito baixos. Em quaisquer dos casos indica boa drenagem.
(6) Em	(altos teores de esmectita). Argila que se expande e se contrai com extrema facilidade, o solo apresenta-se com grandes fraturas, quando seco, rompendo raízes e acelerando perda de água. Moléculas orgânicas alojam-se entre as camadas expandidas, acentuando a cor escura.
(7) Ta	(argila de atividade alta). Material do solo tem expansão-contração acentuada, porém menos do que esmectita. As raízes podem ser amassadas e têm dificuldades em penetrar no interior dos blocos (torrões naturais, em destaque, quando o solo seca). A infiltração de água é reduzida no solo umedecido (expandido), mas pode ser muito alta pelas fraturas nas primeiras chuvas. A água que se infiltra arrasta partículas da superfície (MO, nutrientes, sementes); as raízes, que crescem nessas fraturas, onde há mais troca gasosa, mesmo depois do solo úmido, ficam num microssítio enriquecido, principalmente em fósforo, um elemento privilegiado biologicamente na absorção e, por isso, muito ligado à parte orgânica. Atividade de argila $\geq 27$ cmol <sub>c</sub> /kg define Ta.
(8) Fe > 11%	(teor de $Fe_2O_3 > 11\%$ e $< 18\%$ , dado pelo ataque sulfúrico). Indica teores bastante elevados de goethita nos solos amarelados e goethita e hematita nos vermelhos. Esses são os dois principais adsorventes ferruginosos de ânions.
(9) Fe > 18%	(teor de $Fe_2O_3 > 18\%$ , dado pelo ataque sulfúrico). Solos com esses teores bastante elevados de ferro são originados, geralmente, de rochas máficas e ferríferas. Solos originados das máficas são ricos em elementos-traço e fósforo total. Alguns solos originados de formações ferríferas e até calcários dolomíticos associados a estas, formando um ambiente inóspito para as plantas, apresentam quase ausência de silicatos. A disponibilidade de fósforo pode ser muito baixa, dada por sua forte interação com goethita e hematita.
(10) Bi	(horizonte B incipiente). Não tem gradiente textural significativo, isto é, o teor de argila não é muito maior do que aquele do horizonte suprajacente; nisto difere do Bt, e parece com o Bw, do qual difere por uma das quatro razões seguintes: a) ter minerais ricos em nutrientes; b) ter argila Ta; c) apresentar evidência de rocha e/ou estrutura da rocha; e d) ter pequena espessura ( $< 50$ cm).
(11) Cor viva	(solo mais bem drenado que imperfeitamente drenado. Pode existir mosqueado, mas não gleizamento na parte inferior do horizonte B.
(12) Fe > 7%	(teor de $Fe_2O_3 > 7\%$ , dado pelo ataque sulfúrico). Teor baixo, mas não muito baixo, de $Fe_2O_3$ com as implicações já vistas nos critérios (8) e (9).
(13) STA	(subtropical de altitude). Os solos desses ambientes, no Brasil, tendem a ser ácidos, álicos, com teores substanciais de vermiculita cloritizada (vermiculita com hidróxido de alumínio entrecamadas); os solos fraturam-se quando secos, têm permeabilidade restringida mesmo quando classificados como Latossolos (critério (3)).
(14) Máficas	(rochas máficas). A influência da rocha máfica é inferida a partir dos teores elevados de $Fe_2O_3$ e $TiO_2$ ; no campo ocorre elevada suscetibilidade magnética, principalmente em solos vermelhos.
(15) Gleis	(horizonte gleis). Indica ausência dos pigmentos ferruginosos, goethita e hematita. O ferro foi reduzido; se o solo é encharcado permanentemente pode existir grande quantidade de ferro reduzido ( $Fe^{2+}$ ); se não, houve remoção quase completa e o material de origem era pobre em ferro e, frequentemente, em fósforo, elementos-traço etc.

(continuação)

Código	Descrição
(16) B plânico	(horizonte B plânico). Tipo especial de horizonte Bt (critério (4)), apresentando uma transição muito pronunciada no teor de argila entre os horizontes A ou E e B. As raízes e água frequentemente têm dificuldade em penetrar no horizonte B; se a camada suprajacente arenosa for bastante espessa pode-se formar um ambiente favorável; se pouco espessa, ambiente desfavorável.
(17) 5YR 4/6,8	(cores tão ou mais vermelhas que 5YR 4/6 ou 4/8). As mesmas considerações feitas no critério (5).
(18) A chernozêmico	(horizonte A chernozêmico). Tem altos teores de bases, principalmente cálcio. Está associado a regiões com estresse hídrico acentuado e, geralmente, com rochas ricas em cálcio, como calcário, basalto etc. Representa, de certa forma, uma otimização do processo de precipitações insuficientes para lixiviar os nutrientes intensamente, mas suficientes para permitir considerável adição de MO ao solo. Associado tipicamente às Pradarias e Estepes. No Brasil ocorre sob floresta; em particular Caducifólia e Subcaducifólia.
(19) Va	(saturação por bases alta). Lixiviação reduzida; intemperização acentuadamente maior do que a lixiviação. Nos solos com baixa capacidade de troca e ausência de minerais ricos em nutrientes, a absorção e a ciclagem de nutrientes das camadas não muito profundas suplantaram a lixiviação.
(20) Ki > 1,5	(relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , dada pelo ataque sulfúrico, > 1,5). A caulinita tem Ki = 2,00; as argilas Ta têm Ki maior, até cerca de 5. Quanto mais intemperizado o solo, menor o Ki.
(21) AmodAfraco	(Horizontes A moderado e A fraco). O horizonte A fraco é típico de regiões mais secas, apresenta-se frequentemente encrostado à superfície, sofre um intenso processo de erosão laminar. Assim, além da relação produção/decomposição não favorecer o acúmulo de MO, a remoção pela erosão reduz seu teor. O horizonte A moderado é o mais comum nos solos não hidromórficos brasileiros, sendo moderadamente espesso, apresentando teores médios de MO.
(22) j	(horizonte sulfúrico). Ocorre em alguns solos dos mangues; há formação de ácido sulfúrico com a exposição ao ar, abaixando muito o pH. Indica um ambiente que deve ser mantido como reserva, embora em alguns países (Guiné-Bissau e Holanda) sejam muito importantes agricolamente.
(23) Na% > 15%	(saturação por sódio, relação $100\text{Na}/\text{T} > 15\%$ ). Define caráter sódico. O sódio dispersa as argilas, dando uma estrutura compacta, dificultando em grau extremo a penetração de água e raízes. O pH muito elevado, pH > 8,4, dificulta também a absorção de vários nutrientes.
(24) TBE	(topo do B escuro). Feição típica de alguns solos subtropicais de altitude do Brasil.
(25) FeTi	(teores de $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 15\%$ e $\text{TiO}_2 > 1,5\%$ , dados pelo ataque sulfúrico). Identifica solos com Bt, originados de rochas máficas, com todas as implicações em termos de teor de fósforo total, elementos-traço etc.
(26) Prof > 50	(profundidade > 50 cm até rocha fresca, contato lítico ou rocha semialterada, contato litoide). Essa característica distingue dois grandes ambientes no que se refere, principalmente, ao armazenamento de água e penetração de raízes.
(27) B nítico	(horizonte B nítico). Textura argilosa ou muito argilosa, sem ou com pouco incremento de argila do horizonte A para B, no que difere do horizonte Bt (critério (4)). Em outras características assemelha-se ao horizonte Bt.
(28) Na% > 6%	(saturação por sódio, relação $100\text{Na}/\text{T} > 6\%$ e < 15%). Mesmo tendo de 6% a 15% de saturação por sódio, esse ambiente já é problemático, quanto às dificuldades indicadas anteriormente no critério (23).
(29) FeArg	(teor de $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 3,75 + 0,062 \times \%$ argila). Expressão para ajustar teor de $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ao teor de argila.
(30) KK	(horizonte cálcico e material carbonático). Indicam ambientes de pouca precipitação, lixiviação reduzida, deficiência d'água e de acumulação de $\text{CaCO}_3$ .
(31) Unif	(camadas uniformes). Sem estratificação pronunciada até, pelo menos, 200 cm.
(32) z	(acúmulo de sais). Indica ambiente com deficiência de drenagem, déficit hídrico e acúmulo de sais.
(33) MPFI	(minerais primários facilmente intemperizáveis). Minerais ricos em nutrientes. A liberação desses nutrientes é mais rápida nas regiões mais quentes; nas regiões de temperaturas menores, mas precipitação elevada, a intemperização é mais lenta do que a lixiviação: o solo é ácido, poucas bases disponíveis, embora tendo muitos minerais ricos em nutrientes.
(34) Cinza	(ausência de pigmentos ferruginosos). Compostos orgânicos, ácidos fúlvicos, atravessam o perfil de material arenoso e vão colorir as águas de cor escura (negra, à distância). É um material desferrificado, que indica pobreza em fósforo e elementos-traço, efeito de lavagem. São muito pobres em nutrientes.

(conclusão)

Código	Descrição
(35) Rest	(ambientes de restinga). Ambiente com substrato arenoso à beira-mar.
(36) Bhs	(Horizonte espódico). Subsuperfície escura, indicando que houve movimentação de MO num perfil muito arenoso; lixiviação intensa; pobreza acentuada de nutrientes.
(37) ≥ 7,5YR	(cores 7,5YR ou menos vermelhas ou mais amarelas). Praticamente separa os solos que têm dos que não têm hematita. No novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) esse limite é 5YR.
(38) Pálido	(cores mais amarelas que 7,5YR, valor ≥ 5 e croma ≤ 4). No novo SiBCS usam-se cores mais amarelas que 5YR. Indicam solos muito pobres em ferro e, em geral, em muitos outros nutrientes. Indicam áreas que estão ou estiveram sob influência de lençol freático elevado.

FONTE: Resende (2002).

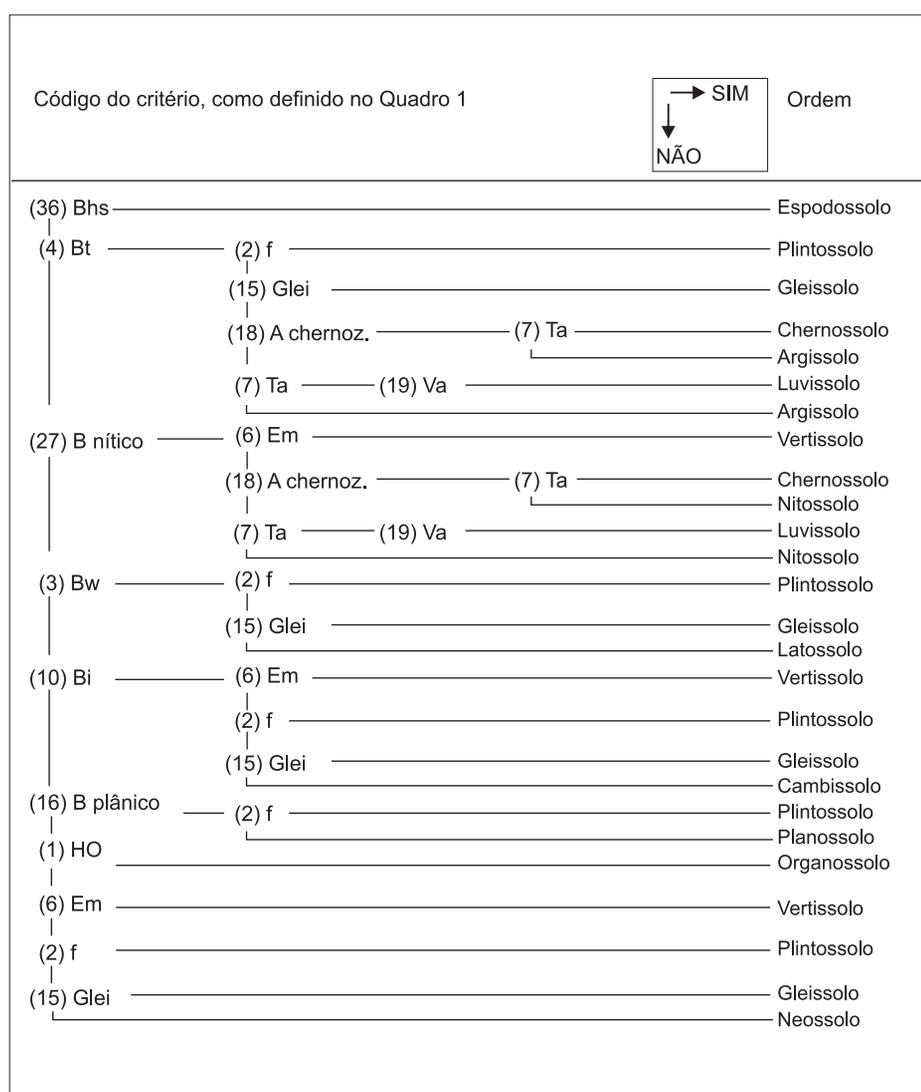


Figura 4 - Chave simplificada de identificação das classes de solo de nível categórico mais elevado (Ordem), do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), da Embrapa em 1999.

FONTE: Resende (2002).

NOTA: Se o solo possui a propriedade diagnóstica identificada por um código e definida no Quadro 1, segue-se pela direita (SIM); caso contrário, para baixo (NÃO).

Como exemplo de leitura da Figura 4, suponha um solo que apresente horizonte Bw (3) e horizonte glei (15), seguindo a chave: Não para (36) Bhs; Não para (4) Bt; Não para (27) B nítico; Sim para (3) Bw; Não para (2) f; Sim para (15) glei, dando um solo da ordem Gleissolo. Uma outra leitura: os Nitossolos têm atividade de argila baixa (Tb), a saturação por bases pode ser alta ou baixa e podem ter ou não A chernozêmico, apresentam, embora não seja exclusividade dessa classe, o horizonte B nítico. Todas as classes podem ser identificadas de uma forma mais detalhada, sem necessidade da chave simplificada, mas a chave pode ajudar a ter uma visualização da relação entre as classes.

A superfície terrestre é bastante heterogênea. Sabe-se que varia no que se refere às condições climáticas gerais, ou seja, precipitação, temperatura, nebulosidade, ventos e outras. Variam quanto às irregularidades topográficas, ou seja, montanhas, vales, planaltos, rios, escarpas, dunas e outros. Varia quanto à cobertura vegetal e quanto ao uso estabelecido pelo homem.

De forma geral, há variações que são rapidamente perceptíveis, como a cor do solo, a pedregosidade, o número de rios e sua perenidade, altura do lençol freático e risco de inundações, áreas encharcadas, rocha subjacente e muito mais. Todas essas informações diferenciam a superfície terrestre como um mosaico, sendo, no entanto, a base para a diferenciação de ambientes. O tipo de uso dado a um determinado ambiente está diretamente relacio-

nado com suas características, incluindo aquelas não visíveis diretamente, como conteúdo de nutrientes, vulnerabilidade a processos erosivos, quantidade de água disponível etc.

Para o agricultor, a exposição de um pequeno trato de terra, ou seja, soalheira, noruega e outros, pode ter importância fundamental. Ao saber fazer a leitura do ambiente, conhecendo a frequência de inundação das várzeas, observando nuances, tais como cor do solo, vegetação espontânea e outros, será possível estratificar os ambientes, o que vai refletir nas estimativas de custo/benefício permitindo tomar as decisões mais acertadas

Em razão dessas inter-relações é que a natureza apresenta diferentes ambientes, mesmo em espaços curtos no terreno, onde se pode perceber a presença de uma bromélia em cima de uma rocha e, ao lado, uma árvore frondosa. As condições de solo e clima influenciam diretamente na vegetação atual, havendo uma estreita relação entre esses dois componentes. Logo, a natureza apresenta vários ambientes, para que se possa planejar melhor as atividades agrícolas e, assim, ter uma agricultura mais ecológica e, conseqüentemente, mais equilibrada com a natureza.

No tetraedro ecológico (Fig. 5), desenvolvido pelo prof. Mauro Resende, do Departamento de Solos da UFV, o clima,

o solo, os organismos e os aspectos socioeconômicos podem ser analisados individualmente, como um vértice, por exemplo, a Floresta Amazônica ou um determinado tipo de solo. Ou numa interação com graus diferentes de aprofundamento: com dois elementos, ao longo de uma aresta, exemplo - um Vertissolo em uma floresta aberta com bambu, com três elementos, correspondente a uma face, como por exemplo os Vertissolos sob precipitação elevada em uma floresta aberta. Finalmente, pode-se considerar o tetraedro como um todo, numa relação bem mais complexa, tridimensional, com os pequenos produtores rurais vivendo num assentamento rural que apresenta o domínio dos Vertissolos e uma cobertura vegetal original do tipo floresta aberta e sob uma precipitação média anual de 1.800 mm.

Os levantamentos de solos ou levantamentos pedológicos geram informações que permitem avaliar a aptidão agrícola, capacidade de uso e estimar a produtividade e definir o melhor uso das terras, a sua verdadeira vocação. O mapa de solos é, naturalmente, a representação mais detalhada do ambiente de um determinado país, estado, município ou propriedade rural.

É muito importante fazer a avaliação e o monitoramento das condições de fertilidade da área a ser cultivada. A única forma de conhecer os estoques de nutrientes

do solo, antes de decidir pelo seu uso, é por meio da análise química. Com esta, é possível saber a quantidade de adubos e de corretivos que deve ser usada para melhorar a qualidade da terra. As plantas precisam de nutrientes que, muitas vezes, não são encontrados em quantidade suficiente no solo e devem ser repostos para garantir uma produtividade satisfatória.

A amostragem e a análise do solo, para avaliação de sua fertilidade, devem fazer parte do planejamento da instalação das culturas agrícolas e/ou florestais. Servem para garantir o balanço nutricional adequado no solo e prevenir futuros problemas nutricionais que podem facilitar o aparecimento de pragas e doenças. A partir da avaliação da fertilidade do solo, aumenta-se a lucratividade, pois haverá um aumento da produção e da resistência da planta, diminuindo os gastos com inseticidas, herbicidas e fungicidas. Em consequência, haverá qualidade de vida, maior cobertura do solo, menor escoamento superficial e menor impacto ambiental, inclusive, diminuindo a pressão sobre as áreas com cobertura primária.

O primeiro passo para proceder a uma amostragem é subdividir a área em unidades homogêneas. Nessa subdivisão, devem ser considerados aspectos tais como: tipo de solo, topografia, vegetação e história da utilização desse solo.

A área de cada amostra (composta) varia desde 100 cm<sup>2</sup> (um vaso de flores) até vários hectares. A homogeneidade é o fator principal que determina a área abrangida pela amostra. Em determinadas condições de lavoura, uma amostra composta pode representar 50 ha ou mais de área homogênea. Nesse caso, o número de subamostras deve ser aumentado para, no mínimo, 25.

É possível encontrar na literatura recomendações específicas para determinadas regiões. Entretanto, informações sobre o número de coletas e a área de amostragem podem ser encontradas em Embrapa (1995):

- a) até 3 ha: 15 amostras simples/amostras compostas;
- b) de 3 a 5 ha: 20 amostras simples/amostras compostas;

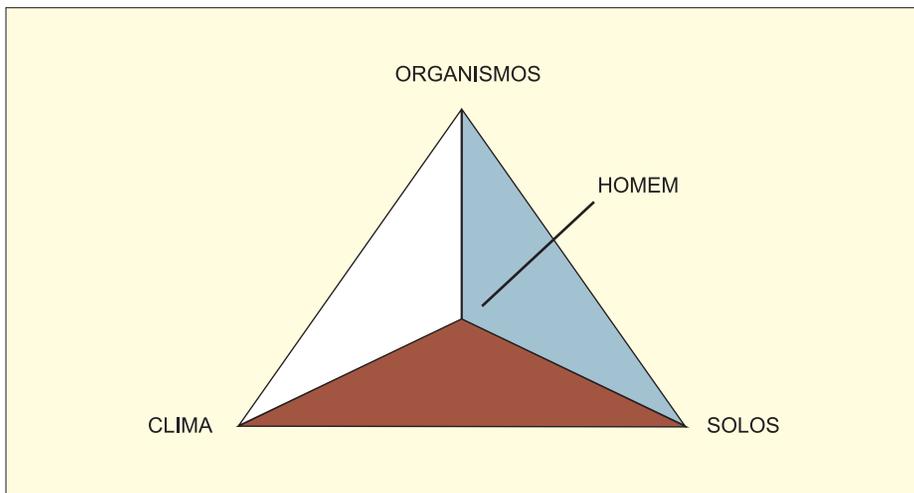


Figura 5 - Tetraedro ecológico

FONTE: Resende (2002).

NOTA: Verificam-se nos vértices as inter-relações de alguns fatores como: o clima (pluviometria e temperatura); o solo, a vegetação e o homem (atividade humana).

- c) de 5 a 10 ha: 24 amostras simples/ amostras compostas.

A adubação em linha de uma lavoura dificulta muito a obtenção de uma amostra representativa, pela criação de faixas de alta fertilidade. Deve-se, portanto, evitar a coleta de amostras na linha de plantio, assim como em sulcos de erosão, locais com material orgânico em decomposição, em áreas maldrenadas e extremidades das curvas de níveis, onde cai mais adubo e, conseqüentemente, há maior concentração de nutrientes.

Para determinar áreas com problemas de desenvolvimento de plantas, devem-se coletar amostras compostas de solo e/ou tecidos dentro e fora da área problema.

Antes de descrever a metodologia de coleta de solo para fins de análise de fertilidade, faz-se necessário conhecer os materiais que podem ser utilizados na amostragem. Os principais utensílios são:

- a) trado holandês ou trado de rosca;
- b) sonda ou vazador;
- c) pá reta ou até mesmo o enxadeco.

As amostras de solo podem ser coletadas em qualquer época do ano, mas, considerando que o transporte para o laboratório exige, em geral, uma semana ou mais, que são necessárias duas semanas para analisá-las e que a remessa dos resultados ao interessado exige o tempo de uma semana ou mais, é aconselhável amostrar o solo um mês e meio ou dois, antes de efetuar a adubação. Em pastagens já estabelecidas, deve-se proceder à amostragem dois a três meses antes do máximo crescimento vegetativo. Em culturas perenes, as amostras devem ser realizadas após a colheita. A profundidade de amostragem para culturas, como trigo, arroz, feijão, milho, etc., deve ser aquela correspondente à camada arável, ou seja, 17-20 cm. No caso de adubação superficial de culturas já estabelecidas, a amostragem deve ser realizada a 10 cm de profundidade.

Para culturas permanentes como silvicultura, heveicultura etc., as amostras devem ser coletadas nas profundidades

de 0-20 cm e 20-40 cm antes da implantação da cultura. Após esta, para avaliar as condições de fertilidade do solo, coletar amostras à profundidade de 0-20 cm.

A técnica de amostragem, ao utilizar trado, deve ter as seguintes etapas:

- a) dividir a área da propriedade em glebas de 10 a 20 ha (ideal) homogêneas, quanto a fatores de solo, vegetação e uso do solo. Dentre essas características, podem-se destacar: cor do solo, profundidade, topografia, manchas, tempo e tipo de uso, adubações, calagens, cobertura vegetal, etc.;
- b) percorrer cada gleba em zigue-zague introduzindo o trado no solo (profundidade conforme já descrito), em 15-20 locais (ideal) diferentes, escolhidos ao acaso (amostras simples);
- c) colocar o solo aderido ao trado em recipientes limpos (baldes, sacos) e homogeneizar bem;
- d) retirar aproximadamente 0,5 kg do solo, devidamente misturado, o qual irá constituir a amostra composta;
- e) etiquetar a amostra obtida, preencher o formulário de informações adicionais e, em seguida, enviar ambos para o laboratório.

A coleta de solos para análise de fertilidade pode ser também realizada com auxílio de enxadeco ou pá reta. A técnica de amostragem, utilizando pá reta, deve obedecer às seguintes etapas.

- a) separar as glebas, percorrer em zigue-zague (ao acaso) e coletar 10 a 15 amostras simples/gleba, eliminando, no local a ser amostrado, vegetação, restos culturais (folhas, ramos, etc.) e pedras encontradas na superfície do solo;
- b) cavar com a pá reta uma cova em forma de cunha (inclinada), com 15-20 cm de profundidade;
- c) cortar com a pá uma fatia de 2,0-5,0 cm de espessura num dos lados da cova;

d) conservar a fatia de solo sobre a pá, descartar as partes laterais e aproveitar apenas a parte central (miolo), que deverá ser colocada no balde de coleta;

- e) misturar bem toda a terra coletada na gleba e retirar, aproximadamente, 0,5 kg de solo (amostra composta);
- f) etiquetar adequadamente (interna e externamente) a amostra obtida, preencher o formulário de informações adicionais e encaminhar ambos ao laboratório.

Para fazer a avaliação da fertilidade do solo, o agricultor deve retirar a amostra de terra que representa cada divisão da área. O passo seguinte é realizar a análise laboratorial que indicará os níveis de nutrientes no solo, o que possibilita o desenvolvimento de um programa de calagem, no caso de solos ácidos como os de Cerrado e de adubação. Se o produtor não tiver conhecimentos técnicos para interpretar os resultados do laboratório, deve buscar os serviços de um engenheiro agrônomo, que fará as recomendações de correção do solo.

A análise do solo deve ser repetida em intervalos de um a três anos, dependendo da intensidade da adubação, do número de culturas de ciclo curto ou consecutivas ou do estágio de desenvolvimento de culturas perenes.

As amostras podem ser enviadas por correio, junto com todos os dados do proprietário. Os laboratórios demoram cerca de dez dias úteis para entregar os resultados e alguns oferecem interpretação dos resultados para a cultura que o produtor desejar.

## LEVANTAMENTO DOS RECURSOS NATURAIS

Após ter toda a base cartográfica e de infraestrutura física, o próximo passo é realizar o levantamento dos recursos naturais. Esta etapa abrange os estudos de distribuição da rede de drenagem na propriedade, da cobertura vegetal, da geomorfologia, dos diversos tipos de solos e, se existirem na área, da ocorrência de minerais com valor econômico.

## Hidrografia

As imagens da área, juntamente com o levantamento planialtimétrico, fornecem claramente a distribuição dos rios e córregos. É possível identificar, também, os canais e as rotas de escoamento de águas pluviais e delimitar com precisão as nascentes. Associado a este trabalho temático, podem-se conseguir um levantamento de campo, informações sobre a qualidade da água, sua vazão, existência de quedas d'água etc., que serão importantes na locação de estradas, zoneamento da propriedade e identificação de potencial para outras atividades.

## Vegetação

O levantamento aerofotográfico, imagens de satélite e os trabalhos de campo fornecem informações que possibilitam avaliar a condição da vegetação original e sua distribuição na propriedade.

A análise da distribuição da vegetação pode ser realizada a partir de uma composição falsa de cor das aerofotos, com o objetivo de diferenciar os vários tipos de vegetação da propriedade, que deve ser associada com uma checagem de campo. Na ausência dessa tecnologia, pode-se trabalhar com outros produtos de sensores remotos, associados com trabalhos de campo e/ou inventários florestais, que permitem indicar a diversidade de tipologias de vegetação existentes.

## Geomorfologia

Para estratificar as diferentes unidades geomorfológicas no interior da propriedade rural são utilizadas as aerofotos, o levantamento planialtimétrico e trabalhos de campo, que permitem a geração do mapa temático. As formas de terrenos devem ser estudadas a partir da interação desses dados temáticos, que permitem estratificar

a propriedade em unidades homogêneas de formas de relevo, como, por exemplo, áreas de relevo plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado.

## Solos

A partir da interpretação das aerofotos verticais e do mapa planialtimétrico, será obtido o mapa preliminar de solos que servirá de base para as pesquisas de campo, serão abertas picadas de penetração, trincheiras e minitrincheiras, visando à caracterização morfológica e coleta de amostras de solos para análises físicas e químicas, com a finalidade de caracterizar as classes de solos, assim como aferir as unidades de mapeamento no mapa de solos. Na próxima fase, é feita a reinterpretação do mapa de solos e, posteriormente, a reinterpretação das imagens de sensores, retificação e confecção do mapa final de solos (Fig. 6), que é a base para as interpretações de uso.

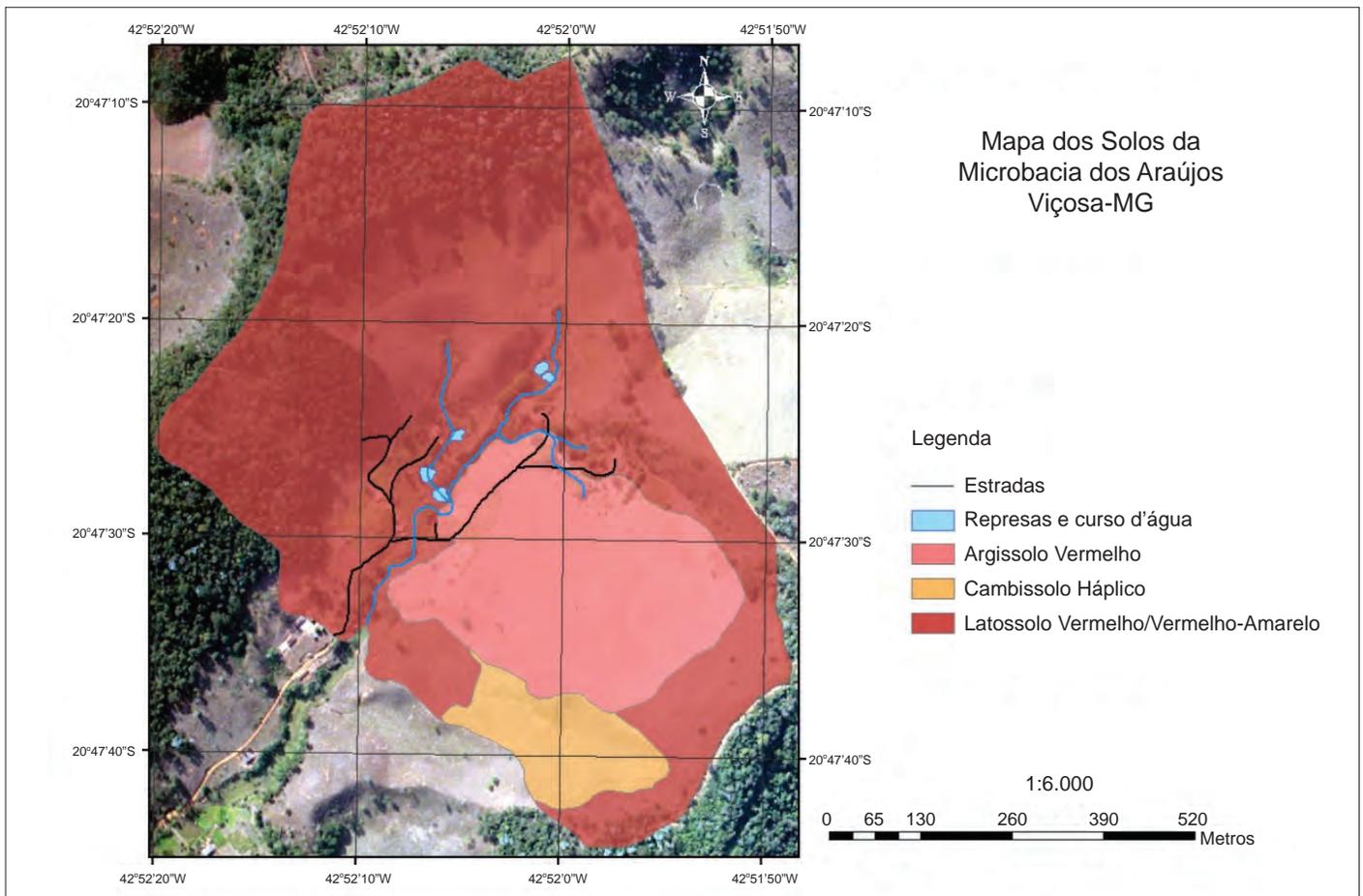


Figura 6 - Distribuição das unidades de solos em parte da microbacia dos Araújos - Viçosa, MG

FONTE: Gomes (2004).

Da interpretação dos solos, relevo, clima e outras características da propriedade é feito o mapa de aptidão agrícola.

### **Minerais**

Com o mapa planialtimétrico, devem-se percorrer todos os locais possíveis, observando os índices superficiais da ocorrência de minerais. As amostras devem ser recolhidas e as posições devem ser georreferenciadas e plotadas num mapabase, para que se possa constatar, por meio de análises laboratoriais, a viabilidade de uma exploração comercial, por meio de um especialista.

A exploração de pedras, de areia lavada para construção, de granito, de mármore, de caulim, de pedras preciosas e semipreciosas e vários outros minerais ocorre por todo o território e muitas vezes passam despercebidos pelos produtores rurais e/ou empresários. São oportunidades que não são aproveitadas e deixam de gerar recursos para empreendimentos por falta de uma observação mais atenta.

Para garantir o uso efetivo, inclusive de eventuais recursos minerais, o proprietário deve fazer reserva do subsolo junto ao Ministério de Minas e Energia (MME), para prospecção e estudo da viabilidade da exploração comercial.

## **PLANEJAMENTO DE USO DA PROPRIEDADE**

De posse de todos os estudos temáticos e dos mapas gerados, é possível fazer a estratificação de ambientes que é a base sobre a qual se assenta o planejamento estratégico da propriedade.

O sucesso do empreendimento depende desta etapa, pois a partir dela é que todas as decisões serão tomadas daqui para frente. O planejamento deve ser feito por pessoas e/ou técnicos que conheçam muito bem a atividade escolhida.

### **Infraestrutura**

Deve ser realizada toda a locação de estrutura de cada unidade produtiva necessária à atividade estabelecida, como galpões de máquinas, instalações para criação de

animais de grande porte, dos currais, das áreas de apoio, do escritório, da recepção, das casas de colonos, dos tanques, dos jardins, do sistema de comunicação e do sistema de segurança.

### **Estrada**

Com a infraestrutura física definida e locada, o produtor vai definir as estradas que interligarão as diversas unidades, tanto administrativas, como de campo. As estradas devem ser projetadas de forma que mantenham a circulação em toda a propriedade, em qualquer época do ano, permitam menor custo de manutenção, sejam construídas evitando longos trechos com declividades acentuadas, que favoreçam a formação de escoamento superficial com potencial erosivo acentuado e evitem cortes de estradas em locais com solos de baixa resistência física (Cambissolos).

No projeto, devem ser previstos os locais de implantação das caixas de captação de água, para retenção do escoamento superficial.

### **Zoneamento agroambiental**

O zoneamento deve ser elaborado a partir da definição dos sistemas ambientais, onde são consideradas a estrutura, a composição e a dinâmica e as inter-relações de seus componentes, procurando sempre a estabilidade e a dinâmica do sistema global. Mediante análise e compreensão dos mecanismos das inter-relações de causas e efeitos dos elementos, ou seja, dos sistemas físicos, bióticos e antrópicos, e o enfoque holístico que propõe uma visão globalizante na interseção dos fatores e processos no estabelecimento dos arranjos espaciais na forma de geossistemas (paisagens), que representem uma homogeneidade natural dos fatores.

Para elaborar o zoneamento agroambiental são utilizadas, de maneira integrada, as informações de solos, geomorfologia, hidrologia e, principalmente, o uso atual e a cobertura vegetal. Dessa forma, são identificadas as diversas zonas e indicado o uso mais adequado para cada uma destas. Por exemplo: áreas indicadas

para culturas de ciclo curto, de ciclo longo, pastagens, zonas de preservação, zonas de reflorestamento e outras. Para cada unidade de solo delineada na propriedade, devem ser analisadas e estimadas as alterações relativas a nutrientes, água, oxigênio, erosão e possibilidade de mecanização, com a utilização de cada área. Assim, pode-se estabelecer a redução desses desvios com manejos adequados.

### **Identificação de outras atividades**

A partir da análise de todos os levantamentos e estudos realizados na propriedade é possível definir outras atividades com possibilidade de exploração comercial. Estas atividades podem ser diferentes daquela definida inicialmente. Em alguns casos, até a atividade principal pode ser alterada em função de outros potenciais mais importantes encontrados.

### **Gestão**

O último passo é definir o sistema organizacional e administrativo, estabelecendo os setores, o número e o perfil dos colaboradores, o custo global do empreendimento, as bases comerciais e a projeção do tempo de retorno do capital investido. Logicamente, o mercado consumidor já foi profundamente estudado durante o processo de planejamento, antes mesmo de adquirir a propriedade e, se esta já existe, é preciso levantar as informações.

É importante lembrar que as empresas que alcançam o sucesso planejam constantemente os seus produtos, para atender à parcela mais exigente do seu público-alvo. Ressalte-se, também, que o empreendedor que planeja uma empresa, como tal, deve ser preparado para crescer, para dar sua contribuição à sociedade, gerar empregos, rendas e lucros.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O planejamento do uso da propriedade rural é um trabalho importante a ser realizado no manejo de bacias hidrográficas, com vistas à revitalização e à conservação dos mananciais hídricos. É a forma justa

de produção de bens e serviços para a sociedade, colocando como ênfase a sustentabilidade e o bem-estar do homem do campo e de sua família.

Fica evidente que, para planejar uma propriedade, é necessário, no primeiro momento, que o proprietário a conheça de forma integral, quais são os seus potenciais e quais as suas restrições, e, a partir daí, possa definir quais rumos deverá tomar e como fazer de sua propriedade uma empresa rural, que aspira a um desenvolvimento balizado no uso sustentável dos recursos.

### AGRADECIMENTO

À FAPEMIG pelo financiamento das pesquisas e pelas bolsas concedidas.

### REFERÊNCIAS

GOMES, M. A. **Solos, manejo e aspectos hidrológicos na Bacia Hidrográfica dos Araújos, Viçosa-MG.** 2004. 108p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RESENDE, M. et al. **Pedologia: base para distinção de ambiente.** 4.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 338p.

### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AMARAL, E.F. do. **Amostragem de solo para avaliação de fertilidade.** Rio Branco: EMBRAPA-CPAF Acre, 1997. 4p. (EMBRAPA-CPAF Acre. Instruções Técnicas, 6).

\_\_\_\_\_. et al. **Levantamento de solos no sistema de capacidade de uso a nível da pequena propriedade rural: o caso do PED, município de Senador Guiomard/Acre.** Rio Branco: EMBRAPA-CPAF Acre, 1998. 46p. (EMBRAPA-CPAF Acre. Documentos, 31).

\_\_\_\_\_. et al. **Metodologia simplificada de zoneamento agroflorestral.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 19p. (Embrapa Acre. Circular Técnica, 35).

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** Florianópolis: UFSC, 1996. 2v.

BUOL, S.W.; HOLE, F.D.; MCCracken, R.L. **Soil genesis and classification.** 4th ed. Ames: Iowa State University, 1997. 527p.

CARVALHO FILHO, A. de **Caracterização mineralógica, química e física de solos de**

**duas unidades de paisagem do planalto de Viçosa-MG.** 1989. 114f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CORRÊA, G.F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do planalto de Viçosa, MG.** 1984. 87f. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CURI, N. (Coord.). **Vocabulário de ciência do solo.** Campinas: SBCS, 1997. 89p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: Embrapa - Produção de Informação, 1999. 412p.

FANNING, D.S.; FANNING, M.C.B. **Soil morphology, genesis and classification.** New York: J. Wiley, 1989. 395p.

FAO. **A framework for land evaluation.** Rome, 1976. 72p. (FAO. Soils Bulletin, 32).

\_\_\_\_\_. **Agro-ecological zoning: guidelines.** Rome, 1996. 79p. (FAO. Soils Bulletin, 73).

\_\_\_\_\_. **Planning for sustainable use of land resources: towards a new approach.** Rome, 1995. 60p. (FAO. Soils Bulletin, 2).

LANI, J.L. et al. **Atlas de ecossistemas do Espírito Santo.** Vitória: SEMA, 2008. v.1, 504p.

OLIVEIRA, J. B. de; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento.** Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

PALMIERI, F.; OLMOS ITURRI LARACH, J. **Pedologia e geomorfologia.** In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p.59-122.

REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 4., 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 157p.

SILVA, J.R.T.; AMARAL, E.F. **Pedologia: uma visão sintética.** Rio Branco: UFAC, 1995. 124p.

TOMÉ JUNIOR, J.B. **Manual para interpretação de análise de solo.** Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

USDA. Soil Conservation Service. **Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys.** Washington, 1975. 754p. (USDA. Agriculture Handbook, 436).

VIEIRA, L.S. **Manual de ciência do solo.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1975. 464p.



## CANA-DE-AÇÚCAR

**Produção de mudas e capacitação técnica para produtores.**

**Avaliação e recomendação de variedades para produção de cachaça, utilização em usinas e alimentação animal.**



**EPAMIG**

Unidade Regional EPAMIG Centro-Oeste  
Rod. MG-424 km 64 - Caixa Postal 295  
CEP 35701-970 - Prudente de Moraes - MG  
Telefax: (31) 3773-1980  
e-mail:ctco@epamig.br

# Boletim aborda controle de nematoides na lavoura cafeeira



A cafeicultura tem peso relevante para o estado de Minas Gerais, tanto no aspecto social quanto no econômico. A produção mineira de café, em 2010, atingiu 25 milhões de sacas, sendo Minas Gerais o maior produtor nacional.

Dentre os fatores limitantes ao processo de crescimento e de produção do cafeeiro, destacam-se o fitonematoides, microrganismos capazes de parasitar o sistema radicular da planta durante, praticamente, todo o ciclo da cultura. A ação desses microrganismos impede o crescimento bem-sucedido do cafeeiro, levando à baixa produtividade.

Este Boletim Técnico traz orientações sobre o monitoramento desta praga, com informações sobre danos causados, disseminação dos nematoides, manejo e controle na lavoura cafeeira.

Lançamento  
Nº 98

Mais informações:  
[publicacao@epamig.br](mailto:publicacao@epamig.br)  
Tel. (31) 3489-5002



# Técnicas de manejo e conservação do solo para a revitalização de nascentes

Marcos Antonio Gomes<sup>1</sup>

Daniel Fernandes Novaes Pimenta<sup>2</sup>

João Luiz Lani<sup>3</sup>

Rita Maria de Souza<sup>4</sup>

Antônio de Pádua Alvarenga<sup>5</sup>

**Resumo** - Dentre os fatores responsáveis pela desregularização da vazão de água nas últimas décadas, apontam-se o desmatamento, o uso inadequado do solo, o sobrepastejo e a descapitalização do agricultor para adotar práticas adequadas de manejo de pastagens e de culturas agrícolas. A atividade agrícola com ênfase na monocultura tem sido fator de aceleração da degradação do solo, geralmente ultimada pelo sobrepastejo e uso do fogo. Nessa fase, inicia-se o processo de degradação da estrutura do solo, processos erosivos e o desequilíbrio do ciclo hidrológico. No contexto de um manejo integrado e adequado de bacias hidrográficas com o intuito de reverter o quadro de redução de vazão dos mananciais e a depreciação da qualidade de suas águas, torna-se necessária a implantação de técnicas de manejo e conservação do solo com vistas a reter o escoamento superficial, dando tempo para a água da chuva infiltrar e abastecer o lençol freático, responsável pela manutenção dos córregos e rios.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica. Conservação do solo. Recurso hídrico. Manancial.

## INTRODUÇÃO

Ao comparar dados passados com os atuais a respeito da vazão de água em nascentes, córregos ou rios, em geral, percebe-se claramente a desregularização da vazão nas últimas décadas. Essas informações são registradas visualmente, passadas muitas vezes por agricultores ou moradores ribeirinhos, e pelo meio científico ou governamental que tem ampliado a rede de monitoramento dos mananciais no território nacional.

Essa desregularização está associada ao uso inadequado do solo, das pequenas

às grandes propriedades rurais, onde os produtores desconhecem ou não aplicam os cuidados necessários para que se produzam bens sem os riscos de desperdícios dos recursos naturais. 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), que ocorrem a longo prazo e aquelas de natureza antrópica (uso/ocupação da paisagem) com ocorrências muitas vezes a curto prazo, que afetam

os ecossistemas como um todo. O reflexo das ações antrópicas é percebido nas contínuas diminuições de vazão dos mananciais hídricos, no período de estiagem, e nas enchentes com frequência e volumes de água cada vez maiores nos períodos de chuva.

Dentre os fatores responsáveis por essa desregularização apontam-se o desmatamento, o uso inadequado do solo, o sobrepastejo e a descapitalização do agricultor para adotar práticas adequadas de manejo do solo, especialmente quanto às pastagens e culturas agrícolas. A atividade

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Florestal, D.S. Solos e Nutrição de Plantas, Pesq. Visitante EPAMIG Zona da Mata/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: marcos.gomes@ufv.br

<sup>2</sup>Graduando Engenharia Ambiental UFV, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: pimenta.ambiental@gmail.com

<sup>3</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S. Solos e Nutrição de Plantas, Prof. UFV - Depto. Solos, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: lani@ufv.br

<sup>4</sup>Graduanda Tecnologia em Gestão Ambiental UNIVIÇOSA - Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: rsouza136@hotmail.com

<sup>5</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S., Pesq. EPAMIG Zona da Mata/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: padua@epamig.ufv.br

agrícola com ênfase na monocultura tem sido fator de aceleração da degradação do solo, geralmente ultimada pelo sobrepastejo e uso do fogo. Nesta fase, inicia-se o processo de degradação da estrutura do solo e processos erosivos. A erosão é uma das formas mais prejudiciais de degradação do solo, uma vez que reduz a capacidade produtiva das culturas, além de causar sérios danos ambientais, tais como: assoreamento e poluição das fontes de água (ZARTL; KLIK; HUANG, 2001; COGO; LEVIEN; SCHWARZ, 2003). Para Romkens, Helming e Prasad (2001), a erosão do solo é um fenômeno complexo, que envolve a desagregação e o transporte das partículas do solo, a infiltração da água no solo, o armazenamento de parte da água precipitada e o escoamento superficial. A magnitude relativa e a importância desses processos dependem de um elenco de fatores, como: clima, solo, topografia, práticas de manejo do solo e cultura, práticas conservacionistas, condições antecedentes de umidade e tamanho da bacia hidrográfica.

No contexto de um manejo integrado e adequado de bacias hidrográficas com o intuito de reverter o quadro de redução de vazão dos mananciais e a depreciação da qualidade de suas águas, torna-se necessária a implantação de técnicas de conservação de solo e água com sentido produtivo, econômico e ambiental tanto para o agricultor quanto para uma população distante no espaço e no tempo.

## FUNDAMENTOS HIDROLÓGICOS DA REVITALIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A revitalização de uma microbacia hidrográfica consiste num conjunto de ações entre técnicos e comunidade, numa interação que proporcione o uso racional de seus recursos naturais. Entende-se por microbacia, as áreas drenadas por um conjunto de ravinas, canais, tributários e um curso d'água principal, as quais constituem uma unidade básica de manejo. Já as nascentes são manifestações superficiais dos lençóis subterrâneos, principalmente freáticos, que são depósitos subterrâneos

de água localizados sobre camadas impermeáveis. Dessa forma, compreender o processo hidrológico de abastecimento e produção de água é indispensável para o reconhecimento e o monitoramento dos problemas e soluções de revitalização.

Com base na Figura 1, as Equações 1, 2 e 3 descrevem o processo hidrológico de abastecimento e produção de água das nascentes (VALENTE; GOMES, 2005).

Equação 1:

$$F = P - ES - EVD$$

em que:

F = lâmina de água infiltrada;

P = lâmina de água precipitada;

ES = lâmina de escoamento superficial (enxurrada);

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

Portanto, as atividades de um projeto terão que proporcionar a diminuição de ES, já que o ser humano ainda não dispõe de tecnologias para interferir em EVD e P. Práticas como a revegetação das encostas e o terraceamento, por exemplo, oferecem ótimos resultados para diminuir ES.

O abastecimento do lençol freático, de acordo com o processo hidrológico pode ser determinado com o uso da expressão:

Equação 2:

$$AL = F - T - ESs$$

em que:

AL = lâmina de água que chega ao lençol;

F = lâmina de água infiltrada;

T = lâmina de água transpirada pelas plantas;

ESs = lâmina de escoamento subsuperficial.

Sabendo-se que lençol freático é a fonte de abastecimento das nascentes, pode-se concluir que, para aumentar suas vazões, esforços devem ser concentrados na superfície, a fim de diminuir ESs e T e aumentar F. As tentativas para diminuir ESs não serão muito eficazes, porém o uso de vegetação adequada poderá concorrer para diminuir T. O manejo adequado do solo pode oferecer resultados muito positivos no aumento de F.

A Equação 3 relaciona EP com EVD e T, mostrando que, para diminuir EP, deve-se procurar diminuir EVD e T. Mas a EVD é considerada pelos hidrologistas como

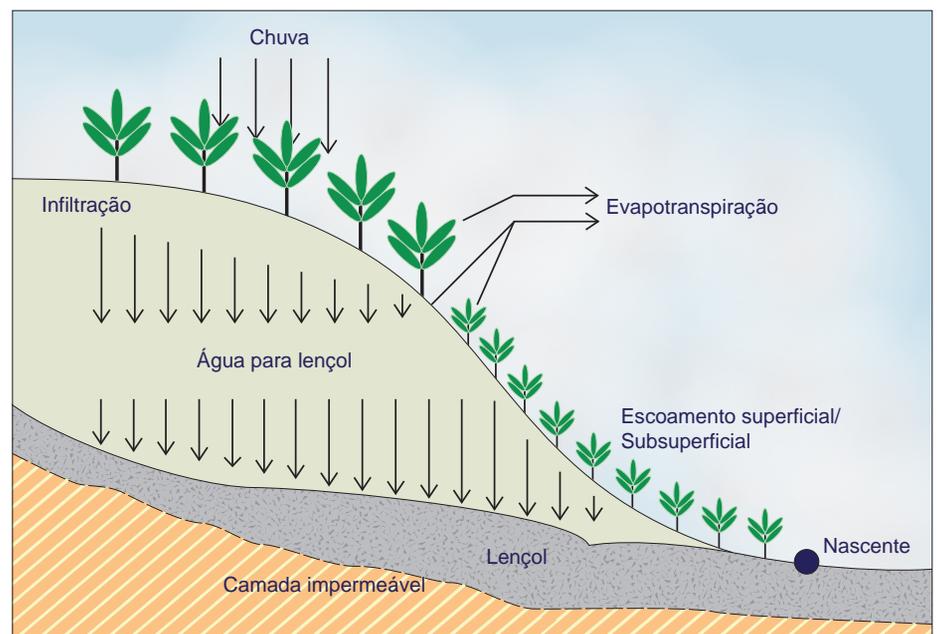


Figura 1 - Processo hidrológico simplificado

FONTE: Valente e Gomes (2005).

praticamente constante, por não se poder controlar a energia dos ambientes. Restamos, portanto, para diminuir EP, apenas a diminuição de T. Para tal, deve-se adotar uma distribuição adequada da vegetação na bacia, evitando-se, por exemplo, o uso de árvores com sistemas radiculares profundos perto de afloramento dos lençóis, pois estas podem-se transformar em verdadeiras bombas de sucção de água.

Equação 3:

$$EP = EVD + T$$

em que:

EP = lâmina evapotranspirada;

T = lâmina de água transpirada pelas plantas;

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

Todo e qualquer trabalho que se faça na superfície do solo para segurar a água, evitando ou dificultando a formação de enxurradas, irá permitir maiores valores de F e lençóis com mais água (VALENTE; GOMES, 2005). O lençol é, portanto, um fantástico reservatório subterrâneo capaz de regularizar vazões de cursos d'água em bacias de captação, evitando, que a água das chuvas esco rapidamente, e venha a causar desastrosas enchentes. Usar tal capacidade é mais inteligente do que construir reservatórios superficiais (barragens) para armazenar água (VALENTE; GOMES, 2005).

O monitoramento do comportamento hidrológico da bacia é realizado mediante a instalação de medidores de chuva (pluviógrafo), de vazões (vertedor) e de flutuação de lençóis freáticos, ou ainda, pela observação visual da produção de água, principalmente nos períodos de seca.

## PLANO DE MANEJO PARA BACIAS HIDROGRÁFICAS

O planejamento da conservação de bacias hidrográficas é essencial para obter melhores resultados com abrangência no desenvolvimento socioeconômico do produtor rural e na conservação dos recursos naturais da propriedade agrícola.

É necessário ter em mente que a propriedade não é constituída somente por um tipo de solo, e este não ocorre em apenas um tipo de relevo. Via de regra, as propriedades rurais estão inseridas em uma bacia hidrográfica com suas particularidades, como classe de solo, relevo, clima, cobertura vegetal etc. Por isso, a aptidão agrícola dos solos, com base nas variáveis supracitadas, deve nortear o planejamento conservacionista. Em consonância com a adequada distribuição dos cultivos, devem-se associar outras técnicas vegetativas e mecânicas, pois o planejamento conservacionista não é composto de técnicas isoladas, mas sim integradas.

Embora possa parecer que as terras possuam características pedológicas semelhantes, é certo que tais características podem variar de área para área em pequenas distâncias, dentro da mesma propriedade. Nesse caso, é necessário identificar essas diferentes áreas de forma que o planejamento de uso do solo seja o mais apropriado: plantio de culturas anuais, perenes, pastagem, reflorestamentos com essências comerciais ou preservacionistas, entre outras, determinarão as medidas de controle da erosão que serão adotadas.

Neste contexto, faz-se uso de técnicas e programas de manejo, com o objetivo de sistematizar as ações conservacionistas de forma integrada, ou seja, considerando as interações solo-água-planta-homem.

As técnicas de manejo visam aumentar e manter a potencialidade dos solos; envolvem o controle de suas propriedades e características e o controle da erosão.

O programa de manejo implica em executar um estudo genérico das técnicas de manejo, o estudo dos pré-requisitos e efeitos produzidos pelas diferentes modalidades de atividades agrícolas, a identificação do agrossistema, o que significa conhecer as potencialidades e características de cada um deles e a elaboração do programa de manejo.

Manejar o solo é, portanto, utilizá-lo adequadamente, tendo como base a relação dos vários fatores que afetam a produtividade agrícola e a conservação do solo e da

água. Já a conservação do solo é a designação coletiva dos programas de prevenção e controle à erosão, que acentua a perda de nutrientes pelo processo de escoamento superficial, que de maneira geral diminui a capacidade de sustentar a vegetação natural e/ou a agricultura. Conservar os solos com vistas também aos recursos hídricos, é aplicar um conjunto de técnicas ao solo de maneira que venha a reduzir o processo de escoamento superficial ocasionado pelo uso do solo em condições de relevo, morfologia, climatologia, classe de solo etc.

## Erosão e qualidade do solo

A qualidade do solo, que é definida por valores relativos à sua capacidade de cumprir uma função específica, é afetada diretamente pelos processos erosivos. A degradação da qualidade do solo é caracterizada como física, quando há ocorrência de compactação, excesso ou falta de água e selamento ou encrostamento superficial; como química, quando há perda de nutrientes e/ou matéria orgânica (MO), desbalanço de nutrientes, salinização, acidificação, poluição; como biológica, quando há redução da biomassa e da biodiversidade (HERNANI et al., 2002). Outra importante forma de degradação é a erosão laminar ou em sulco, responsável pela perda de horizontes superficiais e deformação do terreno, sendo ocasionada por erosão hídrica e/ou eólica:

- a) hídrica: é a erosão provocada pela ação da água. Faz parte do ecossistema e está relacionada com o escoamento superficial, que é uma das fases do ciclo hidrológico. A forma e a intensidade da erosão hídrica, embora estejam relacionadas com atributos intrínsecos do solo, são mais influenciadas pelas características das chuvas, topografia, cobertura vegetal e manejo da terra, ocorrendo a interação de todos esses fatores (EMBRAPA, 1980);
- b) eólica: é a erosão provocada pela ação do vento e será mais intensa quanto maior for a sua velocidade e a área livre de vegetação ou obstá-

culos naturais. A erosão eólica está mais relacionada com as grandes planícies sem cobertura vegetal. Nessas regiões, a energia cinética do vento desloca as partículas do solo. Dependendo da força e da velocidade do vento, são removidas as partículas mais finas (argila e silte) e, posteriormente, as partículas mais grosseiras (areia).

Segundo Bahia et al. (1992), a erosão hídrica é um processo complexo que ocorre em quatro fases; impacto das gotas de chuva; desagregação de partículas do solo; transporte e deposição. A esses processos estão associadas as formas de erosão ocasionadas, como:

- a) salpicamento: deve-se ao impacto das gotas de chuva sobre os agregados instáveis em solo desnudo. Produzem pequenos buracos pelo impacto da gota da chuva com a liberação de partículas de solo. O processo de salpicamento pode ocasionar o selamento/encrostamento da superfície do solo, reduzindo ou eliminando a infiltração da água (PORTA; LÓPEZ-AZEVEDO; ROQUERO, 1999);
- b) erosão laminar: consiste na perda de camada superficial de forma uniforme do solo em terreno com certa declividade, com maior ocorrência entre as variações das pedoformas convexas e planas. É um processo pouco aparente, sem concentração de água e caracteriza-se pela remoção de camadas delgadas do solo em toda a área;
- c) erosão por sulcos, ravinas e voçorocas: caracteriza-se pela formação de canais (sulcos) de diferentes profundidades e comprimentos na superfície do solo. A concentração das águas das chuvas nesses canais aumenta o poder erosivo, por causa do ganho de energia cinética provocado pelo volume e pela velocidade da enxurrada. Os ambientes mais propensos possuem pedoforma côncava, mas esse tipo de erosão

também ocorre em áreas convexas. Suas dimensões e extensão estão intimamente relacionadas com o clima, a classe de solo, o relevo, a geologia, o uso e o manejo dos solos a que o ambiente está sendo submetido;

- d) erosão por solapamento e deslocamento ou escorregamento: são formas de erosão características de áreas declivosas ou onde o processo de erosão por voçorocamento continua ativo. As ravinas e voçorocas podem produzir movimento de massa em suas paredes pela liberação brusca de partículas, fazendo aumentar os efeitos da água quando passa pelo canal. Se o horizonte subsuperficial for siltoso, pode haver remoção preferencial desse material, provocando o desbarrancamento, ou ainda, caso a mineralogia da argila seja de atividade alta, os processos de expansão e contração fazem com que o material na borda do talude se fragmente e acelere o processo de erosão.

## **TÉCNICAS DE MANEJO E CONSERVAÇÃO**

### **Sistemas de cultivo e preparo do solo**

O sistema de cultivo e o preparo do solo têm grande influência no processo de manejo de bacias e conservação do solo e da água, pois interferem diretamente na cobertura vegetal e nas características físicas e biológicas do solo. Com o passar do tempo e o uso contínuo do solo, ocorrem mudanças na sua estrutura que refletem em maior suscetibilidade à desagregação, erosão, diminuição das taxas de infiltração e percolação, redução das vazões em nascentes e rios, assoreamento e deterioração da qualidade da água etc.

Na atualidade, agricultura conservacionista, no âmbito de sistemas agrícolas produtivos, é conceituada como um complexo de processos tecnológicos de enfoque holístico, que objetiva preservar,

melhorar e otimizar os recursos naturais, mediante o manejo integrado do solo, da água e da biodiversidade, compatibilizado com tecnologias para diferentes estratos fundiários. Indiferentemente ao tamanho da propriedade rural e diante da atual facilidade de acesso a implementos agrícolas, seja particular, alugado ou cedidos pelos órgãos públicos, é necessário abandonar o preparo do solo convencional e adotar sistemas de plantios que visem à conservação dos recursos naturais, como o preparo reduzido ou plantio direto.

Os implementos de preparo do solo devem-se adaptar às condições e a seus tipos, visando, principalmente, à preservação das características físicas e biológicas na camada de preparo, evitando a desagregação excessiva. As alterações que ocorrem no solo por ocasião do preparo são determinadas, em grande parte, pelo tipo de implemento utilizado, mas o conteúdo de umidade no momento da realização da prática também é importante. Outro aspecto a ser considerado é a realização do preparo do solo em nível, transversal ao sentido do declive, o que evita a formação e a intensificação do processo erosivo.

### **Terraços em nível ou curvas de nível**

O escoamento superficial ocorre de forma e intensidades diferentes em detrimento à precipitação (quantidade e intensidade), declividade, classe de solo e outros fatores naturais. Entretanto, a ação antrópica é a responsável pelo desequilíbrio em algumas fases do ciclo hidrológico pelo uso intensivo e inadequado do solo. De forma geral, em todos os sistemas de uso do solo ocorre escoamento superficial, sendo que, a depender do manejo adotado, o processo é maior ou menor, com reflexo direto na vazão máxima e mínima dos mananciais, processos erosivos, empobrecimento do solo, assoreamento e comprometimento da qualidade da água.

As áreas de pastagem, de forma geral degradadas pelo uso intensivo, são ambientes que apresentam altas taxas de escoamento superficial. Para evitar que a

água chegue ao canal de drenagem e saia da bacia hidrográfica, tem-se a opção da implantação de terraços de base estreita, os chamados cordões em contorno (Fig. 2), que têm uma ótima capacidade de retenção de escoamentos superficiais, com posterior infiltração. A opção pelos terraços de base

estreita é em função de revolver o mínimo possível a superfície do solo, evitando expô-lo demasiadamente às atividades destrutivas necessárias à construção dos terraços de base larga. Para a implantação dessa técnica podem-se utilizar tanto a mecanização com tração animal como a motorizada (Fig. 3).



Figura 2 - Terraços em encosta com declive acentuado



Figura 3 - Terraços em nível sendo feitos com mecanização motorizada - Itabira, MG

NOTA: Técnica acessível aos pequenos produtores rurais.

Para efeitos de conservação de solos, Bertoni e Lombardi (1990) aconselham terraços em encostas com no máximo 24% de declividade, devendo, nesse caso, ser construídos de 18 em 18 metros. Para fins de infiltração, ou seja, para fins hidrológicos, Valente e Gomes (2002) admitem construí-los em encostas com até 50%-60% de declividade, com espaçamento variado, dependendo das características do solo, cobertura vegetal, análises hidrológicas etc. Têm-se conseguido resultados positivos com o terraceamento de encostas de regiões de microbacia com inclinações próximas de 50%, utilizando-se mecanização animal.

O nivelamento de uma vertente é imprescindível em trabalhos de conservação do solo e principalmente para o terraceamento, pois, por meio deste, podem-se determinar as diferenças de altitude entre dois ou mais pontos consecutivos, o que permitirá o cálculo da inclinação ou da pendente (declividade) do terreno. Determina-se a pendente por meio de métodos expeditos ou por processos de precisão. Os nivelamentos expeditos podem ser feitos com régua e nível de pedreiro; esquadros e nível de mangueira. É um tipo de nivelamento que, apesar de rudimentar, é o único acessível a todos os produtores rurais e de fácil compreensão e utilização (SEIXAS, 1984). Os nivelamentos de precisão podem ser feitos com clinômetro, teodolito, nível de precisão, nivelamento composto e interpretação aerofotogramétrica.

### Caixas de captação

As estradas no meio rural são importantes fontes de escoamento superficial, as águas que correm às margens promovem a desagregação do solo e o aprofundamento das calhas marginais, que ao atingir solos com estrutura física mais frágil inicia-se um processo de voçorocamento que pode levar à interdição da estrada.

Para as estradas rurais é importante implantar sistemas adequados de traçados e de drenagem, evitando a concentração excessiva de água ao longo do leito

da estrada e sua alta velocidade, o que provoca erosão. Sempre que necessário, os drenos devem conduzir a água para pequenas valas ou bacias (caixas) de captação (Fig. 4), favorecendo a retenção e consequente infiltração.

Nas áreas de uso do solo com cultivos permanentes ou temporários também ocorrem escoamento superficial concentrado, as enxurradas. A concentração de água em determinado local nas propriedades é a principal responsável pelas erosões e voçorocas encontradas ao longo das encostas. Com o objetivo de recuperar áreas degradadas pelo escoamento das águas de chuvas sobre solos, as caixas de captação podem ser utilizadas (Fig. 5).

As caixas de captação devem ser dimensionadas e distribuídas levando-se em consideração a precipitação pluviométrica, a área de escoamento superficial, a declividade, a cobertura vegetal do solo, a classe de solo, o comprimento da estrada e outros fatores que o técnico deve identificar no campo no momento da leitura do ambiente.

### Paliçadas

As paliçadas são estruturas feitas com materiais muitas vezes disponíveis dentro da propriedade rural, como bambu, pedra, estaca de madeira etc. Essas estruturas podem ser implantadas em conjunto com as caixas de captação ao longo das estradas e nas encostas, onde têm a função de diminuir o potencial energético da água e reter partículas sólidas (solo, rocha, MO etc.) antes de chegar à caixa, o que auxilia no aumento da vida útil dessa estrutura.

Em determinados locais nas encostas ou nas estradas, em consequência da declividade acentuada, pela estrutura física do solo ou outros impedimentos, não é recomendada a implantação das bacias (caixas) de captação por causa do risco de iniciar a formação de uma voçoroca, nessas situações podem-se implantar somente as paliçadas (Fig. 6).



Marcos Antonio Gomes

Figura 4 - Caixa de captação ao longo da estrada

NOTA: Em ambientes com declividade acentuada, as caixas são menores.



Osvaldo Ferreira Valente

Figura 5 - Caixa de captação construída em áreas de uso agrícola



Marcos Antonio Gomes

Figura 6 - Paliçada dentro de erosão em margem de estrada - Viçosa, MG

Nas ravinas e voçorocas, as paliçadas contribuem para diminuir o processo erosivo causado pelas enxurradas, sendo a aplicação dessas estruturas uma das primeiras etapas para a estabilização e posterior recuperação de voçorocas.

### Cordões de vegetação

São fileiras de plantas perenes de crescimento denso, de largura específica, dispostas em contorno e niveladas entre faixas de rotação. As plantas mais utilizadas são a cana-de-açúcar, capim-vetiver, erva-cidreira, capim-gordura, capim-elefante etc. Entretanto, para cada ambiente e principalmente costumes regionais, podem ser utilizadas outras plantas.

A implantação desse sistema é recomendada para todos os tipos de cultivos (Fig. 7), solos, declividades e principalmente locais com dificuldade de utilizar técnicas mecânicas de conservação. Os cordões de vegetação podem ser consorciados com os terraços, reflorestamentos, caixas de captação, paliçadas etc., potencializando o efeito e aumentando a vida útil das técnicas de conservação de solo e água.

### Reflorestamento

A cobertura vegetal promove a proteção do solo contra o impacto direto das gotas de chuva, impedindo a destruição da sua estrutura, além de proporcionar diminuição da velocidade de escoamento superficial de águas pluviais, exercendo, dessa forma, importante papel como reguladora do regime hídrico. A retirada da vegetação pode favorecer, pelas razões já citadas, a ocorrência de enchentes, em períodos chuvosos, e de significativa redução da vazão dos cursos d'água, nos períodos de estiagem.

As florestas exercem um excelente desempenho no aumento da infiltração de água no solo em florestas nativas ou com fins exploratórios, desde que o plano de manejo e exploração contemple a manutenção de um sub-bosque em condições satisfatórias para fins hidrológicos.

O plantio de espécies florestais para fins comerciais também deve ser estimulado, uma vez que a vegetação promoverá a cobertura do solo sem estar sendo submetido ao processo de pisoteio, como no caso da pastagem. Nesse tipo de exploração, tem-se a aliança entre o fator ambiental, hidrológico e socioeconômico. Porém, alguns critérios devem ser seguidos:

- a) a área a ser reflorestada deve ser analisada para que as raízes das espécies florestais não tenham acesso ao lençol freático, causando o rebaixamento do lençol e, conseqüentemente, uma diminuição significativa na vazão das nascentes;
- b) o sistema de plantio deve ser o direto (Fig. 8), o que evita a formação de escoamento superficial.



Figura 7 - Encosta com cultivo de café, onde foram implantados cordões vegetativos - Paula Cândido, MG



Figura 8 - Detalhe do reflorestamento com plantio direto

NOTA: Sistema integrado de árvores (eucalipto) e pastagem (braquiária).

A alternância de plantas entre fileiras é para impor obstáculos (troncos que irão se desenvolver) ao escoamento superficial, dando oportunidade (tempo) para que a água termine infiltrando no solo.

Em encostas mais problemáticas, com urgência de controle de escoamentos superficiais, podem-se construir terraços para retenção do escoamento até o desenvolvimento das plantas.

### Melhoria de pastagens

A maior parte dos estabelecimentos pecuários utiliza ainda o chamado pastoreio contínuo. Este sistema é o principal fator que contribui para a baixa produtividade (baixa capacidade de lotação) e a degradação das pastagens. Entende-se por pastoreio contínuo, o sistema onde o gado fica sobre uma mesma área de pastagem em período prolongado, de alguns dias a casos em que o gado fica permanentemente no mesmo pasto. Assim, o animal consome o capim antes que complete o seu desenvolvimento, não permitindo que as plantas refaçam periodicamente suas reservas, exaure a pastagem, diminuindo progressivamente a sua produtividade e vigor, com reflexos também na cobertura do solo, que fica desprotegido e mais suscetível aos efeitos da erosão. O elevado

grau de degradação, com baixa capacidade suporte, provoca o aparecimento de solos desnudos em proporção crescente e em contínuos processos de umedecimento e secagem. Tais solos passam a apresentar baixa capacidade de infiltração e elevado escoamento superficial, diminuindo o abastecimento do lençol freático.

No intuito de mudar esse cenário de degradação é importante a substituição ou reforma das pastagens e a implantação de um modo de exploração com sistema de piquetes, onde uma determinada área é explorada e depois fica em repouso para a regeneração da vegetação. Aliado a esse sistema, podem ser implantadas árvores nas áreas ocupadas por pastagem, o que denomina Sistema Silvipastoril (SSP). Esses sistemas apresentam grande potencial de benefícios econômicos e ambientais para os produtores e para a sociedade. São multifuncionais, onde existe a possibilidade de intensificar a produção pelo manejo integrado dos recursos naturais, evitando sua degradação, além de recuperar sua capacidade produtiva.

A reforma ou implantação da pastagem, com ênfase em áreas declivosas, deve ser preparada com abertura de sulcos em nível, para a sementeira, ou pela

aração em faixas, também em nível. As faixas devem ser aradas alternadamente. As que ficarem sem arar só poderão ser preparadas e semeadas quando a gramínea já estiver bem desenvolvida nas anteriores. Isso para não expor toda a encosta ao processo erosivo. No caso das encostas, onde for possível o trator operar em nível, o trabalho deverá ser feito sempre com alternância de faixas. Uma alternativa é a implantação do Sistema Lavoura-Pecuária. No processo de reforma da pastagem, a gramínea é plantada junto com milho, que no momento da colheita a pastagem já estará formada (Fig. 9).

### Proteção física das nascentes e Mata Ciliar

O isolamento das nascentes é uma parte importante do trabalho de revitalização dos mananciais. A função da cerca é impedir ou limitar o acesso de animais diretamente às águas, evitando possíveis contaminações, desbarrancamento das margens e destruição da vegetação ribeirinha.

Como parte fundamental da proteção das nascentes tem-se a implantação das matas ciliares, que são sistemas vegetais essenciais ao equilíbrio ambiental e, portanto, devem representar uma preocupa-



Figura 9 - Reforma de pastagens, utilizando o Sistema Lavoura-Pecuária

ção central para o desenvolvimento rural sustentável.

Os ecossistemas formados pelas Matas Ciliares desempenham funções hidrológicas importantes, como:

- estabilizar áreas críticas, que são as ribanceiras do rio, pelo desenvolvimento e manutenção de um emaranhado radicular;
- atuar como tampão e filtro entre os ecossistemas terrestre e aquático;
- auxiliar na manutenção da qualidade da água nas bacias hidrográficas;
- servir como fontes de alimento para peixes e outros componentes da fauna aquática;
- interceptar e absorver a radiação solar, contribuindo para a estabilidade térmica dos pequenos cursos d'água;
- servir como fonte de propágulos;
- funcionar como corredor ecológico, possibilitando à flora e à fauna condições de deslocar, reproduzir e garantir a biodiversidade da região etc.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento de uso do solo nas propriedades rurais, pequenas ou grandes, deve ser realizado de acordo com critérios técnicos de conservação dos recursos naturais, mas com foco no meio social e econômico do produtor rural e de sua família. Onde as famílias e suas terras estão inseridas nas bacias hidrográficas produtoras de água para os meios urbano e rural. A aplicação das técnicas de manejo e conservação do solo em bacias hidrográficas experimentais na região de Viçosa, MG, resultou em aumentos na vazão mínima dos mananciais em curto período (Gráfico 1), indicando a importância ambiental de tais técnicas para a revitalização das nascentes. Esses trabalhos têm sido implantados com efeitos positivos em outros Estados, como Acre, Espírito Santo, São Paulo, Mato Grosso etc., os quais apresentam ambientes, muitas vezes, totalmente distintos.

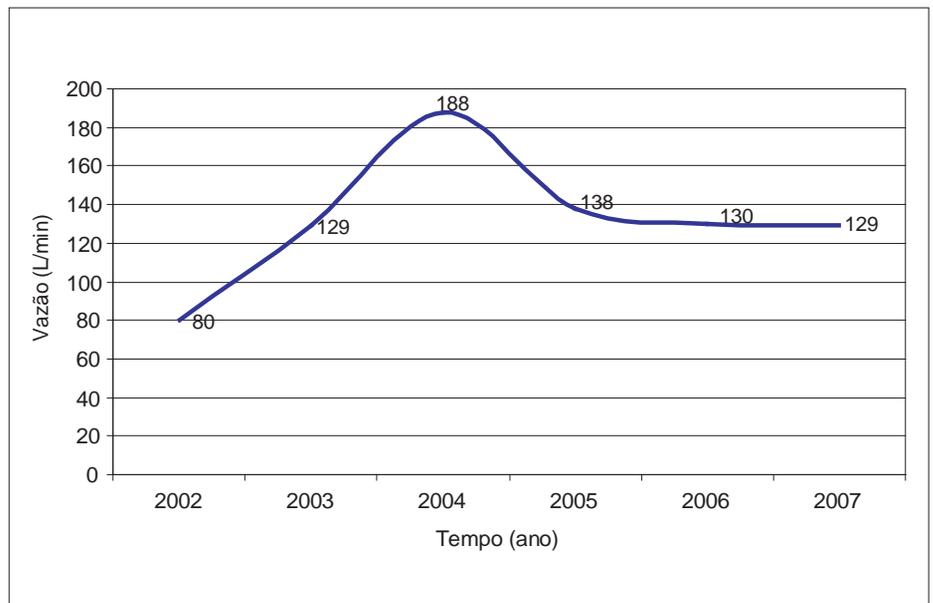


Gráfico 1 - Aumento de vazão na Bacia Hidrográfica Experimental da Rua Nova-Viçosa, MG

NOTA: A implantação das técnicas de conservação do solo foi realizada antes do período chuvoso entre os anos 2002 e 2003.

## AGRADECIMENTO

À FAPEMIG pelo financiamento das pesquisas e pelas bolsas concedidas.

## REFERÊNCIAS

- BAHIA, V.G. et al. Fundamentos de erosão do solo (tipos, formas, mecanismos, fatores determinantes e controle). **Informe Agropecuário**. Conservação de solos e meio ambiente, Belo Horizonte, v.16, n.176, p.25-39, 1992.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 335p.
- COGO, N.P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, n.4, p.743-753, jul./ago. 2003.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Práticas de conservação de solos**. Rio de Janeiro, 1980. 88p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 3).
- HERNANI, L. C. et al. Erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos**

**solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. cap.5, p.47-60.

PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M.; ROQUERO, C. Degradación de suelos por erosión hídrica: conservación de suelos y aguas. In: \_\_\_\_\_. **Edafología para la agricultura y el medio ambiente**. 2.ed. Madrid: Mundi Prensa, 1999. cap.23, p.601-656.

ROMKENS, M.J.M.; HELMING, K.; PRASAD, S.N. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. **Catena**, v.46, p.103-123, 2001.

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

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. A. **Revitalização da capacidade de produção de água da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu – Viçosa – MG**. Viçosa, MG: CMCN: UFV: EMATER: SAAE, 2002. 44p. Mimeografado.

\_\_\_\_\_; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 210p.

ZARTL, A.S.; KLIK, A.; HUANG, C. Soil detachment and transport processes from interrill and rill areas. **Physical, Chemical & Earth**, v.26, n.1, p.25-26, 2001.

# CURSO TÉCNICO **LEITE E** DERIVADOS **LATICÍNIOS**

O Curso Técnico em Leite e Derivados tem duração de dois anos e visa a formação de mão de obra qualificada para planejamento, orientação e supervisão dos processos de industrialização do setor lácteo em empresas do Brasil e exterior.

O técnico em Leite e Derivados atua desde a fase da produção do leite até o controle de qualidade e comercialização do produto final.

Todos os alunos que concluem o curso têm estágio assegurado e, entre esses, 70% são absorvidos pelas próprias empresas.

Mais informações:

**(32) 3224-3116 - (32) 3224-5450**

**[www.candidotostes.com.br](http://www.candidotostes.com.br)**



**Instituto de Laticínios Cândido Tostes**



TÉCNICO EM LATICÍNIOS  
EM **APENAS 2 ANOS**  
MERCADO DE TRABALHO  
**P R O M I S S O R**

# Recuperação e conservação de Matas Ciliares

Marcos Antonio Gomes<sup>1</sup>

João Luiz Lani<sup>2</sup>

Rita Maria de Souza<sup>3</sup>

Daniel Fernandes Novaes Pimenta<sup>4</sup>

Antônio de Pádua Alvarenga<sup>5</sup>

**Resumo** - Grande parte da população tem consciência dos cuidados que se deve ter com o meio ambiente, em especial com a questão das Matas Ciliares. Esta faixa de preservação cumpre uma destacada função ambiental para os mananciais hídricos, fauna e flora. A Vegetação Ciliar é importante nos planos de manejo das bacias hidrográficas, sendo parte das ações com outras técnicas em toda a área de contribuição das bacias. É fundamental conscientizar técnicos, legisladores e gestores de que somente a Mata Ciliar não é capaz de resolver os problemas quantitativos e qualitativos dos cursos d'água. A atuação isolada em determinadas situações dessas Matas pode influenciar de forma negativa na vazão dos mananciais, por causa da evapotranspiração. O conhecimento dos aspectos hidrológicos e da extensão das áreas periodicamente inundadas é de suma importância na elaboração de um projeto de recuperação de Mata Ciliar, assim como na seleção das espécies a serem plantadas. O trabalho de recuperação da Mata Ciliar, dentro do manejo de bacias, deve considerar, durante todo o planejamento, o produtor rural e a importância dessas áreas para a sua sobrevivência. A relação de uso e de conservação deve ser esclarecida por ações de conscientização, educação ambiental e propostas de uso conjunto ou novas opções de uso em outras áreas da propriedade rural.

**Palavras-chave:** Mata Ciliar. Bacia hidrográfica. Recurso hídrico. Qualidade da água. Assoreamento. Conservação do solo.

## INTRODUÇÃO

A ocupação e o uso do solo nas bacias hidrográficas, quer urbanas, quer rurais, caracterizam-se pela falta de planejamento e exploração inadequada. Isso traz como consequência, a destruição rápida dos recursos naturais, por causa da falsa ideia de que são inesgotáveis, o que tem propiciado um desenvolvimento desordenado, sem o compromisso ambiental futuro.

O processo de eliminação e fragmentação florestal, o qual é mais intenso nas regiões economicamente mais desenvolvidas, resultou num conjunto de problemas ambientais com várias espécies da fauna e da flora, mudanças climáticas locais, erosão dos solos e assoreamento e desequilíbrio quantitativo e qualitativo da água.

As Matas Ciliares, Áreas de Preservação Permanente (APPs) protegidas pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de

1965 (BRASIL, 1965), não escaparam da degradação, até porque são as áreas mais cobçadas pela proximidade dos mananciais. Martins (2001) cita a urbanização como um dos fatores responsáveis pela degradação, mas ressalta outros, como a construção de usinas para a produção de energia elétrica, aberturas de estradas inadequadas em relevo acidentado e a implantação da agricultura e pecuária sem critérios. Segundo Rizzo (2008), a ativi-

<sup>1</sup>Eng<sup>o</sup> Florestal, D.S. Solos e Nutrição de Plantas, Pesq. Visitante EPAMIG Zona da Mata/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: marcos.gomes@ufv.br

<sup>2</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S. Solos e Nutrição de Plantas, Prof. UFV - Depto. Solos, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: lani@ufv.br

<sup>3</sup>Graduanda Tecnologia e Gestão Ambiental UNIVICOSA - Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: rsouza136@hotmail.com

<sup>4</sup>Graduando Engenharia Ambiental UFV, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: pimenta.ambiental@gmail.com

<sup>5</sup>Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.S., Pesq. EPAMIG Zona da Mata/Bolsista FAPEMIG, Caixa Postal 216, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: padua@epamig.ufv.br

dade agropecuária degrada a Mata Ciliar. Nas áreas de pastagem, o gado vai até as nascentes e os cursos d'água para a dessecação (Fig. 1). Essa ação, sendo feita por todo o rebanho, várias vezes ao dia, cria passagens que, futuramente, tornar-se-ão valas e, conseqüentemente, permitirão erosões, facilitando o assoreamento dos cursos d'água.

Apesar da intensa divulgação dos conceitos de essencialidade e de finitude e da conseqüente dependência de preservação dos recursos hídricos, a sociedade tem caminhado em direção oposta. Muitas vezes levada por conceitos de progresso, adota práticas com alto poder de impacto sobre o meio ambiente, as quais refletem sobre o volume e a qualidade da água disponível para ser usada nos processos biológicos. Assim, torna-se evidente que a Mata Ciliar é fundamental para o equilíbrio ambiental. Entretanto, é o conjunto de práticas e intervenções feitas em toda a bacia hidrográfica, do divisor de águas à calha do manancial, que trará resultados positivos ao meio físico, biótico e social.

A avaliação dos entraves sociais e econômicos para a ampliação da restauração das APPs, nos limites legais das Matas Ciliares, é necessária para a formulação de uma política pública consistente, pois a degradação e a perda de solo contribuem significativamente para o agravamento da pobreza no meio rural. Quando as áreas a serem restauradas estão situadas dentro de pequenas propriedades rurais, as questões de ordem econômica passam a ter relevância, pois se referem a espaços já ocupados por alguma atividade econômica, que provê sustento às famílias dos agricultores.

Neste contexto, é importante ressaltar que, além da produção teórica e de princípios científicos, os pesquisadores, legisladores e gestores da conservação do meio ambiente devem ampliar a visão para gerir a complexidade existente dentro de uma bacia hidrográfica, onde envolve sociedade, aspectos socioeconômicos e diversos ambientes naturais. Assim, a recomposição das Matas Ciliares deve



Marcos Antônio Gomes

Figura 1 - Gado com acesso direto ao manancial

NOTA: Condição que afeta diretamente a Vegetação Ciliar, a estabilidade das margens e a qualidade da água.

ser realizada com embasamento múltiplo, construído por várias mãos.

## CARACTERIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA

Lima (1999) define como Mata Ciliar (Fig. 2) a vegetação característica de margens ou áreas adjacentes a corpos d'água, sendo considerado um ecossistema ripário. Entende-se por Vegetação Ciliar ou Ripária, aquela que margeia as nascentes e os cursos d'água. Além destas, Martins (2007) cita, entre as denominações comumente usadas em diferentes regiões do Brasil, as: Floresta Ripária, Floresta Ribeirinha, Matas de Galeria, Floresta Ripícola e Floresta Beiradeira. Definindo mais tecnicamente esta vegetação, esse autor denomina como Mata Ciliar a vegetação remanescente nas margens dos cursos d'água em uma região originalmente ocupada por mata e, como Mata de Galeria, aquela vegetação mesofítica que margeia os cursos de água, onde a vegetação natural original não era mata contínua.

A vegetação que margeia as nascentes e cursos d'água é fundamental para a preservação ambiental e, em especial, para a ma-

nutenção dos mananciais e da biodiversidade. Dentre os benefícios proporcionados ao meio ambiente, destacam-se o controle à erosão nas margens dos rios e córregos, a redução dos efeitos de enchentes, a manutenção da quantidade e da qualidade das águas (LIMA, 1989; ROSA; IRGANG, 1998), a filtragem de resíduos de agrotóxicos e fertilizantes (MARTINS, 2001), o habitat ecológico para fauna (SANTOS et al., 2008), o corredor ecológico para a movimentação da fauna e a dispersão dos vegetais, contribuindo para o fluxo gênico in situ e ex situ (LIMA; ZAKIA, 2000), entre outras importantes características. Santos et al. (2008) citam a relação da Mata Ciliar com a poluição difusa rural, caracterizada pela redução nos níveis de erosão e sedimentação que representam uma séria ameaça aos reservatórios de água superficial.

Krupek e Felski (2006) destacam a importância da Mata Ciliar para as espécies aquáticas. Segundo esses autores, a destruição da Mata Ciliar altera o índice de luminosidade incidente, a composição química e a temperatura da água, interferindo diretamente sobre as diferentes espécies ali encontradas.



Marcos Antonio Gomes

Figura 2 - Mata Ciliar ao longo do manancial: importância hidrológica, biológica e cênica

A diversificação da Mata Ciliar exerce influência direta sobre os efeitos proporcionados ao meio ambiente. A presença de árvores, sobretudo as frutíferas nativas, funciona como abrigo e fonte de alimento para as espécies animais que, por sua vez, disseminam as espécies vegetais (LIMA; ZAKIA, 2000). Este ciclo resulta na manutenção do equilíbrio ambiental e da biodiversidade. As espécies vegetais encontradas variam conforme as características locais, sendo fortemente influenciadas pelas diferentes condições de inundação e de afloramento verificadas no lençol freático (ARAÚJO et al., 2004).

Apesar da importância da preservação do meio ambiente e da biodiversidade, muitos trabalhos têm demonstrado um alto índice de devastação das Matas Ciliares, cujas principais causas têm sido o desmatamento para expansão de áreas agrícolas, construções urbanas, extração de areia nas áreas ribeirinhas, entre outras.

Na zona rural, as lavouras, em geral, localizam-se ao longo do manancial e ocupam áreas até as margens de córregos e de lagos. Em sua maioria, estas áreas apresentam características de degradação avançada por processos erosivos e ausência de isolamento (cercas). O motivo da ocu-

pação, entre outros, é a descapitalização dos agricultores e o alto preço dos insumos agrícolas que levam esses produtores a procurarem as áreas mais baixas do terreno (terraços e leito maior), onde a fertilidade natural, associada à maior disponibilidade hídrica, se sobressai em comparação à área montanhosa da propriedade.

A mudança no cenário de uso do solo e da recuperação das Matas Ciliares deve ser realizada tendo como base o homem. O suporte educacional, técnico e financeiro para esse indivíduo é fundamental para o sucesso da recomposição das Matas Ciliares. Deve-se criar uma consciência coletiva da importância da preservação dessas áreas e, na medida do possível, distribuir os custos entre todos os beneficiados pela preservação que abrange, além do proprietário ou posseiro, o habitante urbano também usuário da água e de outros benefícios ambientais.

### **Mata Ciliar e vazão dos mananciais**

Um aspecto importante das Matas Ciliares é citado por Valente (2009), que destaca a possibilidade de alguns equívocos relacionados com essa vegetação,

dentre os quais o que atribui à Mata Ciliar a manutenção da vazão dos córregos e que nem sempre é verdadeiro, pois em alguns casos o efeito pode ser oposto, sendo a vazão reduzida pela Mata Ciliar, e afirma que a consequência real só pode ser avaliada por especialistas em hidrologia.

Segundo Marques (2002), para proteção das nascentes, a cobertura florestal não deve ser localizada ao redor e junto das nascentes, mas sim em posição superior a estas, para evitar que as árvores absorvam, com as suas raízes, a água da própria nascente. Sua posição deverá ser tal que lhe permita abastecer e não retirar a água do solo.

O manejo das bacias hidrográficas, para a revitalização dos mananciais, deve ser realizado com uma visão ampla e global. Focar a revitalização dos mananciais nas Matas Ciliares é decorrer em erro. Apesar das importantes funções dessas Matas, a depender da densidade de drenagem, esta pode compreender uma pequena área da bacia hidrográfica e sua contribuição para o abastecimento do lençol freático pode ser menor do que o seu potencial de evapotranspiração. Assim, toda a bacia hidrográfica deve ser manejada com vistas a abastecer o lençol freático e não legar erroneamente à Mata Ciliar essa função.

### **LEGISLAÇÃO PERTINENTE**

A legislação brasileira apresenta uma série de normas e regulamentos para disciplinar a ação antrópica sobre a Vegetação Ripária ou Mata Ciliar e, num âmbito mais abrangente, a questão da água como um todo.

A maioria das leis e normas deriva do Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei nº 4.771, de 15/9/1965 (BRASIL, 1965), que estabelece os limites para as faixas de vegetação a serem mantidas como APPs no entorno das nascentes e nas margens dos cursos d'água (Quadro 1 e Fig. 3).

Outra determinação, o Art 3º da Resolução Conama nº 303, de 20 de março de 2002 (CONAMA, 2002), define os limites mínimos de APPs no entorno dos reserva-

QUADRO 1 - Largura mínima da faixa de vegetação ciliar a ser mantida no entorno das nascentes e margens dos cursos d'água

Largura mínima da faixa em cada margem (m)	Largura do rio (m)
30	> 10
50	$10 \geq e \leq 50$
100	$50 \geq e \leq 200$
200	$200 \geq e \leq a 600$
500	< 600
Raio de 50 m no entorno das nascentes	

FONTE: Brasil (1965).

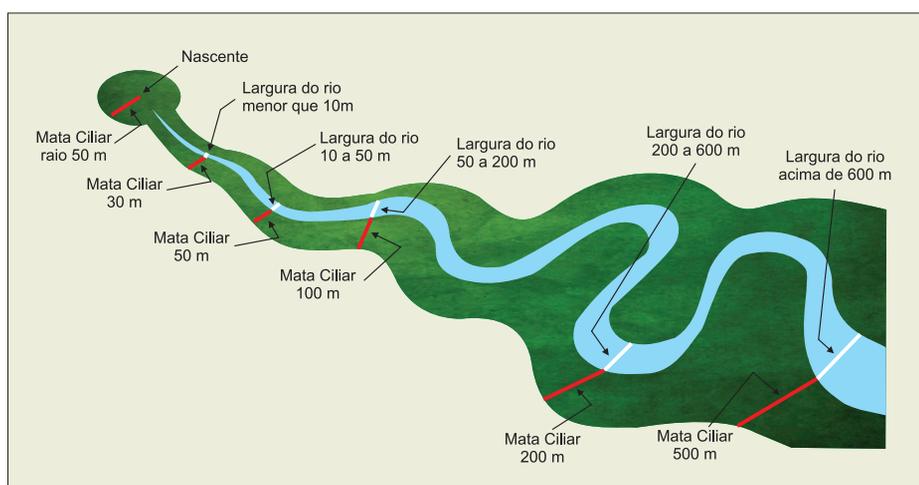


Figura 3 - Representação da largura da faixa de Mata Ciliar a ser preservada com relação à largura do curso d'água

FONTE: Paraná (200-).

tórios artificiais (represas), medidos a partir do nível máximo da água em:

- a) 30 m para reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e 100 m para reservatórios situados em áreas rurais;
- b) 15 m para reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até 10 ha, sem prejuízo da compensação ambiental;
- c) 15 m para reservatórios artificiais não utilizados para abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até 20 ha de superfície e localizado em área rural.

Em muitos Estados, foram editadas outras leis que estabeleceram critérios

diferenciados para as questões relativas à água em seus limites territoriais. Entretanto, todas as novas leis são mais restritivas. No estado do Mato Grosso, a Lei Complementar nº 38, de 21 de novembro de 1995 (MATO GROSSO, 1965), entre outras alterações, aumenta para 50 m o limite mínimo da faixa de vegetação natural a ser mantida em cada margem dos cursos d'água com até 50 m de largura e 100 m de raio no entorno das nascentes.

Como neste exemplo, muitas outras medidas foram adotadas em diferentes regiões, a fim de aperfeiçoar o processo de preservação ambiental no entorno das fontes e cursos d'água. Mas muitas leis foram e continuam a ser criadas sem

embasamento técnico (hidrológico, geológico etc.) e distinção entre os diversos ambientes (Mares de Morros, Cerrado, Caatinga etc.) e com total desconsideração ao produtor rural e ao uso que este faz do solo. Assim, a implementação plena dessas determinações legais esbarra em questões sociais no meio rural, e o cumprimento pleno da lei inviabilizaria a sobrevivência das pessoas que encontram nesta área sua única fonte de renda.

A fim de minimizar o problema social gerado, a Resolução Conama nº 369, de 28 março de 2006 (CONAMA, 2006), abriu a possibilidade de, mediante autorização do órgão ambiental competente, uma vez caracterizada a utilidade pública ou o interesse social, implantar e praticar de forma racional e com base científica o manejo agroflorestal sustentável da área, desde que não descaracterize a cobertura vegetal nativa e nem impeça a sua recuperação ou prejudique a função ecológica da área. Esta resolução poderá proporcionar um avanço na recuperação de áreas degradadas sem agravar os problemas sociais frequentemente encontrados entre as pequenas propriedades rurais especialmente as de agricultura familiar.

## RESTAURAÇÃO FLORESTAL

A restauração florestal da paisagem pode ser definida como:

Um processo planejado que almeja recuperar a integridade ecológica e melhorar o bem-estar humano em ambientes perturbados ou degradados. O conceito de restauração florestal para uma escala de paisagem emerge em parte do reconhecimento que a degradação ecológica foi tão avançada em alguns lugares que a efetiva conservação requer restauração. (DUDLEY; ALDRICH, 2007).

As ações antrópicas podem levar um ecossistema a basicamente duas condições (BROWN; LUGO, 1994):

- a) estado de perturbação: refere-se à área onde pode ocorrer determinado

distúrbio e manter, ainda, a possibilidade de regenerar-se naturalmente ou estabilizar-se em outra condição, também dinamicamente estável. Neste caso, fala-se em área perturbada. Quando o distúrbio é pequeno, a intervenção para recuperação pode consistir apenas em iniciar o processo de sucessão;

- b) área degradada: locais onde o impacto pode impedir ou restringir drasticamente a capacidade de o ambiente retornar ao estado original, ou ao ponto de equilíbrio pelos meios naturais, ou seja, reduz sua resiliência.

Como em áreas degradadas, há vários impactos de diversas ordens. Portanto, deve-se analisar cada caso separadamente, adotando as estratégias de reabilitação, restauração e/ou recuperação. Várias estratégias podem ser propostas, mas o primeiro passo consiste em identificar o fator degradante da área. Uma vez identificado, esse fator deve ser eliminado, e deve-se, ainda, evitar sua reincidência.

Pode-se propor a reabilitação da área, atribuindo-lhe uma função adequada ao uso humano e restabelecendo suas principais características, conduzindo-a a uma situação alternativa e estável.

A restauração objetiva conduzir o ecossistema à sua condição original. É considerada uma hipótese remota e até mesmo utópica, uma vez que há falta de informações sobre a situação original, podendo ter ocorrido extinção de espécies e alterações na comunidade e em sua estrutura no decorrer da sucessão, além da indisponibilidade de recursos financeiros para tal (BARBOSA; MANTOVANI, 2000; RODRIGUES; GANDOLFI, 2001).

Recuperação é um termo corriqueiramente utilizado como sinônimo de reabilitação e restauração. A recuperação da área visa à:

Restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode

ser diferente de sua condição original. (BRASIL, 2000).

Trata-se de retornar às condições de funcionamento, pois objetiva recuperar a estrutura (composição em espécies e complexidade) e as funções ecológicas (ciclagem de nutrientes e biomassa) do ecossistema.

Da capacidade de reação dos ecossistemas aos distúrbios, derivam os conceitos de:

- a) resiliência: é a capacidade de um ecossistema se recuperar de flutuações internas provocadas por distúrbios naturais ou antrópicos. Um ecossistema é estável, quando reage a um distúrbio, absorvendo o impacto sofrido sem sofrer mudanças, e ajustando-o aos seus processos ecológicos;
- b) estabilidade: os ecossistemas passam a ter sua estabilidade comprometida a partir do momento em que ocorrem mudanças drásticas no seu regime característico, e quando as flutuações ambientais ultrapassam seu limite homeostático. Como consequência, sua resiliência diminui, assim como a sua resposta a novos distúrbios, podendo chegar a um ponto em que o ecossistema entra em colapso com processos irreversíveis de degradação (ENGEL, PARROTA, 2003). A estabilidade máxima, característica do clímax, é resultante da interação entre um grande número de espécies. Assim, uma perturbação que ocorra num ambiente com poucas espécies afetará a quase totalidade destas espécies. Se o ambiente tiver um grande número de espécies, esta mesma perturbação afetará apenas algumas espécies. As demais assumem o papel desempenhado pelas espécies agredidas, mantendo, portanto, a resiliência ou a estabilidade desse ecossistema.

## TÉCNICAS PASSÍVEIS DE USO NA RECUPERAÇÃO DE MATAS CILIARES

Há diversas técnicas para recomposição e recuperação de Matas Ciliares, dentre elas serão destacadas algumas.

### Regeneração natural

É uma técnica de resultados a longo prazo que ocorre de forma gradual com pouca ou nenhuma intervenção antrópica após a eliminação do fator promotor da degradação. A recuperação ocorre em etapas sucessivas começando pela presença de espécies pioneiras, cujas principais características são: maior rusticidade e ciclo relativamente curto. Essas espécies criam as condições iniciais de sombreamento a partir do qual se instalam outras que as sucedem e aumentam a diversidade ecológica (KAGEYAMA et al., 1989; BARBOSA et al., 1992; MACEDO et al., 1993 apud MARTINS, 2007).

Esta técnica pode levar a resultados satisfatórios, se a degradação não estiver em estádios muito avançados. Sua principal vantagem é o baixo custo e a adequação das espécies ao ambiente já que a seleção destas é feita pelo próprio ambiente. Em casos especiais podem ser necessárias pequenas intervenções antrópicas, principalmente em regiões de grande ocorrência de espécies trepadeiras ou gramíneas invasoras muito agressivas. Neste caso, a intervenção seria apenas para controlar o excesso dessas espécies limitando seu potencial de impedir o desenvolvimento de outras espécies arbustivas e arbóreas naturalmente encontradas no local.

A maior desvantagem desse método é o longo tempo necessário para que ocorra a recuperação. Além disso, há necessidade de uma condição de degradação limitada já que estádios muito avançados de degradação podem impedir o repovoamento da área.

### Nucleação

Técnica que consiste em recuperar a Mata Ciliar a partir de ilhas formadas por

pequenos blocos de matas remanescentes ou por árvores isoladas que se expandem para áreas onde cesse o processo de degradação (REIS et al., 1999 apud MARTINS, 2007).

Aplica-se a áreas de maior extensão, onde ainda restam pequenos talhões de mata preservada, a partir dos quais a regeneração acontece. Pode também ser obtida por meio de talhões de vegetação, implantados artificialmente. Em geral apresenta características semelhantes à regeneração natural, porém com tendência a promover uma recuperação mais rápida que a espontânea por causa do banco de sementes disponível a partir desses blocos.

Tanto na nucleação, como na regeneração natural, podem-se adotar práticas auxiliares que visam apressar a regeneração da área degradada. Um exemplo destas práticas é a distribuição ao acaso de sementes de espécies arbóreas ou arbustivas encon-

tradas nos núcleos remanescentes ou outras áreas de microbacia com características semelhantes. Em áreas de degradação mais recente, onde ainda haja banco de sementes disponível, a abertura de pequenos sulcos pode facilitar a germinação das sementes existentes.

A evolução florística em uma área degradada obedece a uma sucessão de espécies com características particulares (Quadro 2). Inicialmente, desenvolvem-se as espécies pioneiras, em geral mais rústicas, altamente tolerantes à insolação e com ciclo de vida mais curto. A seguir, desenvolvem-se espécies de características intermediárias e, por fim, as chamadas espécies clímax, que requerem sombra na fase inicial de desenvolvimento e depois adquire tolerância à insolação e desenvolvem grandes copas na fase adulta (MEYER et al., 2004). Na implantação de núcleos de regeneração é imprescindível que este

fator seja considerado: no núcleo inicial devem predominar as espécies pioneiras. As espécies intermediárias e clímax podem ser implantadas mais tarde ou distribuídas entre as pioneiras. A escolha de uma ou outra forma vai depender da praticidade na execução e das características das espécies escolhidas. Também é indispensável à instalação de núcleos que atendam às diferentes características da área: se há variações nos níveis de encharcamento do solo, os núcleos devem ser distribuídos nos diferentes níveis, sendo usadas espécies apropriadas a cada situação (CARVALHO et al., 2005).

A seleção de espécies para nucleação ou formação de Mata Ciliar é uma etapa decisiva no seu processo de recuperação. Martins (2007) apresenta uma extensa tabela com as características das principais espécies nativas encontradas nas Matas Ciliares brasileiras. Além das características

QUADRO 2 - Resumo das principais características das espécies pioneiras, secundárias e climáticas

Características	Pioneiras	Secundárias		Climáticas
		Iniciais	Tardias	
Tamanho e quantidade de sementes e frutos	Pequenas. Grande quantidade	Pequenas. Grande quantidade	Indefinido. Depende da espécie	Grande. Pequena quantidade
Viabilidade das sementes	Longa. Latentes no solo	Longa. Latentes no solo	Média. Curta	Curta
Disseminação das sementes	Fauna e vento	Fauna e vento	Fauna e vento	Fauna e vento
Ciclo de vida	Curto (1 a 8 anos)	Curto/Médio (5 a 15 anos)	Médio/Longo (20 a 50 anos)	Longo (Acima de 100 anos)
Altura dos indivíduos	4 a 8 m	12 a 20 m	20 a 30 m (alguns até 50 m)	35 a 45 m (alguns até 60 m)
Tempo para atingir altura máxima	Meses	Meses/anos	Anos	Acima de 10 anos
Colonizam	Qualquer área	Grandes clareiras	Pequenas clareiras	Áreas sombreadas
Necessidade de luz	Muita luz	Variável	Variável	Sombra/jovem Luz/adulta
Número de espécies na comunidade	1 a 5	1 a 40	30 a 60	Acima de 100
Presença de epífitas	Ausente ou eventualmente musgo e líquens	Pequena quantidade	Presente	Grande quantidade

FONTE: Barbosa e Martins (2003).

descritas, outros fatores podem contribuir para o alcance dos objetivos propostos na implantação de Matas Ciliares. Além da necessidade da diversidade de espécies já destacada, é importante que as escolhidas sejam atrativas à fauna, encontrando-se no conjunto delas, frutíferas nativas que atrairão e darão condições de sobrevivência à fauna nativa que por sua vez auxilia na disseminação da flora (BENEDITO-CECÍLIO et al., 2004).

### Sistemas agroflorestais

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) compõem certamente, o meio mais racional e fácil de ser adotado na recuperação de APPs em pequenas propriedades, onde a exploração agrícola da área é o principal meio de sobrevivência do proprietário.

De acordo com a Resolução Conama nº 369, de 28/3/2006 (CONAMA, 2006), os SAFs são permitidos em APPs, inclusive Matas Ciliares localizadas em pequenas propriedades ou posses rurais caracterizadas como familiares, desde que sejam ambientalmente sustentáveis e apresentem licença especial concedida por órgãos

ambientais, mediante apresentação de projeto específico que atenda aos critérios constantes do Anexo II dessa Resolução.

Esses sistemas contemplam diferentes alternativas de manejo da área, dentre os quais destacam-se o Sistema Silviagrícola, o Sistema Silvipastoril (SSP) e o Agrossilvipastoril (Fig. 4). O Sistema Silviagrícola pressupõe a exploração de culturas agrícolas intercaladas nas entrelinhas das espécies florestais, cujas linhas devem ser ocupadas por espécies diversificadas pertencentes aos grupos das pioneiras, intermediárias e clímax. O SSP consiste na exploração pecuária em APP e o Agrossilvipastoril visa integrar a recuperação florestal, a agricultura e a pecuária numa mesma área.

Ambos os sistemas podem ser adotados em caráter temporário em toda a APP ou em caráter permanente em parte da APP.

Quando em caráter temporário em área total, o sistema visa diluir os custos da recuperação da área, racionalizando o manejo, e consiste basicamente no plantio de culturas agrícolas nas entrelinhas das espécies florestais em seus estádios iniciais

de desenvolvimento. Este sistema racionaliza o manejo da Mata Ciliar, reduzindo custos de limpeza da área e com controle de formigas indispensável nos primeiros anos. Este sistema é viável por até dois a três anos após a implantação de floresta nas áreas ciliares.

O sistema em caráter permanente é permitido em até 2/3 da faixa de Mata Ciliar e, geralmente, é destinado à exploração de culturas permanentes não madeireiras como a seringueira, cacau, palmito, frutíferas nativas, etc. Neste sistema, em caso de cursos d'água com até 10 m de largura, nos quais a faixa de Mata Ciliar obrigatória é de 30 m, os primeiros 10 m da faixa próxima ao córrego devem ser mantidos obrigatoriamente com Mata Ciliar diversificada e não manejada. Nos 20 m restantes, utiliza-se uma dessas culturas de ciclo perene com fins de exploração comercial não madeireira. Pode, ainda, na entrelinha dessa cultura, ser explorada alguma planta medicinal ou com fins apícolas ou, ainda, com fins forrageiros.

Convém ressaltar que os SAFs visam dar oportunidade à diversificação da produção na pequena propriedade, permitindo uma melhoria de vida ao produtor, mas devem priorizar a restauração da Mata Ciliar e o alcance de seus objetivos ecológicos.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A recuperação das Matas Ciliares é incontestavelmente importante, mas as questões que a envolvem são de natureza complexa e de diferentes interesses, os quais implicam uma legislação criada sem embasamento técnico, o uso do solo consolidado, a área base de subsistência do agricultor, os recursos naturais, a biodiversidade, ambientes urbanos e rurais etc. Isso tudo torna a recuperação das Matas Ciliares um desafio para ambientalistas, técnicos, pesquisadores, legisladores, gestores e usuários.

### AGRADECIMENTO

À FAPEMIG pelo financiamento das pesquisas e pelas bolsas concedidas.



Marcos Antonio Gomes

Figura 4 - Sistema Silvipastoril (SSP) com eucalipto e braquiária na região de Viçosa, MG

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M.M. et al. Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes do solo e banco de plântulas em Floresta Estacional Decidual Ripária Cachoeira do Sul, RS, Brasil. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n.66, p.128-141, dez. 2004
- BARBOSA, L.M.; MANTOVANI, W. Degradação ambiental: conceituação e base para o repovoamento vegetal. In: WORKSHOP DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DA SERRA DO MAR E FORMAÇÕES LITORÂNEAS, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2000. p.39-49.
- BENEDITO-CECÍLIO, E. et al. Trophic structure of the fish assemblage in the floodplain of the upper Paraná river: stable isotopes. In: AGOSTINHO A.A. et al. (Ed.) **Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain**: LTER - site 6 - (PELD - sítio 6). Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2004. p.151-156.
- \_\_\_\_\_.; MARTINS, S.E. **Diversificando o reflorestamento no estado de São Paulo**: espécies disponíveis por região e ecossistema. São Paulo: Instituto de Botânica, 2003. 64p.
- BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 set. 1965.
- \_\_\_\_\_. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, §1º, incisos I, II, III e IV da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 19 jul. 2000.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining developing. **Restoration Ecology**, v.2, p.97-111, 1994.
- CARVALHO, D.A. et al. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.28, n.2, p.329-345, abr./jun. 2005.
- CONAMA. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 maio 2002. Seção 1, p.68.
- \_\_\_\_\_. Resolução nº 369, de 28 de março de 2006. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-AAP. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 29 mar. 2006. Seção1, p.150-151.
- DUDLEY, N.; ALDRICH, M. (Ed.). **Five years of implementing forest landscape restoration: lessons to date**. Gland: WWF International, 2007. 24p.
- ENGEL, V.L.; PARROTA, J.A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. et al. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p.1-26.
- KRUPEK, R.A.; FELSKI, G. Avaliação da cobertura ripária de rios e riachos da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras, Região Centro-Sul do estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 8 n. 2, p.179-188, jul./dez. 2006.
- LIMA, J.E.F.W.; FERREIRA, R.S.A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no Brasil. In: FREITAS, M.A.V. de (Org.). **O estado das águas no Brasil - 1999**: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 1999. p.73-82.
- LIMA, W. P. Função hidrológica da Mata Ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1., 1989, São Paulo. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1989. p.11-19.
- \_\_\_\_\_.; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (Ed.). **Matas Ciliares**: conservação e recuperação. São Paulo: USP, 2000. p.33-44.
- MARQUES, J.Q. de A. Conservação da água: a controvérsia das Matas Ciliares. **O Agrônomo**, Campinas, v.54, n.1, p.41-43, 2002.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de Matas Ciliares**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2001. 143p.
- \_\_\_\_\_. **Recuperação de Matas Ciliares**. 2. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2007. 255p.
- MATO GROSSO. Lei Complementar nº 38, de 21 de novembro de 1995. Institui o Código Ambiental do Estado do Mato Grosso e estabelece as bases normativas para a política Estadual do Meio Ambiente. In: SÁ, J.D. et al. **Legislação ambiental – Mato Grosso**. Belém: UFPA-NAEA, 2009. p. 65-77. (Série Boas Práticas. Livro, 4). Disponível em: <<http://www.ibcperu.org/doc/isis/13439.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2011.
- MEYER, S.T. et al. Composição florística da vegetação arbórea de um trecho de floresta de galeria do Parque Estadual do Rola-Moça na Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v.18, n.4, p.701-709, out./dez. 2004.
- PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Perguntas frequentes**. Curitiba, [200-]. Disponível em: <<http://www.mataciliar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=10>>. Acesso em: 4 abr. 2011.
- RIZZO, M.R. A efetiva participação do setor público na recuperação e manutenção das Matas Ciliares. **ANAP Brasil**: revista científica, ano1, n.1, p.1-16, jul. 2008.
- RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. de F. (Ed.). **Matas Ciliares**: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: USP, 2001. p.235-247.
- ROSA, FF.; IRGANG, B.E. Comunidades vegetais de um segmento de planície de inundação do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**. Série Botânica, Porto Alegre, v.50, p.75-87, 1998.
- SANTOS, T.G. dos et al. Mamíferos do campus da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biota Neotropicalica**, São Paulo, v.8, n.1, p. 125-131, jan./mar. 2008. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v8n1/pt/abstract?inventory+bn00508012008>>. Acesso em: 1 abr. 2011.
- VALENTE, O.F. **Conservar nascentes em pequenas bacias**. Rio de Janeiro: O Eco, 2009. Disponível em: <<http://www.oeco.com.br/convidados/64-colunistas-convidados/22078-conservar-nascentes-em-pequenasbacias>>. Acesso em: 2 abr. 2011.

# Sustentabilidade do eucalipto e confrontos com os recursos hídricos

Vanessa Pataro Maffia<sup>1</sup>  
 Maria Cristina Martins<sup>2</sup>  
 Wellington Avelar de Souza Silva<sup>3</sup>  
 Camila Soares Braga<sup>4</sup>

Resumo - O crescimento populacional e o desenvolvimento mundial têm ocasionado impactos ao meio ambiente, tornando escassos os recursos naturais. Esses impactos sobre os recursos hídricos são uma grande preocupação. Os plantios de eucalipto são comumente questionados sobre a perda de nutrientes do solo e da qualidade e quantidade das águas. Sabe-se que todas as culturas utilizam água do solo para seu crescimento e que o eucalipto, sendo uma floresta, é capaz de gerar ganhos no ciclo hidrológico por meio da interceptação pela copa, melhorando a infiltração das águas, estruturando os solos, diminuindo o escoamento superficial, etc. O planejamento e a adoção de práticas sustentáveis para cultivos são de suma importância para manutenção do ecossistema, conservação dos recursos naturais e do solo, atrelados ao aumento da produtividade. Neste contexto, surge a bacia hidrográfica como unidade ideal de planejamento, por ser capaz de interagir as características geomorfológicas, como forma, relevo e tipo da cobertura vegetal existente, com os processos hidrológicos.

Palavras-chave: Hidrologia florestal. Bacia hidrográfica. Reflorestamento. Cobertura vegetal.

## INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico e o desenvolvimento socioeconômico são frequentemente acompanhados pela degradação descontrolada e pela transformação do uso da terra, influenciadas pelo aumento das necessidades humanas, expansão agrícola e falta de gestão ambiental. Os impactos da perda e da degradação das florestas apresentam-se na forma de erosão do solo, perda da diversidade biológica, danos aos habitats silvestres, degradação dos mananciais, deterioração da qualidade de vida e redução das opções para o desenvolvimento.

Sabe-se que os recursos naturais estão cada vez mais escassos, em consequência

do uso descontrolado pela população mundial. Uma das maiores preocupações é com a falta de água, por ser um recurso natural de fundamental importância para os seres vivos. Sua escassez tem-se tornado evidente em diversas regiões e vem gerando discussões sobre alternativas que garantam sua disponibilidade a longo prazo. Em função disso, diversos estudos vêm sendo realizados, com o intuito de minimizar os impactos sobre os recursos hídricos.

A retirada da cobertura vegetal gera impactos no ciclo hidrológico, apesar de a água ser recurso natural renovável. O ciclo hidrológico é um fenômeno cíclico, em que processos de evapotranspiração

e precipitação garantem sua continuidade, porém sua permanência e sua disponibilidade dependem de inúmeros fatores, como, por exemplo, o manejo e as práticas adequadas de uso do solo. Sendo assim, os desmatamentos e a utilização inadequada do solo podem causar diminuição da precipitação local, da infiltração de água e do estoque de água subterrânea, causando a erosão dos solos e o assoreamento dos corpos d'água, além da alteração na vazão dos cursos d'água.

Neste contexto, diversos autores (SCHETTINO et al., 2000; LEÃO, 2000; JUVENAL; MATOS, 2002; CARRIELO; VICENS, 2011) citam o gênero *Eucalyptus*

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup> Florestal, M.S. Ciência Florestal, Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil-CNA, CEP 70830-903 Brasília-DF. Correio eletrônico: vpmaffia@yahoo.com.br

<sup>2</sup>M.Sc. Ciência Florestal, Pesq. UFV, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: leteminas@hotmail.com

<sup>3</sup>Graduando Engenharia Florestal UFV, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: tomavelar@hotmail.com

<sup>4</sup>Eng<sup>a</sup> Florestal, Mestranda Ciência Florestal UFV, CEP 36570-000 Viçosa-MG. Correio eletrônico: camilasbraga@yahoo.com.br

como um meio de diminuir a pressão sobre o desmatamento das florestas nativas, viabilizando a produção de madeira para atender às necessidades da sociedade em bases sustentáveis. Hoje, o Brasil possui cerca de 5,5 milhões de hectares de plantações de eucalipto, os quais ocupam posição de destaque no cenário econômico brasileiro, sendo a eucaliptocultura uma das mais importantes atividades do agronegócio do País.

É um gênero que ainda gera grandes debates acerca dos possíveis danos ao meio ambiente, especialmente aqueles relacionados com o consumo de água e o esgotamento de nutrientes do solo (ALMEIDA; RIEKERK, 1990). Estes segmentos da sociedade questionam o cultivo do eucalipto e acreditam que as plantações prejudicam a bacia hidrográfica e degradam a paisagem como um todo, principalmente quanto às características hidrológicas originais. Basicamente, o efeito visível do consumo de água é comum em qualquer tipo de plantação, em níveis variados, dependendo da espécie plantada. As florestas nativas consomem água dos mananciais e do solo, contudo tal questão persiste sobre o eucalipto, visto que esta espécie causa muita polêmica no meio social (OLERIANO; DIAS, 2007). O conhecimento científico costuma caminhar a passos lentos e toda polêmica é saudável, quando serve para esclarecer, elucidar e, sobretudo, gerar dúvidas que, por sua vez, geram pesquisas e novos conhecimentos (MEDEIROS, 2006). Preconceitos, porém, não combinam com ciência e muito menos com ensino. A produção de madeira pela floresta plantada de eucalipto tem como benefício a disponibilização de matéria-prima para que a própria sociedade utilize produtos considerados indispensáveis ao seu bem-estar: papel, carvão, lenha, móveis, habitações, alimentos, óleos essenciais, etc. Ao obter madeira de plantações, a sociedade não consumirá madeira de matas naturais, como era o modelo extrativista do passado (FOELKEL, 2007). O eucalipto, portanto,

tem tudo a ver com a tão sonhada sustentabilidade social e econômica.

As práticas para minimizar os impactos das culturas vêm sendo utilizadas em áreas de bacias hidrográficas, locais formados por divisores de água, onde ocorre a captação da água de chuva (drenagem) para um rio principal e seus afluentes, sendo, portanto, uma área com características geográficas e topográficas ideais para planejamentos dessas atividades. Bacias hidrográficas constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica. São unidades naturais e apresentam características próprias, as quais permitem utilizá-las para testar os efeitos do uso da terra nos ecossistemas.

Com relação ao comportamento hidrológico, a bacia é uma área onde ocorre interação de suas características geomorfológicas, como forma, relevo e tipo da cobertura vegetal existente. Assim, estas características físicas e bióticas demonstram um importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração e a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, os escoamentos superficial e subsuperficial.

Um dos mecanismos utilizados para avaliar os impactos ambientais no setor florestal, relacionados com a manutenção da produção de água em quantidade e qualidade, têm sido o monitoramento ambiental por meio da instrumentação de microbacias hidrográficas experimentais (MOSCA, 2003).

### **EUCALIPTO E AS RELAÇÕES COM O CONSUMO DE ÁGUA**

Reflorestamentos com eucalipto ainda é um assunto polêmico, no que diz respeito ao consumo de água e sua relação com a produtividade. O eucalipto, como todas as espécies de crescimento rápido, tem uma elevada capacidade de adaptação bioclimática. Se existir água em abundância, haverá mais madeira por unidade de tempo, mais biomassa produ-

zida e maior consumo de água. Porém, os consumos dos eucaliptos não diferem dos pinhais ou mesmo de qualquer outra floresta nativa (CELPA, 2006). Ou seja, os benefícios que a floresta plantada traz, ao gerar oxigênio, sequestrar gás carbônico, evitar enxurradas, regular os fluxos hídricos, melhorar a qualidade das águas dos rios, minimizar a erosão dos solos, fornecer madeira para a sociedade, são contrabalanceadas por um maior consumo anual da água de chuva, em relação a uma pastagem ou a uma área de Cerrado. Como medida adicional de segurança, para prevenir potenciais efeitos hidrológicos, sugere-se evitar o plantio de florestas produtivas de eucaliptos em áreas onde a precipitação total de chuvas ao longo do ano seja menor que 1.000 mm. Caso haja intenção disso, em regiões de índices anuais de chuva entre 800 e 1.000 mm ao ano, recomenda-se cuidadoso estudo de impacto ambiental para conhecer, avaliar, quantificar, decidir e mitigar as consequências negativas (FOELKEL, 2007).

O cultivo do eucalipto não tem a capacidade de secar os mananciais, pois a água que utiliza é proveniente de uma camada mais superficial do solo (KRUGER, 2009), e a recarga dos lençóis freáticos é perfeitamente gerenciável, por meio de bons planejamento e manejo florestal, das práticas silviculturais e do desenho do complexo ecológico florestal (FOELKEL, 2007). Ressalta-se que as florestas plantadas, manejadas de forma correta, podem ser menos impactantes do que quaisquer outras culturas intensivas, entretanto, precisam estar em harmonia com as prioridades ecológicas e sociais da região (POGGIANI et al., 1998). Diante desse manejo, o cultivo do eucalipto irá proporcionar efeitos benéficos às propriedades físicas do solo que influenciam diretamente no ciclo hidrológico.

Anos atrás, utilizava-se muito da queima das áreas para limpeza, revolvimento do solo para os plantios, como aração e gradagem. Hoje, sabe-se que estas práticas induzem à compactação e à

erosão do solo, não sendo mais utilizadas. Os novos preparos como subsolagem e plantio direto vêm promovendo uma grande diminuição dos impactos nas áreas de plantios.

A presença do piso florestal protege a superfície do solo dos impactos das gotas de chuva, dos efeitos de radiação solar e do vento, aumentando sua superfície ativa, contribuindo para a manutenção da umidade no solo. A distribuição e as quantidades de raízes promovem a estruturação do solo, aumentando a infiltração e o aporte de água no lençol freático, diminuem o escoamento superficial das águas e, conseqüentemente, o risco de erosão. A ausência de práticas edáficas e vegetativas contribui para a evaporação da água do solo e causa o secamento da sua camada superficial. O conhecimento das características do solo, como textura, estrutura e tipo de cobertura vegetal presente, é importante para determinar o tipo de prática edáfica e vegetativa, o qual deve ser trabalhado no local.

Nas florestas de eucaliptos, a grande maioria das raízes finas está nos primeiros 30 cm de profundidade do solo. Isso significa que as árvores buscam sua água e nutrientes mais na superfície do solo e não no lençol freático profundo. Até mesmo porque as raízes das plantações de eucaliptos jovens são relativamente superficiais e estão, em geral, localizadas até 3,0 m de profundidade (FOELKEL, 2007).

Estudos com outras culturas importantes, como café, cana-de-açúcar e frutas cítricas evidenciam um consumo de água semelhante ao observado para o eucalipto (Quadro 1).

Como se pode observar, o consumo total de água pelo eucalipto encontra-se entre os mais altos, pelo seu rápido crescimento. Entretanto, o número de litros de água utilizado para a formação de 1 kg de biomassa está entre os menores, mostrando que a espécie é bastante eficiente na produção de biomassa (Quadro 2).

QUADRO 1 - Consumo de água em milímetros anuais por diferentes culturas

Cultura	Consumo de água/ano (mm)
Cana-de-açúcar	100 - 2.000
Café	800 - 1.200
Citros	600 - 1.200
Milho	400 - 800
Feijão	300 - 600
Eucalipto	800 - 1.200

FONTE: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (2003).

QUADRO 2 - Comparação entre o consumo de água e produção de biomassa do eucalipto e outras culturas

Cultura	Eficiência no uso da água (L/kg)
Batata	2.000
Milho	1.000
Cana-de-açúcar	500
Eucalipto	350

FONTE: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (2003).

## BACIA HIDROGRÁFICA

Segundo Tonello (2005), o termo bacia hidrográfica pode ser definido como uma área de captação natural da água de precipitação. Esta água é drenada por ravinas, canais e tributários, para um curso d'água principal, tendo a vazão uma única saída, desaguando em curso d'água maior, lago ou oceano (Fig. 1).

A bacia hidrográfica é delimitada por dois tipos de divisores e águas: divisor freático e divisor topográfico. O divisor freático é, em geral, determinado pela estrutura geológica dos terrenos, sendo influenciado pela topografia, que estabelece os limites dos reservatórios de água subterrânea, de onde é derivado o deflúvio básico da bacia. Já o divisor topográfico consiste na linha

imaginária que acompanha as maiores altitudes, local e topos de morros, separando uma bacia da outra (TONELLO, 2005).

A bacia é definida como um ente sistêmico, pois é onde se realizam os balanços de entrada provenientes da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos.

Ainda, segundo Tonello (2005), a bacia hidrográfica deve ser considerada como uma unidade, quando se deseja a preservação dos recursos hídricos, já que as atividades desenvolvidas no seu interior têm influência sobre a qualidade e a quantidade de água. Sendo assim, a disciplina no uso e na ocupação dos solos é o meio mais eficiente de controle dos recursos hídricos que a integram.

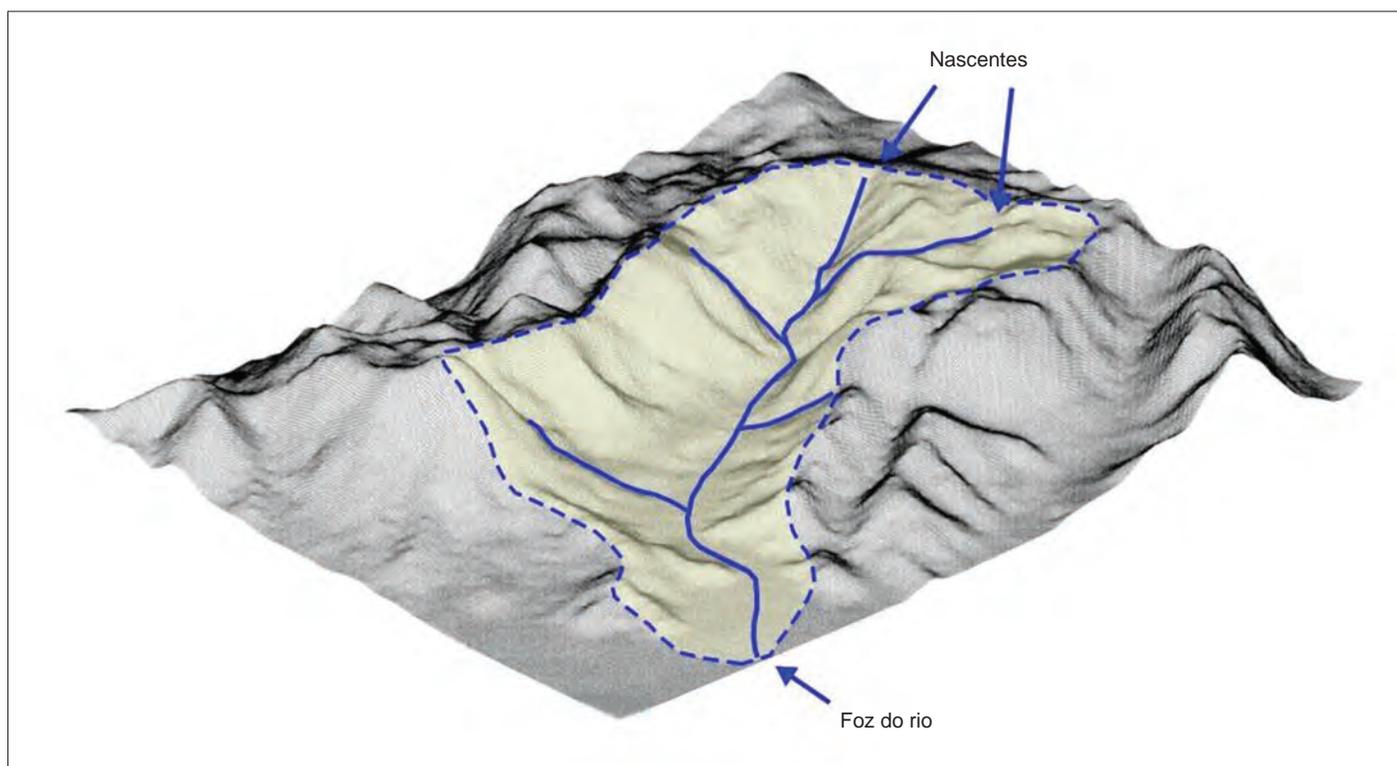


Figura 1 - Exemplificação de uma bacia hidrográfica

FONTE: Dados básicos: Stimamiglio (2002).

## IMPORTÂNCIA DA VEGETAÇÃO NA MANUTENÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Topos de morros, Matas Ciliares, Florestas Ripárias, Matas de Galeria, Florestas Beiradeiras, Florestas Rupícolas e Florestas Ribeirinhas são os principais termos encontrados na literatura para designar as formações que ocorrem ao longo dos cursos d'água. Apesar da complexidade nomenclatural, para efeitos práticos, o termo Mata/Floresta Ciliar tem sido amplamente usado para designar, de forma genérica, todos os tipos de formações florestais ocorrentes nas margens dos cursos d'água (MARTINS, 2007).

As Matas Ripárias desempenham funções ecológicas, sociais e econômicas importantes, destacando-se: manutenção dos leitos dos rios, proteção das nascentes, conservação do solo contra erosão e empobrecimento, preservação do patrimônio genético, manutenção de condições favoráveis à fauna, dentre outros. Entretanto, o papel

mais importante é a manutenção dos recursos hídricos (AQUINO; VILELA, 2008).

Por causa de sua reconhecida importância, essa vegetação encontra-se protegida pela legislação brasileira (BRASIL, 1965, 2001; CONAMA, 2002) como Áreas de Preservação Permanente (APPs).

A presença da Mata Ciliar contribui para diminuir a ocorrência do escoamento superficial, que pode causar erosão, atua como barreira física, que regula os processos de troca entre os ecossistemas terrestres e aquáticos (LIMA; ZAKIA, 2000). Além disso, reduzem significativamente a possibilidade de contaminação dos cursos d'água por sedimentos, resíduos de adubos e defensivos agrícolas, conduzidos pelo escoamento superficial da água no terreno (FERREIRA; DIAS, 2004). Conseqüentemente, conservam a qualidade e o volume das águas.

As regiões reflorestadas com eucalipto são aquelas com maior porcentual de áreas preservadas (em torno de 50%). Isto não acontece com nenhuma outra monocultura ou pastagens. Ambiente propício para

recomposição da diversidade e estabelecimento da flora e da fauna. Portanto, as áreas não utilizadas (áreas de preservação) pelas empresas de reflorestamento são aquelas essenciais à diversidade e à sustentabilidade da flora e da fauna (NOVAIS, 2006).

Embora protegidas por lei, as Matas Ciliares não foram poupadas da degradação ao longo dos anos. Portanto, é importante que a aplicação da lei seja feita com base em conhecimentos científicos e nas diferentes características dos biomas, garantindo, assim, a saúde dos córregos e rios, a perpetuação da flora e da fauna e a continuidade das atividades agropecuárias, que tanto dependem dos recursos hídricos (AQUINO; VILELA, 2008).

## INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL NO CICLO HIDROLÓGICO

A cobertura florestal possui um papel importante dentro do contexto do balanço hídrico de um determinado local e pode alterar o mecanismo de entrada de água

e de nutrientes na superfície do solo. O tipo de vegetação exerce influência nos modelos de deposição e quantidade das precipitações pluviais que irão alcançar a superfície (ARCOVA; CICCO; ROCHA, 2003).

A modificação de uma cobertura florestal decorrente da intervenção do homem ou do seu desenvolvimento natural afeta a quantidade de água que chega ao solo e sua reserva.

Uma das principais influências da floresta ocorre no recebimento das chuvas pelas copas das árvores, onde parte é temporariamente retida pela massa vegetal e, em seguida, evaporada para a atmosfera, processo denominado interceptação (ARCOVA; CICCO; ROCHA, 2003). Pelo processo de interceptação, a floresta desempenha importante papel na distribuição de energia e de água na superfície do solo, o que afeta a distribuição temporal e espacial da chuva que atinge sua copa, diminuindo a quantidade de água da chuva que chega efetivamente ao solo (LIMA, 2008). O restante alcança o solo por precipitação interna ou pelo escoamento de água pelo tronco das árvores (ARCOVA; CICCO; ROCHA, 2003). A estes dois processos dá-se o nome de precipitação efetiva. As águas da chuva ao tocarem a cobertura florestal trazem consigo elementos minerais e orgânicos que se encontram na atmosfera e, ao atravessarem o dossel florestal, podem ser absorvidos (SOUZA, 2006), contribuindo com uma maior disponibilidade de nutrientes para a floresta. Lima (2008) também informa que os nutrientes retidos temporariamente na biomassa são, na medida em que as folhas e outras partes das plantas caem ao solo, incorporados à serapilheira, que, pela decomposição, libera nutrientes para o solo. Em outras palavras, esse mesmo autor explica que a disponibilidade de nutrientes é um processo dinâmico e, numa bacia hidrográfica, as perdas excessivas de nutrientes por lixiviação e por erosão podem influenciar não apenas a produtividade da área, mas também a qualidade da água produzida pela bacia.

De acordo com Castro et al. (1983), a cobertura florestal atua no ciclo hidrológico e provoca retardamento e redução de sua movimentação em direção aos cursos de água, por meio de processos de interceptação, infiltração, absorção, transpiração, escoamento superficial e percolação.

O ciclo hidrológico refere-se ao movimento da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, implicando que existam transferências contínuas de água de um estado para o outro, impulsionado pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre (TUCCI, 2001).

Dessa forma, o ciclo hidrológico representa os diferentes caminhos que a água circula na natureza (Fig. 2). Esta circulação ocorre em três partes do sistema terra: a atmosfera, a hidrosfera e a litosfera, numa profundidade aproximada de 1 km na litosfera, até cerca de 15 km na atmosfera (LIMA, 2008).

Um aspecto importante no ciclo hidrológico é a distribuição da água, em suas fases e partes, que variam enormemente de um local para outro e ao longo do tempo (VALENTE; GOMES, 2005).

Assim, o conhecimento do papel das florestas sobre os vários aspectos da água no solo é de fundamental importância, não

só no que diz respeito ao ciclo hidrológico, mas também na elaboração de normas práticas de manejo florestal com a finalidade de manter o funcionamento hidrológico das bacias hidrográficas (LIMA, 2008).

## Precipitação

A precipitação é definida em hidrologia como toda a água da chuva proveniente da atmosfera que atinge a superfície terrestre. Esta é caracterizada pelas seguintes grandezas: altura pluviométrica, duração, intensidade e frequência. Dependendo da intensidade, a chuva pode ser determinante no processo erosivo do solo (OLIVEIRA JÚNIOR, 2006).

Ainda, segundo Oliveira Júnior (2006), a precipitação pluviométrica origina-se de nuvens formadas pelo resfriamento de uma massa de ar que na atmosfera se expande. Basicamente, existem três tipos de elevação de massa de ar: o convectivo, o frontal e o orográfico, dando origem às chuvas convectivas, às frontais e às orográficas.

Quando a precipitação atmosférica atinge a superfície superior da cobertura florestal de uma bacia hidrográfica, torna-se o elemento básico para os estudos em hidrologia florestal, pois constitui a entrada (input) do sistema hidrológico (LIMA, 2008).

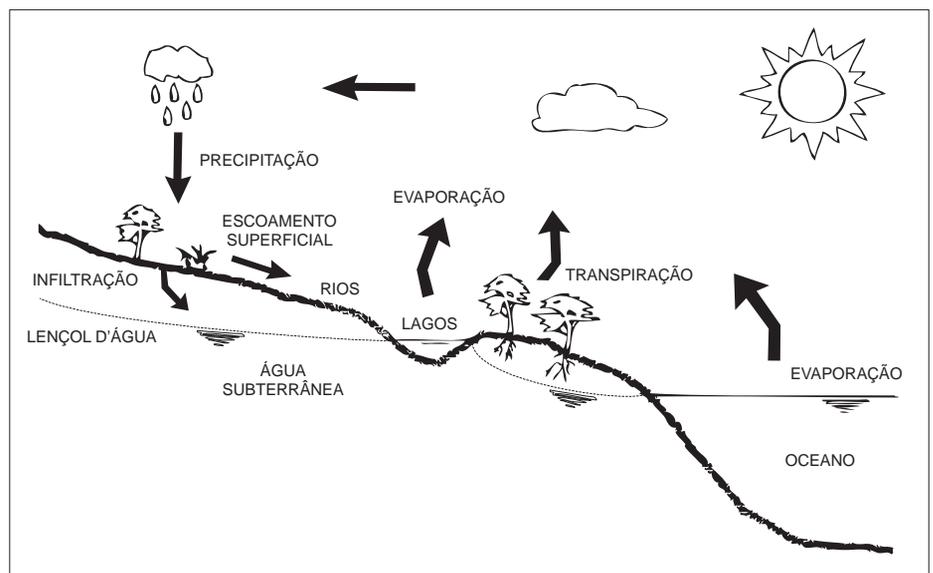


Figura 2 - Ciclo hidrológico

FONTE: Sperling (1996).

## Escoamento superficial

O escoamento superficial (ES) é fundamentado nas precipitações, parte da água que chega ao solo infiltra-se, parte é retirada pelas depressões do terreno e outra parte é escoada pela superfície. Dependendo da intensidade da chuva, a capacidade de infiltração no terreno diminui. Seus fatores de influência podem ser de natureza climática, relacionados com a precipitação, ou de natureza fisiográfica, ligados às características físicas da bacia.

O ciclo do escoamento superficial está descrito em três fases: na primeira, o solo está seco e a reserva de água está baixa; na segunda, inicia-se a precipitação, ocorrendo a interceptação, infiltração e o escoamento superficial; na terceira, o sistema volta ao estado normal, após a precipitação (UFBA, 2005).

### 1ª Fase

Após estiagem, a vegetação e o solo estão com pouca umidade, quando há um

novo evento de chuva, parte da água é interceptada pela vegetação e parte chega ao solo.

### 2ª Fase

A continuidade da precipitação faz com que a capacidade máxima de retenção da água pela vegetação seja atingida e, conseqüentemente, chega ao solo maior quantidade de água do que na primeira fase. Havendo a continuidade da precipitação, a capacidade de infiltração do solo pode diminuir e a água move-se como escoamento superficial, em direção ao curso d'água. A água infiltrada no solo vai começar a percolar em direção dos aquíferos subterrâneos. A continuidade da chuva faz com que o escoamento superficial ocorra de forma contínua em direção a um curso d'água. O nível do lençol freático poderá subir, fornecendo uma contribuição extra de água subterrânea ao escoamento.

Muitas vezes a contribuição das águas subsuperficiais para o escoamento superficial, por causa da recarga pela chuva, ocorre, quando a precipitação cessa, em consequência da baixa velocidade do escoamento subterrâneo.

### 3ª Fase

O escoamento superficial responde diretamente ao término da precipitação. A evaporação e a infiltração continuam a retirar água da vegetação e das depressões. O nível da água que era mais alto, no início da precipitação, estabiliza-se.

## Infiltração

Segundo Lima (2008), a infiltração é a passagem de água da superfície para o interior do solo, e a taxa com a qual a água penetra no solo é variável com o tempo (Fig. 3). Inicia-se alta e, progressivamente, diminui atingindo valor constante. São duas forças responsáveis por esse movimento: a gravitacional e a mátrica.

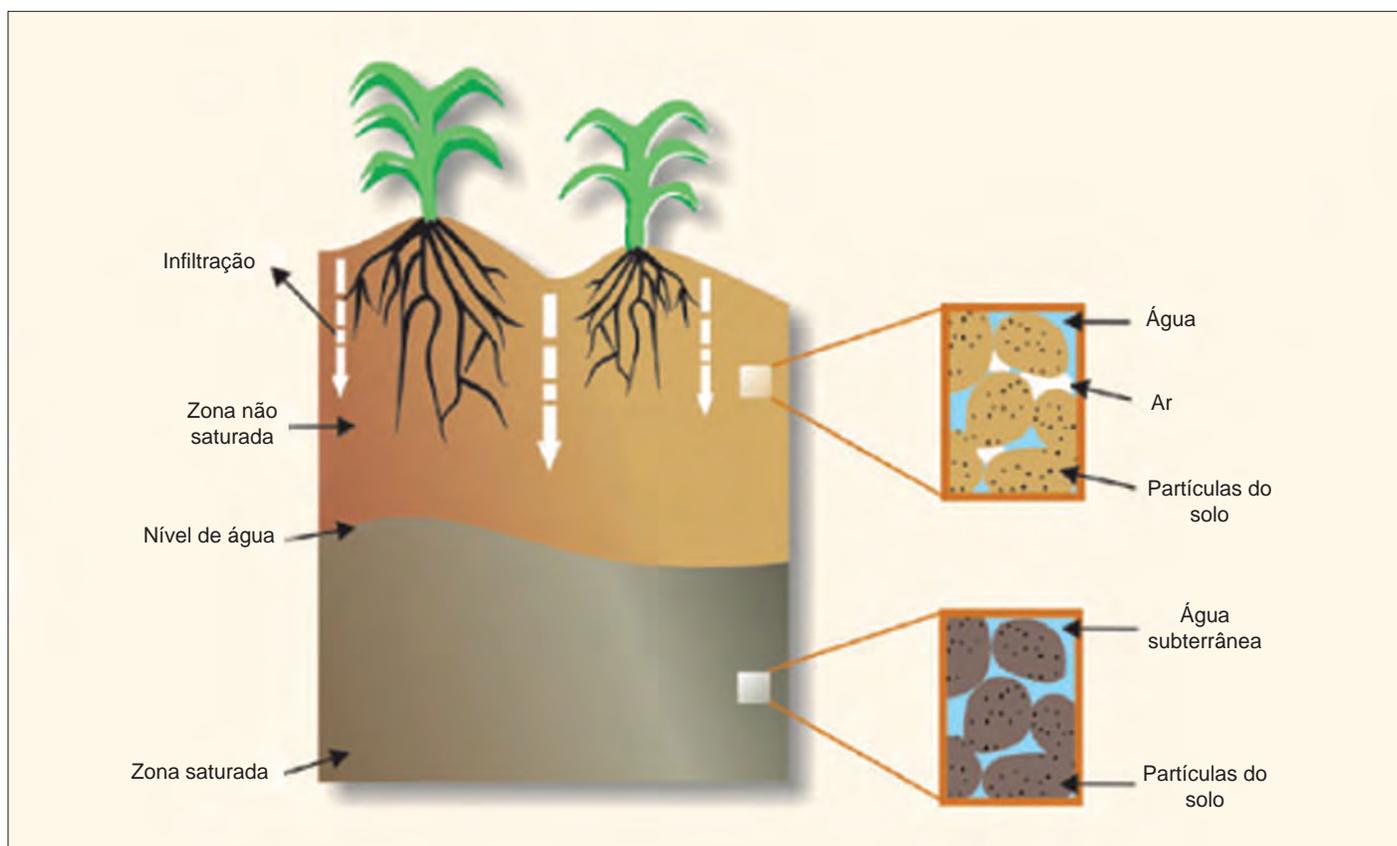


Figura 3 - Infiltração da água - zona não saturada e zona saturada no subsolo

FONTE: Instituto Geológico e Mineiro (2001).

Esta última origina-se nos meniscos côncavos resultantes da interação entre as fases sólida, líquida e gasosa (forças de adsorção, coesão e tensão superficial). No início da infiltração, quando o solo ainda se encontra com pouca umidade, a força mátrica domina o processo e contribui para a alta taxa de penetração de água no solo. Posteriormente, essas forças anulam-se e a força gravitacional passa a ser a principal responsável por esse movimento.

A infiltração é influenciada pelo volume de água precipitada, pela intensidade da chuva, pela qualidade da água, pela compactação superficial, pelo uso do solo, pela declividade e pela presença de MO, cobertura ou serapilheira. A fase de transmissão depende das características do solo (textura, estrutura, porosidade), da compactação em profundidade, das camadas impermeáveis e da porosidade. A depleção é influenciada pela capacidade de armazenamento com a porosidade e a profundidade do solo e sua saturação por água.

### **MANEJO SUSTENTÁVEL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS REFLORESTADAS**

O planejamento e a adoção de práticas sustentáveis para cultivos de eucalipto são de suma importância para manutenção do ecossistema, conservação dos recursos naturais, conservação do solo, atrelados ao aumento da produtividade.

Somando a esse planejamento, surge o manejo de bacias como um processo capaz de formular um conjunto integrado de ações sobre o meio ambiente, a estrutura social, econômica, institucional e legal, a fim de promover a conservação e a utilização sustentável dos recursos naturais, principalmente os recursos hídricos, que são ferramentas para o desenvolvimento sustentável (TONELLO, 2005).

Pelo fato de o solo florestal apresentar, normalmente, boas condições de infiltração, as áreas florestadas constituem importantes fontes de abastecimento de água para

os aquíferos. Em locais onde o lençol freático é superficial (zona ripária, planícies costeiras, áreas alagadiças etc.), a cobertura florestal provoca, pela evapotranspiração, seu rebaixamento. Nestas mesmas áreas, o corte da floresta pode, frequentemente, resultar na subida do lençol freático. Nestas condições de lençol freático superficial, com a formação de áreas alagadiças, esta influência da cobertura florestal pode ser benéfica do ponto de vista de utilização da área. Por outro lado, em situações onde o recurso d'água já é naturalmente escasso, a possibilidade da competição, pela influência da floresta deve ser analisada de maneira mais abrangente. Em regiões montanhosas, uma drenagem mais eficiente da água superficial e subsuperficial limita o armazenamento da água subterrânea. A presença da floresta nessas regiões é responsável pela manutenção de taxas ótimas de infiltração de água no solo e, conseqüentemente, de alimentação do lençol freático (LIMA, 2008).

Ainda, segundo Lima (2008), a infiltração da água no solo é um processo importante da fase terrestre do ciclo hidrológico, uma vez que determina quanto de água da chuva penetra no solo e quanto esco superficialmente. As atividades de uso da terra exercem significativa influência sobre a infiltração. O homem pode modificar a capacidade de infiltração dos solos por meio do manejo. A maior meta de um programa de manejo integrado de microbacias hidrográficas deve ser a manutenção das condições ótimas da infiltração. A cobertura vegetal é um dos importantes fatores que podem influir sobre esta condição superficial do solo. De fato, a presença da vegetação e da camada de material orgânico (serapilheira, litter) fornece proteção contra o impacto das gotas da chuva, o que reduz a compactação e a desagregação. O chamado piso florestal (serapilheira) constitui uma das condições principais para a manutenção da infiltração.

Artigos científicos (ZAKIA, 1998; SOUZA; FERNANDES, 2000) indicam

que a taxa de infiltração é tanto maior, quanto maior for a cobertura florestal. É também maior em florestas adultas do que em florestas mais jovens.

As atividades silviculturais relacionadas com o preparo do solo, o corte e a retirada da madeira constituem as causas principais de alteração da infiltração. A preocupação de manutenção de condições ótimas de infiltração, durante essas atividades, deve estar centrada na manutenção da integridade do piso florestal.

Monitoramentos realizados em duas microbacias experimentais localizadas no extremo sul da Bahia, uma em área de mata nativa e outra em área de plantio de eucalipto, apontam semelhanças no consumo de água entre ambas e não validam a ideia de ressecamento do solo na bacia com manejo de eucalipto. O último relatório gerado registrou que o escoamento da água médio-anual da microbacia com eucalipto foi praticamente igual ao da microbacia com mata nativa. Em relação ao monitoramento das variáveis físicas e químicas da água, a análise também demonstrou que existe semelhança entre a microbacia com a floresta nativa e a de eucalipto. Em termos de indicadores de qualidade da água subterrânea, o relatório registra que, nos poços piezométricos (que medem o lençol freático), os resultados mostram que praticamente não existem diferenças entre as duas microbacias (CIFLORESTAS, 2011).

Análises e levantamentos do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) e da Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS) revelam que plantações de eucalipto, manejadas adequadamente, consomem a mesma quantidade de água que as florestas nativas.

Novais (2006) explica que a profundidade do perfil do solo é definida, em grande proporção, pelo volume de água pluvial que a região recebe (mantendo demais fatores de formação de solo em escalas semelhantes). As chuvas que caem ao longo de milênios sobre uma região talham na rocha o volume de caixa (solo), com a

capacidade necessária para estocar o volume de água, compatível com o que chega na estação chuvosa: muita chuva, perfis de solos profundos; pouca chuva, perfis rasos, superficiais. Essa água estocada, condição também para ocorrência de grandes árvores, deverá ser esvaziada no período de estiagem, para que a água no próximo período chuvoso tenha caixa disponível no solo para ser, de novo, estocada. O tamanho da bomba de água (árvore) é dependente do volume de água disponível (estocada no solo) para ser bombeada.

Do exposto, pode-se concluir que um aspecto importante que deve ser considerado na avaliação do consumo total de água por uma floresta é o relativo ao regime de chuvas da região. Se este regime é tal que as copas das árvores permanecem molhadas durante longo período do ano, a evapotranspiração pode ser elevada e ultrapassar até a taxa potencial ditada pela disponibilidade de energia do meio.

Por outro lado, em situações onde o regime pluviométrico resulta em um período menor de copas molhadas, este consumo deve ser normal, qualquer que seja a espécie florestal (LIMA, 2008).

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.P. de; RIEKERK, H. Water balance of *Eucalyptus globulus* and *Quercus suber* forest stands in South Portugal. **Forest Ecology and Management**, v.38, n.1/2, p.55-64, Dec. 1990.

AQUINO, F. de G.; VILELA, M. de F. **Importância das Matas Ripárias**. [S.l.]: Infobibos, 2008. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2008\\_4/matias/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/matias/index.htm)>. Acesso em: 14 dez. 2010.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por florestas de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha-São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.27, n.2, p.257-262, mar./abr. 2003.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 set. 1965.

\_\_\_\_\_. Medida Provisória, nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44 e acresce disporativos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 25 ago. 2001.

CARRIELO, F.; VICENS, R. S. Silvicultura de eucalipto no Vale do Paraíba do Sul/SP no período entre 1986 e 2010. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p.6403.

CASTRO, P. S. et al. Interceptação da chuva por mata natural secundária na região de Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.7, n.1, p.76-89, 1983.

CELPA-Associação da Indústria Papeleira. **O eucalipto**. Lisboa [2006]. Disponível em: <[http://www.celipa.pt/images/articles/213/art213\\_eucalipto.pdf](http://www.celipa.pt/images/articles/213/art213_eucalipto.pdf)>. Acesso em: 14 dez. 2010.

CIFLORESTAS. **Pesquisadores afirmam que há semelhança no consumo de água entre árvores nativas e de eucalipto**. [S.l.], 2011. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?a=impressao&id=4758>>. Acesso em: 12 mar. 2011.

CONAMA. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 maio 2002.

FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação atual da Mata Ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.28, n.4, p.617-623, jul./ago. 2004.

FOELKEL, C. As florestas plantadas de eucaliptos e o consumo de água. **Eucalyptus Newsletter**, n.11, 2007. Disponível em: <[http://www.eucalyptus.com.br/newspt\\_set07.html#quatorze](http://www.eucalyptus.com.br/newspt_set07.html#quatorze)>. Acesso em: 8 fev. 2011.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS. **Hidrologia florestal**. Piracicaba, 2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/hidrologia/eucaliptoegua.asp>>. Acesso em: 10 dez. 2010.

INSTITUTO GEOLÓGICO E MINEIRO. **Água subterrânea: conhecer para preservar o futuro**. [S.l.], 2001. Disponível em: <[http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes\\_online/diversos/agua\\_subterranea/carta\\_agua.htm](http://e-Geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/diversos/agua_subterranea/carta_agua.htm)>. Acesso em: 2 dez. 2010.

JUVENAL, T.L.; MATOS, R.L.G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.16, p.3-30, set. 2002.

KRUGER, N. P. Os mitos do eucalipto. **Gazeta do Povo**, 6 abr. 2009.

LEÃO, R. M. **A floresta e o homem**. São Paulo: USP, 2000. 434p.

LIMA, W. de P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2.ed. Piracicaba: USP-ESALQ, 2008. 245p. Disponível em: <<http://www.ipef.br/hidrologia/hidrologia.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2010.

\_\_\_\_\_; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. de F. (Ed.). **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: USP: FAPESP, 2000.

MARTINS, S. B. **Recuperação de Matas Ciliares**. 2.ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2007. 255p.

MEDEIROS, L. O eucalipto, felizmente existe. **Jornal SIF**, Viçosa, MG, ano 14, n.82, p.1, 2006. Edição especial.

MOSCA, A.A. de O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas**. 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NOVAIS, R.F. de. O eucalipto, felizmente existe. **Jornal da SIF**, Viçosa, MG, ano 14, n.82, p.1-8, 2006.

OLERIANO, E.S.; DIAS, H.C.T. A dinâmica da água em microbacias hidrográficas reflorestadas com eucalipto. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 1., 2007, Taubaté. **Anais...** O eucalipto e o ciclo hidrológico. Taubaté: IPABHi, 2007. p.215-222.

OLIVEIRA JUNIOR, J. C. de. **Precipitação efetiva em floresta estacional semidecidual na reserva Mata do Paraíso, Viçosa, Minas Gerais**. 2006. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

POGGIANI, F. et al. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. **Série técnica IPEF**, v.12, n.31, p.33-44, abr. 1998. Workshop sobre Monitoramento Ambiental em Áreas Florestadas, 2, 1997, Piracicaba.

SCHETTINO, L.F. et al. Diagnóstico para gestão florestal sustentável no Espírito Santo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.24, n.4, p.437-443, 2000.

SOUZA, E.R. de; FERNANDES, M.R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**. Manejo de Microbacias, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez. 2000.

SOUZA, L.C. **Dinâmica de nutrientes na precipitação, em solução de solo e lençol freático em três tipologias florestais sobre espodossolo, no litoral do Paraná**. 2006. 131f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SPERLING, M. von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: UFMG-Escola de Engenharia, 1996. 243p.

STIMAMIGLIO, A. **Hidrologia**. In: KNIE, J.L.W. **Atlas ambiental da região de Joinville: complexo hídrico da Baía da Babitonga**. Florianópolis: FATMA:GTZ, 2002.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Bombas, Guanhães, MG**. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS: ABRH, 2001.

UFBA. Grupo de Recursos Hídricos. **Escoamento superficial**. In: \_\_\_\_\_. **Apostila didática: hidrologia**. Salvador, 2005. cap.6, p.55-71. Disponível em: <<http://www.grh.ufba.br/download/2005.2/Apostila%28Cap6%29.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2010.

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

ZAKIA, M.J.B. **identificação e caracterização da zona ripária em uma microbacia experimental: implicações no manejo de bacias hidrográficas e na recomposição de florestas**. 1998. 99p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998.

Veja no próximo

# INFORME AGROPECUÁRIO

**Produção tropical de fruteiras**

**Abacaxi, Acerola, Ateemoia,**

**Banana, Cajá, Cajamanga,**

**Coco-anão, Goiaba, Graviola,**

**Mamão, Manga, Maracujá,**

**Pinha, Seriguela, Umbu, Uva**

**Leia e Assine o INFORME AGROPECUÁRIO**

**(31) 3489-5002 - [publicacao@epamig.br](mailto:publicacao@epamig.br)**

**[www.informeagropecuario.com.br](http://www.informeagropecuario.com.br)**

# Jornal **agr** **NEGÓCIO** informação e resultados



“O AgroNegócio de Minas em suas mãos”.

**Leia - assinhe - acesse**

[www.jornalagronegocio.com.br](http://www.jornalagronegocio.com.br)

Seja um assinante ligue - 31. 3484-2430

# INSTRUÇÕES AOS AUTORES

## INTRODUÇÃO

O Informe Agropecuário é uma publicação seriada, periódica, bimestral, de caráter técnico-científico e tem como objetivo principal difundir tecnologias geradas ou adaptadas pela EPAMIG, seus parceiros e outras instituições para o desenvolvimento do agronegócio de Minas Gerais. Trata-se de um importante veículo de orientação e informação para todos os segmentos do agronegócio, bem como de todas as instituições de pesquisa agropecuária, universidades, escolas federais e/ou estaduais de ensino agropecuário, produtores rurais, técnicos, extensionistas, empresários e demais interessados. É peça importante para difusão de tecnologia, devendo, portanto, ser organizada para atender às necessidades de informação de seu público, respeitando sua linha editorial e a prioridade de divulgação de temas resultantes de projetos e programas de pesquisa realizados pela EPAMIG e seus parceiros.

A produção do Informe Agropecuário segue uma pauta e um cronograma previamente estabelecidos pelo Conselho de Publicações da EPAMIG e pela Comissão Editorial da Revista, conforme demanda do setor agropecuário e em atendimento às diretrizes do Governo. Cada edição versa sobre um tema específico de importância econômica para Minas Gerais.

Do ponto de vista de execução, cada edição do Informe Agropecuário terá um a três editores técnicos, responsáveis pelo conteúdo da publicação, pela seleção dos autores dos artigos e pela preparação da pauta.

## APRESENTAÇÃO DOS ARTIGOS ORIGINAIS

Os artigos devem ser enviados em CD-ROM ou pela Internet, no programa *Word*, fonte Arial, corpo 12, espaço 1,5 linha, parágrafo automático, justificado, em páginas formato A4 (21,0 x 29,7cm).

Os quadros devem ser feitos também em *Word*, utilizando apenas o recurso de tabulação. Não se deve utilizar a tecla *Enter* para formatar o quadro, bem como valer-se de “toques” para alinhar elementos gráficos de um quadro.

Os gráficos devem ser feitos em *Excel* e ter, no máximo, 15,5 cm de largura (em página A4). Para tanto, pode-se usar, no mínimo, corpo 5 para composição dos dados, títulos e legendas.

As fotografias a serem aplicadas nas publicações devem ser recentes, de boa qualidade e conter autoria. Podem ser enviadas em papel fotográfico (9 x 12 cm ou maior), cromo (*slide*) ou digitalizadas. As foto-grafias digitalizadas devem ter resolução mínima de 300 DPIs no formato mínimo de 15 x 10 cm e ser enviadas em CD-ROM ou ZIP disk, preferencialmente em arquivos de extensão TIFF ou JPG.

Não serão aceitas fotografias já escaneadas, incluídas no texto, em *Word*. Enviar os arquivos digitalizados, separadamente, nas extensões já mencionadas (TIFF ou JPG, com resolução de 300DPIs).

Os desenhos devem ser feitos em nanquim, em papel vegetal, ou em computador no *Corel Draw*. Neste último caso, enviar em CD-ROM ou pela Internet. Os arquivos devem ter as seguintes extensões: TIFF, EPS, CDR ou JPG. Os desenhos não devem ser copiados ou tirados de *Home Page*, pois a resolução para impressão é baixa.

## PRAZOS E ENTREGA DOS ARTIGOS

Os colaboradores técnicos da revista Informe Agropecuário devem observar os prazos estipulados formalmente para a entrega dos trabalhos, bem como priorizar o atendimento às dúvidas surgidas ao longo da produção da revista, levantadas pelo editor técnico, pela Revisão e pela Normalização. A não-observância a essas normas trará as seguintes implicações:

- os colaboradores convidados pela Empresa terão seus trabalhos excluídos da edição;
- os colaboradores da Empresa poderão ter seus trabalhos excluídos ou substituídos, a critério do respectivo editor técnico.

O editor técnico deverá entregar ao Departamento de Publicações (DPPU) da EPAMIG os originais dos artigos em CD-ROM ou pela Internet, já revisados tecnicamente, 120 dias antes da data prevista para circular a revista. Não serão aceitos artigos entregues fora desse prazo ou após o início da revisão linguística e normalização da revista.

O prazo para divulgação de errata expira seis meses após a data de publicação da edição.

## ESTRUTURAÇÃO DOS ARTIGOS

Os artigos devem obedecer a seguinte seqüência:

- título:** deve ser claro, conciso e indicar a idéia central, podendo ser acrescido de subtítulo. Devem-se evitar abreviaturas, parênteses e fórmulas que dificultem a sua compreensão;
- nome do(s) autor(es):** deve constar por extenso, com numeração sobrescrita para indicar, no rodapé, sua formação e títulos acadêmicos, profissão, instituição a que pertence e endereço. Exemplo: Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, D.Sc., Pesq. EPAMIG Sul de Minas, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras-MG. Correio eletrônico: ctsm@epamig.br;
- resumo:** deve constituir-se em um texto conciso (de 100 a 250 palavras), com dados relevantes sobre a metodologia, resultados principais e conclusões;
- palavras-chave:** devem constar logo após o resumo. Não devem ser utilizadas palavras já contidas no título;
- texto:** deve ser dividido basicamente em: Introdução, Desenvolvimento e Considerações finais. A Introdução deve ser breve e enfatizar o objetivo do artigo;
- agradecimento:** elemento opcional;
- referências:** devem ser padronizadas de acordo com o “Manual para Publicação de Artigos, Resumos Expandidos e Circulares Técnicas” da EPAMIG, que apresenta adaptação das normas da ABNT.

Com relação às citações de autores e ilustrações dentro do texto, também deve ser consultado o Manual para Publicações da EPAMIG.

**NOTA:** Estas instruções, na íntegra, encontram-se no “Manual para Publicação de Artigos, Resumos Expandidos e Circulares Técnicas” da EPAMIG. Para consultá-lo, acessar: [www.epamig.br](http://www.epamig.br), entrando em Biblioteca/Normalização.



# FAPEMIG

Em 2011, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) completa 25 anos de apoio à Ciência, Tecnologia e Inovação. Sua missão é induzir e fomentar a pesquisa e a inovação científica e tecnológica para o desenvolvimento do Estado.

Em 25 anos, a FAPEMIG apoiou mais de 10 mil projetos de pesquisa, concede anualmente cerca de 6 mil bolsas e mais de 1.200 apoios a eventos científicos. Hoje, a Fundação tem parcerias com empresas, instituições federais e estrangeiras, trabalhando para destacar a pesquisa mineira como vetor de desenvolvimento socioeconômico para o País.

## FAPEMIG

*Há 25 anos, sempre à frente do seu tempo*

[www.fapemig.br](http://www.fapemig.br)

# PARA CUIDAR DA ÁGUA É PRECISO TRATAR O ESGOTO.

Quando se fala na Copasa, a gente logo pensa na água pura e saudável que chega todos os dias à nossa casa. Mas esse serviço não para por aí. É que depois que você utiliza a água, a Copasa faz um trabalho ainda mais importante. É o tratamento dos esgotos industriais e domésticos, que vai devolver essa água para a natureza livre de resíduos e poluentes, preservando o meio ambiente e ajudando a trazer a vida de volta para os nossos rios. Imagine o que isso significa para as cidades, em termos de saúde, trabalho, turismo, desenvolvimento e, acima de tudo, qualidade de vida. Como você pode ver, quando se trata de garantir a vida, a Copasa trabalha com muita transparência. Antes, durante e depois.

RIO DAS VELHAS - SANTO HIPÓLITO

DESCONTOS DE  
MAIS DE 50% NA  
TARIFA SOCIAL

113 ETES EM  
OPERAÇÃO NO  
ESTADO E 71 EM  
CONSTRUÇÃO

MAIS DE 600  
CIDADES MINEIRAS  
ATENDIDAS

R\$ 5,5 BILHÕES EM  
INVESTIMENTOS  
DE 2003 A 2011  
(RECURSOS PRÓPRIOS  
E FINANCIAMENTOS  
DE AGENTES FEDERAIS)

COPASA. TRABALHANDO PARA TRATAR OS ESGOTOS E PRESERVAR A ÁGUA E A VIDA.